

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-945

УДК 614.7; 711.5



Научная статья

## УГЛУБЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЫЛЕВОГО СОСТАВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ ДЛЯ ЗАДАЧ КОРРЕКТНОЙ ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И МОНИТОРИНГА

*И.В. Май, С.Ю. Загороднов*

**Обоснование.** Внедрение эффективных мер в части управления за пылевыми выбросами промышленных предприятий требуют надежных данных об источниках и выбрасываемых химических веществ. Корректная оценка геоэкологического воздействия пылевых выбросов осложняется химическим разнообразием твердой компоненты.

**Цель.** Отработка практического подхода по определению фактического уровня загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами в зоне влияния хозяйствующего субъекта для решения задач корректной оценки уровней воздействий и мониторинга качества атмосферного воздуха.

**Материалы и методы.** Анализ отобранных образцов пылевых выбросов предприятий проводился с применением сканирующего электронного микроскопа высокого разрешения (степень увеличения – от 5 до 300 000 крат; ускоряющее напряжение – от 0,3 до 30 кВ.) с рентгено-флуоресцентной приставкой S3400N «НИТАСН» (предел обнаружения – порядка 5–10 мас. %, минимальная область исследования – 100 мкм). Обработка рентгенограмм производилась с использованием программного обеспечения «XRD 6000/7000 Ver. 5.21». Картирование результатов расчетов рассеивания пылевой составляющей проводилось на геоинформационной платформе программных продуктов фирмы ESRI – ArcView 3.2 и ArcGIS 9.3.1.

**Результат.** На примере промышленного предприятия выполнены комплексные исследования пылевых выбросов, и определен профиль твердой компоненты основных источников загрязнения атмосферного воздуха. Установлено, что фактический состав пылей, выбрасываемый предприятием, кардинально отличается от данных задекларированных в ведомости инвентариза-

ции. По результатам анализа расчетов рассеивания выделены приоритетные (маркерные) для производства вещества, и установлена зона фактического воздействия пылевых выбросов на атмосферный воздух.

**Заключение.** По результатам исследования сделаны выводы о надежности использования профиля пылевого выброса как инструмента оценки фактического воздействия предприятия на атмосферный воздух в задачах нормирования, мониторинга и установления корректного уровня воздействия антропогенных пылевых выбросов при планировании природоохранных мероприятий.

**Ключевые слова:** геоэкологическое воздействие; пылевые выбросы; химический состав; атмосферный воздух; мониторинг

**Для цитирования.** Май И.В., Загороднов С.Ю. Углубленные исследования пылевого состава промышленных выбросов для задач корректной оценки геоэкологического воздействия и мониторинга // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2023. Т. 15, №5. С. 343-357. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-945

Original article

## PROFOUND INVESTIGATION OF DUST CHEMICAL COMPONENT IN INDUSTRIAL EMISSIONS FOR CORRECT ESTIMATION OF GEOECOLOGICAL IMPACT AND MONITORING

*I.V. May, S.Yu. Zagorodnov*

**Background.** Effective management of dust emissions from industrial enterprises should be based on reliable data on emission sources and emitted components. Correct estimation of geoecological impacts exerted by dust emissions is a complicated process due to chemical diversity of the soil component in them.

**Aim.** The aim was to test a practical approach to identifying actual ambient air pollution with solid particles in a zone influenced by an economic entity for correct estimation of impacts and monitoring of ambient air quality.

**Materials and methods.** Samples of industrial dust emissions were analyzed with a scanning electronic high-resolution microscope (magnification was from x5 to x300,000; acceleration voltage varied between 0.3 to 30 kW) with S3400N HITACHI x-ray fluorescent device (the limit of detection was approximately 5–10

mass % and the minimum field of view was 100  $\mu\text{m}$ ). X-ray photographs were processed by using XRD 6000/7000 software, Version 5.21. The results obtained by calculating dispersion of the dust component were mapped with ArcView 3.2 and ArcGIS 9.3.1., GIS-platforms created by ESRI.

