

## **УТВЕРЖДАЮ**

Директор Института проблем экологии  
и недропользования Академии наук  
Республики Татарстан (обособленного  
подразделения ГНБУ «Академия наук  
Республики Татарстан»),

доктор химических наук



Р.Р. Шагидуллин

10.09/23 2023 г.

## **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

**Института проблем экологии и недропользования Академии наук  
Республики Татарстан (обособленного подразделения ГНБУ «Академия  
наук Республики Татарстан») на диссертационную работу  
Загороднова Сергея Юрьевича  
на тему «Совершенствование мониторинга, контроля и нормирования  
промышленных пылевых выбросов на базе геоэкологического  
картирования и ситуационного моделирования», представленной на  
соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности  
1.6.21 Геоэкология**

### **Актуальность темы выполненной диссертационной работы**

Актуальность работы обусловлена стратегическими задачами государства по достижению максимального безопасного и комфортного для населения качества окружающей среды. Атмосферный воздух – важнейший компонент окружающей среды, напрямую контактирующий с человеком, и являющийся неотъемлемым условием экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности граждан страны.

Диссертационная работа Загороднова Сергея Юрьевича посвящена научному обоснованию подходов, направленных на совершенствование систем управления качеством воздуха через повышение корректности и полноты

процедур инвентаризации, мониторинга и экологического нормирования твердых промышленных выбросов.

Актуальность выбранной темы диссертационного исследования определена несколькими моментами:

- при том, что хозяйствующие субъекты декларируют снижение твердофазных выбросов в атмосферу, системы инструментального мониторинга не фиксируют адекватного снижения уровней пылевого загрязнения атмосферного воздуха;

- во многих Российских городах, где ведутся регулярные наблюдения за качеством атмосферного воздуха, взвешенные вещества, в том числе мелкодисперсные частицы (PM10 и PM2,5), являются приоритетными загрязнителями окружающей среды и вносят существенный вклад в высокий или очень высокий индекс загрязнения атмосферы;

- медико-экологические исследования нескольких последних десятилетий доказывают, что пыли, прежде всего, мелкие их фракции, являются факторами риска дополнительной заболеваемости и смертности населения;

- лишь ограниченное число методических документов по расчетам выбросов ориентируют предприятия и организации на оценку реального компонентного и дисперсного состава выбросов;

- эффективное управление пылевыми выбросами требует полного и глубокого понимания компонентного и фракционного состава выбрасываемых смесей, что далеко не всегда учитывается хозяйствующими субъектами.

Автор выдвигает гипотезу о том, что уточнение компонентного и дисперсного состава пылевых выбросов может иметь следствием значимое изменение оценок экологической ситуации, подходов к мониторингу и экологическому нормированию твердых веществ. В работе затронуты все рассматриваемые аспекты управления пылевым загрязнением атмосферы, что, несомненно, указывает на актуальность, своевременность и целесообразность рассматриваемой диссертационной работы.

**Цель исследования** заключалась в научном обосновании совершенствования систем инвентаризации, мониторинга и нормирования твердых промышленных выбросов на базе анализа компонентного и дисперсного состава пылей, геоэкологического картирования и ситуационного моделирования.

Автор решил целый ряд научно значимых практических задач:

- установлен дисперсный и компонентный состав пылевых выбросов источников ряда отраслей промышленности;

- разработан новый инструментарий анализа твердых смесей с применением самых современных методов цифрового хранения и обработки данных;

- выполнено ситуационное моделирование загрязнения территорий при различных входных параметрах пылевых промышленных выбросов и экологическая оценка результатов;

- предложен подход к оценке долевого вклада источников загрязнения атмосферы твердыми частицами на основе установления компонентного профиля пылевых выбросов;

- обоснован порядок выбора точек мониторинга атмосферного воздуха для корректной оценки уровня пылевого загрязнения атмосферного воздуха на урбанизированных территориях и рисков для здоровья населения;

- разработаны подходы к совершенствованию экологического нормирования и контроля промышленных пылевых выбросов как средства повышения эффективности управления качеством атмосферного воздуха.

**Объекты и методы** исследования полностью соответствуют решаемым задачам.

### **Научная новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Представленные в работе результаты, выводы и рекомендации характеризуются несомненной научной новизной.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в том, что автор доказывает, что декомпозиция пылевых промышленных выбросов по критериям дисперсности и химического состава является основой адекватной оценки экологической ситуации в зонах влияния источников выбросов. Несомненно, научной новизной обладает разработанный автором инновационный способ качественного и количественного определения пылевых частиц в атмосферном воздухе с применением элементов компьютерного зрения, библиотеки атрибутированных микрофотографий пылей и метода нейронных сетей. Научно обоснована и обладает элементами новизны методика оценки вклада хозяйствующих субъектов в загрязнение атмосферы твердыми частицами на основе построения компонентных

профилей пылевых выбросов. Усовершенствован алгоритм выбора точек и формирования программ мониторинга загрязнения атмосферного воздуха твердыми веществами, обеспечивающий оптимизацию системы наблюдений по критериям специфики структуры и интенсивности загрязнения и риска для здоровья населения.

Полученные по результатам исследований выводы также обладают элементами научной новизны.

Так, автор доказывает, что выбросы технологических операций предприятий черной и цветной металлургии, машиностроительной, горнодобывающей и горно-перерабатывающей отраслей в большинстве случаев являются многокомпонентными, полидисперсными смесями, что фактически не учитывается хозяйствующими субъектами, которые кодируют выбросы как существенно менее опасные вещества.

Установлено, что корректный учет дисперсного и компонентного состава твердых выбросов в ряде случаев имеет следствием понимание того, что зона влияния источников твердых выбросов в два-три раза превышает зону, установленную без такого учета,

Показано, что разработанный метод идентификации и количественного определения химического состава и фракционной структуры пылей в атмосферном воздухе, основанный на отборе, микроскопировании проб и анализе состава твердой компоненты с использованием нейросети, компьютерного зрения и библиотек атрибутированных фотографий пылей (более 200 образцов), расширяет возможности оперативного исследования химического и фракционного состава твердых частиц в атмосферном воздухе.

Введенное автором понятие «профиль пылевого выброса» – как относительно стабильную химическую структуру пылевой смеси – обеспечивает адекватную и доказательную оценку влияния конкретного объекта на экологическую ситуацию и может лежать в основе выбора маркерных веществ.

Крайне важным выводом является доказательство необходимости включения в систему государственного экологического нормирования выбросов всех фактически содержащихся в выбросах твердых веществ и учет мелкодисперсных фракций (PM10, PM2.5), что приводит к существенному ужесточению требований по снижению массы твердых компонентов выбросов.

Последнее должно обеспечить реальное достижение нормативного качества воздуха и экологической безопасности населения.

Основным достоинством представленного диссертационного исследования является его комплексность в изучении подходов к регулированию антропогенного пылевого загрязнения, включая углубленные собственные исследования, сравнительный анализ результатов, системность в отношении вопроса выбора подходов к изучению предмета исследования.

Результаты исследования в виде массивов исходной информации, систематизированных баз и программных алгоритмов использованы при разработке и закреплены авторским правом в 2 свидетельствах Роспатента о государственной регистрации баз данных (RU 2016620004 и RU 2021622129).

Таким образом, рассматриваемая диссертационная работа имеет явную научную новизну.

Достоверность результатов, приведенных в работе, не вызывает сомнений. В диссертации учтены требования нормативно-технической документации, регламентирующей проведение химических экологических исследований, использован строгий математический аппарат, предлагаемые методы и алгоритм апробированы на практике. Исследования проведены в больших объемах с требуемыми повторностями и статистической обработкой данных. Достоверность лабораторных исследований обеспечена аккредитацией лабораторного испытательного центра ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (аттестат аккредитации № RA.RU.21HA51 от 26.12.2017 г.) и выполнением наукоемких исследований на базе «Центра наукоемких химических технологий и физико-химических исследований» Пермского национального исследовательского политехнического университета и испытательного лабораторного центра.

Основные материалы исследования доложены и обсуждены на ряде авторитетных, в том числе международных научных форумах, опубликованы в журналах, индексируемых в международных реферативных базах: Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, GeoRef, в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень, рекомендованных ВАК, зарегистрировано 2 объекта интеллектуальной собственности (базы данных).

### **Практическая значимость диссертационной работы**

Значимость для науки и практики диссертационной работы С.Ю. Загороднова заключается в возможности внедрения предложенных, научно-обоснованных и инновационных подходов в практику идентификации и регулирования техногенных твердых выбросов. Представляется целесообразным прямое использование полученных результатов углубленных исследований при формировании корректных ведомостей инвентаризаций для типовых источников изученных производств. Подходы к формированию профиля пылевого выброса и оценке долевого вклада хозяйствующего субъекта в фактическое загрязнение атмосферы на границе санитарно-защитной зоны, жилой территории крайне актуальны для хозяйствующих субъектов и надзорных органов при доказательном определении источников загрязнения и повышении адресности мер управления, в том числе административного принуждения.