**Results.** Complex investigations of dust emissions were performed at a selected enterprise and this made it possible to identify a profile of the dust component in emissions from major sources. Actual composition of dusts emitted by the analyzed enterprise was established to differ fundamentally from the data declared in the inventory lists of emissions issued by the enterprise. The results of dispersion calculations gave grounds for spotting out substances that were priority (marker) ones for the analyzed production and we also estimated actual effects produced by dust emissions on ambient air.

**Conclusions.** The study results allow concluding that a dust emission profile is a reliable instrument for estimating actual impacts of an industrial enterprise on ambient air. It can be applied to solve tasks within setting standards, monitoring and estimating actual impacts exerted by anthropogenic dust emissions when environmental measures are being planned and developed.

**Keywords:** geoeological impacts; dust emissions; chemical composure; ambient air; monitoring

**For citation.** May I.V., Zagorodnov S.Yu. Profound Investigation of Dust Chemical Component in Industrial Emissions for Correct Estimation of Geoeological Impact and Monitoring. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 343-357. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-945

## Введение

Корректное и эффективное управление загрязнением атмосферного воздуха требует надежных данных о фактическом качестве среды, включая качественную и количественную характеристику, зонирование территории по уровню воздействия. Кроме того, комплексная система мероприятий, направленная на снижение повышенных уровней воздействия, должна базироваться на достоверных данных о фактических выбросах хозяйствующих субъектов, формирующих загрязнение атмосферного воздуха [6, 11, 14, 5, 1].

Сложившаяся практика показывает, что декларируемые хозяйствующими субъектами объемы пылевых выбросов зачастую отличаются от фактического уровня воздействия как по химическому содержанию, так и по корректности учета взвешенных частиц PM10 и PM2,5 [2]. В результате, неверное представление о химическом составе выбросов не позволяет надежно оценить уровень воздействия предприятий на атмосферный воздух

прилегающих территорий и установить вклад конкретных хозяйствующих субъектов, в том числе отдельных источников выбросов [9, 12, 7, 3, 10, 15].

Как следствие, установленные на начальном этапе отклонения влекут за собой последовательную цепочку некорректных решений по контролю и управлению за качеством атмосферного воздуха.

Ситуация требует изменений, тем более что загрязнение атмосферного воздуха пылью является значимым фактором риска для здоровья человека. Многочисленные отечественные и зарубежные исследования доказывают, что твердые частицы формируют повышенную заболеваемость и смертность населения [13, 17, 18, 19, 20, 4, 8, 16].

### **Цель исследования**

Отработка практического подхода по определению фактического уровня загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами в зоне влияния хозяйствующего субъекта для решения задач корректной оценки уровней воздействий и мониторинга качества атмосферного воздуха.

### **Материалы и методы исследования**

Углубленные исследования пылевых выбросов проводились на промышленных предприятиях, относящихся к различным видам промышленности. В ходе исследования были изучены составы твердых выбросов предприятий по производству первичного алюминия, горнодобывающего и машиностроительного профилей. В ходе исследования было отобрано и проанализировано более 330 технологических процессов.

Для определения фактического содержания химических компонентов в составе пыли и установления форм частиц использовался сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения (степень увеличения – от 5 до 300 000 крат; ускоряющее напряжение – от 0,3 до 30 кВ.) с рентгено-флуоресцентной приставкой S3400N «НИТАСНИ» (предел обнаружения – порядка 5–10 мас. %, минимальная область исследования – 100 мкм). Обработка рентгенограмм производилась с использованием программного обеспечения «XRD 6000/7000 Ver. 5.21».

При картировании и ситуационном моделировании учитывали источники пылевых выбросов крупных промышленных предприятий, геокодированных и привязанных к векторной карте территории крупного промышленного центра. Используются программные продукты фирмы ESRI – ArcView 3.2 и ArcGIS 9.3.1. Расчеты рассеивания выполняли в программных продуктах реализующих гауссовы модели атмосферной

диффузии. Моделировали ситуации при разных метеорологических условиях, в том числе неблагоприятных для рассеивания выбрасываемых примесей.