Инновационный метод качественного и количественного определения пылевых частиц в атмосферном воздухе является новым инструментом экологического мониторинга, позволяющим в оперативном порядке устанавливать параметры пылевого загрязнения атмосферы.

Высокое практическое значение имеет сформированный автором алгоритм определения точек мониторинга и контролируемых химических веществ. Заложенные подходы являются унифицированными, и могут применяться на любой территории с различной структурой и долевым содержанием твердых компонентов.

Результаты исследования имеют практическое применение, что подтверждается внедрением материалов работы в практическую деятельность хозяйствующих субъектов: Акционерного общества «Пермский завод «Машиностроитель» (акт внедрения от 05.07.2023), Акционерного общества «Чусовской металлургический завод» (акт внедрения от 03.07.2023).

Таким образом, полученные автором результаты исследования имеют существенное теоретическое и практическое значение.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы**

Знакомство с диссертационной работой позволяет рекомендовать хозяйствующим субъектам с целью повышения экологической и социальной ответственности:

- существенно изменить подходы к проведению инвентаризации источников выделения и выбросов твердых веществ, максимально ориентируясь не на расчетные, а инструментальные методы определения качественного и количественного состава выбросов;

- для адекватной оценки вклада в общее загрязнение и для защиты собственных позиций в спорных ситуациях определять и документировать профили выбросов (для технологических операций и/или источников с достаточно стабильной структурой смесей).

Организациям, уполномоченным на нормативноерегулирование промышленных выбросов, рекомендуется:

- выполнить актуализацию нормативно-методической базы по установлению массвыбросов с уточнением кодирования и актуализацией перечня выбрасываемых пылевых химических веществ;

- дополнить действующую нормативно-методическую базу параметрами долевого содержания мелкодисперсных частиц PM10 и PM2,5 для технологических процессов, где в качестве сырья, реагентов, используемых материалов или полупродуктов применяются вещества, способные переходить в состав пылевых выбросов;

- включить в систему государственного регулирования все виды твердых веществ, для которых установлены гигиенические нормативы.

Органам и организациям, уполномоченным на ведение мониторинга атмосферного воздуха (экологического, социально-гигиенического) рекомендуется взять на вооружение подходы к применению в системах измерения новых методов качественного и количественного определения пылей, основанных на цифровизации и новых методах обработки данных.

**Структура диссертации** имеет традиционную форму для данного вида работ и состоит из введения, научно-аналитического обзора существующих подходов, описания материалов и методов исследования и трех глав собственных исследований. Диссертационная работа выдержана по объёму и изложена на 155 страницах машинописного текста, включая в себя 33 рисунка, 27 таблиц, с приведением достаточного количества ссылок на научную литературу (181 источник).

Оформление диссертации выполнено в соответствии с предъявляемыми требованиями к данному виду работ.

**Содержание автореферата** полностью отражает основные положения работы, автореферат имеет традиционную структуру.

В ходе рассмотрения диссертационной работы С.Ю. Загороднова не было отмечено существенных и принципиальных замечаний по полученным результатам и изложенному автором материалом, имеющиеся некоторые стилистические погрешности не принципиальны и не снижают общего качества и впечатления от работы.

**Принципиальные замечания и возражения по работе отсутствуют.**

Редакционные замечания:

На стр. 52 в табл. 3.8 все твердофазные выбросы машиностроительных производств, принимаемые по данным инвентаризации расчетными методами, указаны под кодом 2902 (взвешенные вещества). При этом более распространенным подходом, применяемым при разработке проектной документации, является применение расчетных методик, предполагающих выделение в выбросах от механической обработки металлов (сталей) оксида железа (0123) и абразивной пыли (2930). В качестве примера может быть приведена Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при механической обработке металлов (на основе удельных показателей) (утверждена приказом Госкомэкологии от 14.04.1997 № 158).

На стр. 58 указывается, что проводилось «... обучение нейронной сети на сотнях примеров ...». Далее указано «Объем библиотеки микрофотографий составил более двухсот образов». Т.е. объем обучающей выборки для нейронной сети составил около 200 микрофотографий в общем. Однако, для оценки качества обучения представляют интерес объемы обучающих выборок для каждого технологического процесса отдельно. Также не ясно, выделялись ли из данного объема тестовые выборки для расчета численных значений погрешностей обученной нейронной сети.

На стр. 67 в табл. 3.12 металлы приведены преимущественно без указания образованного химического соединения (за исключением магния и ванадия). Не учтено, что в атмосферном воздухе металлы находятся в окисленной форме. Соответственно, не ясно, какие в таком случае к ним применялись ПДК, зависящие от токсичности молекул веществ, а не атомов, входящих в состав молекул.