### Результаты исследования

Выполнение углубленных исследований пылевых выбросов хозяйствующих субъектов позволило установить фактический состав химических веществ, выделяемых в атмосферный воздух. Как показали результаты, состав пылевой компоненты разнообразен и определяется спецификой технологического процесса и применяемым на производстве сырьем. При этом следует отметить, что по набору химических веществ профиль пылевого выброса отдельных источников и в целом по хозяйствующему субъекту стабилен и постоянен. Пример состава пыли, установленный на предприятии по производству цветных металлов (алюминий), представлен на рисунке 1 и в таблице 1. Осредненный состав выбросов можно представить следующим образом: оксид алюминия (83,77 %), фторид натрия (5,53 %), прочие примеси (не более 10 % включают: фторид кальция, дисульфид железа, оксид железа).

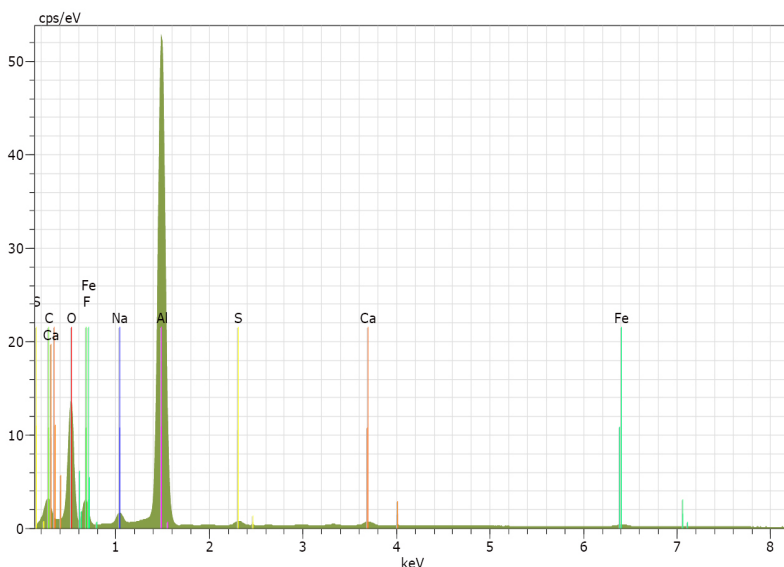


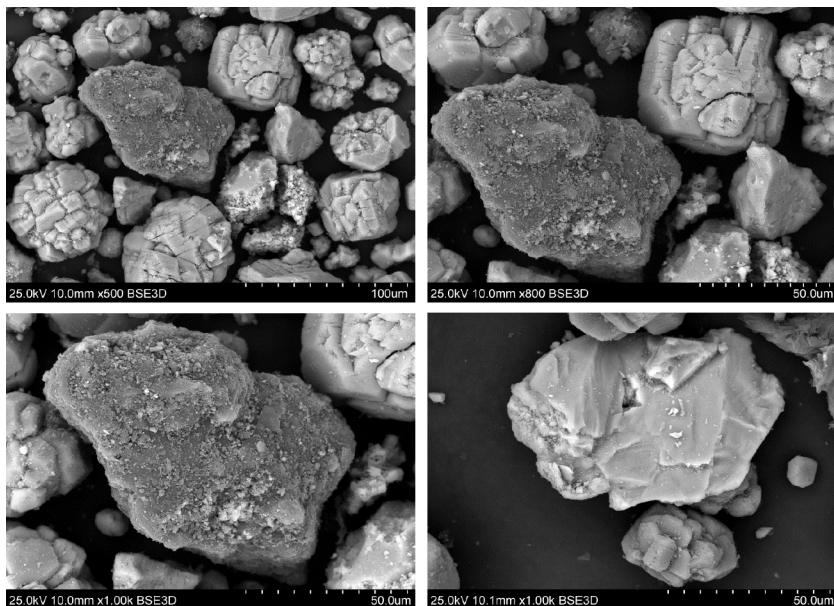
Рис. 1. Компонентный состав пыли от источника пылевыделения по производству цветных металлов (алюминий)

Таблица 1.

**Пример установленного химического состава пылевого выброса от исследованного источника на предприятии по производству алюминия**

Химическое вещество	Массовая доля в составе выброса, %
$\text{Al}_2\text{O}_3$	83,77
$\text{NaF}$	5,53
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	2,75
$\text{CaF}_2$	2,35
$\text{FeS}_2$	2,17
$\text{SiO}_2$	1,88
$\text{FeO}$	1,53

Стабильность и постоянство химического состава подтверждена морфологическими свойствами. Установленные формы частиц при увеличении от 500 до 1000 крат имеют однотипный набор форм (рисунок 2).

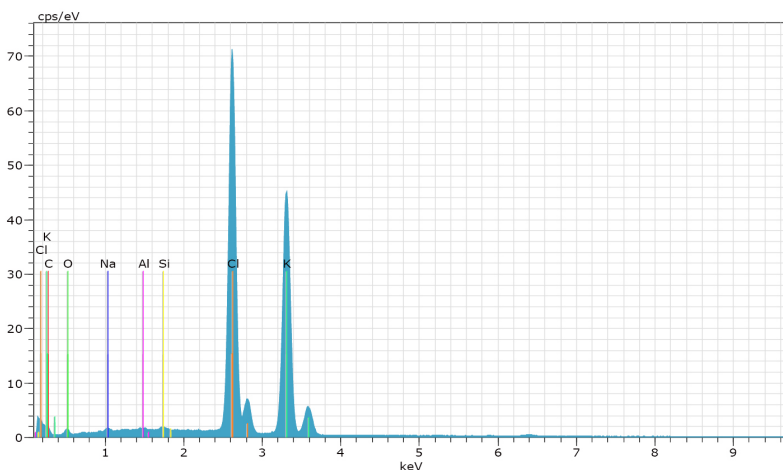


**Рис. 2.** Пример формы пылевых частиц от источника предприятия по производству алюминия (степень увеличения от 500 до 1000 крат)

Полученные результаты фактических данных о выбросах источников предприятий были соотнесены с нормируемыми показателями, учтенны-

ми в составе природоохранной документации. Установлено, что в ведомости инвентаризации (по расчетным данным) предприятие декларирует в составе выбросов следующие химические вещества: фториды плохо растворимые, пыль неорганическую (до 20 %  $\text{SiO}_2$ ) и смолистые вещества (возгоны пека). При этом в результате углубленных исследований химического состава выбросов дополнительно было установлено наличие оксида алюминия, фторидов хорошо растворимых, диНагрия сернокислого и т.д. Оксид алюминия, не учтенный в составе ведомости инвентаризации предприятия, содержится в составе выбросов в диапазоне 84,83–87,36 % в зависимости от источника. Кроме того, существенно отличается долевое содержание химических веществ в составе пылевой компоненты.