На стр. 70-71 в пояснении к табл. 4.1-4.3 указывается, что компонентный состав выбросов от однотипных операций является устойчивым. Из

представленных в таблицах результатов это не очевидно, не приведены количественные показатели для оценки устойчивости, такие как коэффициенты корреляции или другие.

На стр. 75 указывается, что «пылевой профиль» позволяет установить воздействие конкретного производства на контрольную зону, оценить долевого вклад и т.д. При этом не указано, проводилась ли оценка скоростей оседания частиц разного размера и плотности. «Пылевой профиль» выброса на источнике может отличаться от фиксируемого «пылевого профиля» на пути распространения выброса на границе СЗЗ или в жилой зоне за счет различий скоростей оседания частиц разного состава и размера.

При общей положительной оценке работы в ходе ознакомления с материалами диссертации и автореферата возникли вопросы уточняющего характера, которые в порядке дискуссии целесообразно обсудить:

*1. Дефрагментация пылевых выбросов потребует от хозяйствующих субъектов значительных затрат на проведение инструментальных исследований (в сравнении с применением расчетных методик). Насколько на Ваш взгляд, такие затраты являются оправданными и реально выполняемыми со стороны предприятий?*

*2. При описании программно-аппаратного комплекса показано, что практически все его составные являются зарубежными разработками. Возможна ли реализация предлагаемых подходов с применением отечественных аналогов?*

*3. Является ли профиль выбросов реально стабильным в течение длительного времени и насколько это понятие применимо для предприятия в целом, если на площадке расположено несколько разных по технологиям и составу выбросов источников?*

*4. Насколько целесообразно выделять из всей структуры пылевого выброса мелкодисперсные частицы, если в составе выброса имеются высокотоксичные соединения с нормативами, более жесткими, чем для PM10?*

Сформулированные вопросы и замечания не снижают научно-практической значимости и общей положительной оценки представленной диссертационной работы С.Ю. Загороднова.

## Заключение

Диссертационная работа Загороднова Сергея Юрьевича «Совершенствование мониторинга, контроля и нормирования промышленных пылевых выбросов на базе геоэкологического картирования и ситуационного моделирования», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21 Геоэкология, выполненная под научным руководством Май Ирины Владиславовны, доктора биологических наук, профессора, является самостоятельной завершённой научно-квалификационной работой, которая содержит решение важных и актуальных задач в области инвентаризации, мониторинга и нормирования многокомпонентных и полидисперсных твердых промышленных выбросов с научным обоснованием способов и применением современных инструментов геоэкологического картирования и ситуационного моделирования.

По своей научной новизне, актуальности, высокому методическому уровню, теоретической и практической ценности диссертационная работа Загороднова Сергея Юрьевича полностью отвечает требованиям п.9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., и критериям «Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ», утвержденного ректором ПНИПУ 09 декабря 2021 г., предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор Загороднов Сергей Юрьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология.

Отзыв и материалы диссертационной работы Загороднова Сергея Юрьевича на тему «Совершенствование мониторинга, контроля и нормирования промышленных пылевых выбросов на базе геоэкологического картирования и ситуационного моделирования», обсуждены и одобрены на заседании лаборатории прикладной экологии Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан (протокол № 4 от 22.11.2023 г.).

Заведующий лабораторией прикладной  
экологии, доктор химических наук,  
директор ИПЭН АН РТ



Рифгат Роальдович  
Шагидуллин  
«22» ноября 2023 г.

**Отзыв составил:**

Старший научный сотрудник  
лаборатории прикладной экологии,  
доктор технических наук



Артур Рифгатович  
Шагидуллин  
«22» ноября 2023 г.

Подпись Рифгата Роальдовича Шагидуллина заверяю:

*Вед. и*



Подпись Артура Рифгатовича Шагидуллина заверяю:

*Вед. и на*



Я, Шагидуллин Рифгат Роальдович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Загороднова Сергея Юрьевича, и их дальнейшую обработку.

«22» ноября 2023 г.

 Рифгат Роальдович Шагидуллин

Я, Шагидуллина Артур Рифгатович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Загороднова Сергея Юрьевича, и их дальнейшую обработку.

«22» ноября 2023 г.

 Артур Рифгатович Шагидуллин

**Сведения о ведущей организации:**

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан (обособленное подразделение ГНБУ «Академия наук Республики Татарстан»)

420087, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Даурская, д. 28

Тел.: +7 (843) 298-59-65

Электронный адрес: ipen-anrt@mail.ru