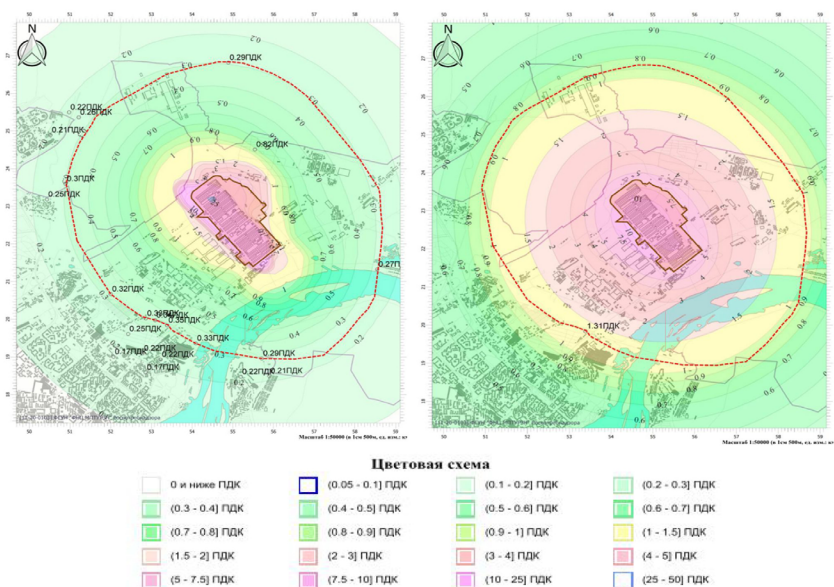
Аналогичным образом были получены результаты пылевого выброса от источников предприятия горнодобывающего профиля. По расчетным данным в ведомости инвентаризации предприятия основным выбрасываемым компонентом зарегистрирован оксид кремния (пыль неорганическая: до 20 %  $\text{SiO}_2$ ), на его долю определено более 90 % валового выброса. При этом результаты углубленных исследований свидетельствуют, что фактический состав пылей характеризуется другими химическими веществами: хлоридом калия и натрия, оксидами железа, алюминия, калия, магния и т.д. Пример компонентного состава пылей, установленного на источнике предприятия горнодобывающего профиля, представлен на рисунке 3.



**Рис. 3.** Компонентный состав пыли от источника выброса предприятия горнодобывающего профиля

Балансовый расчет состава пылевых выбросов от источника по химическим веществам показал, что содержание хлористого калия в выбросах составляет до 90,09 %. С учетом ошибки определения осредненный состав выбросов от источника можно представить следующим образом: хлористый калий –  $83,07 \pm 4,03$  %, хлористый натрий –  $5,06 \pm 1,40$  %, прочие примеси – не более 12 %.

Для оценки фактического уровня воздействия хозяйствующего субъекта на атмосферный воздух полученные данные о пылевой составляющей твердой компоненты исследованных источников были внесены в ведомость инвентаризации источников предприятия по производству алюминия. С учетом как исходных, так и уточненных данных о выбросах, была проведена серия расчетов рассеивания. Результирующие картограммы приведены на рисунке 3.



**Рис. 3.** Пространственное распределение пылевого загрязнения от исследованных источников (доли ПДК): а) с учетом данных инвентаризации предприятия; б) с учетом углубленного химического анализа пыли и полученного профиля выбросов

Как видно из представленных данных, картина пространственного распределения загрязнения атмосферы существенно меняется при внесении



изменений химического состава выброса в параметры источников. Так, результаты расчета с применением данных инвентаризации самого хозяйствующего субъекта позволяют оценить ситуацию как нормативную. На границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) регистрируется максимальный уровень концентраций не выше 0,34 ПДК. Принятия дополнительных мер по снижению пылевых выбросов не требуется.

При приведении химического состава выброса к фактическому, без изменения параметра скорости выброса (г/с), оценка ситуации меняется. На границе СЗЗ предприятия фиксируется превышение гигиенического норматива по оксиду алюминия (до 1,3 раз). В зону повышенного пылевого загрязнения попадают жилые дома – в таком случае ситуация оценивается как ненормативная и требует принятия мер по снижению уровня загрязнения атмосферы.

По результатам расчетов рассеивания, загрязнение атмосферного воздуха на границе нормируемой территории исследованного предприятия, в том числе на границе СЗЗ, определяется химическими веществами, маркерными для данного производства: диАлюминий триоксид (в пересчете на алюминий), пыль неорганическая (до 20 %  $\text{SiO}_2$ ), взвешенные вещества, фториды плохо растворимые, фториды хорошо растворимые.

### **Заключение**

Пылевые выбросы промышленных предприятий сложны и разнообразны по химическому содержанию, что зачастую не отражается в разрешительной природоохранной документации, утвержденной в установленном порядке.

Применение углубленного химического анализа пыли существенно повышает качество инвентаризации выбросов, а, следовательно, корректность расчетов рассеивания и всей последующей цепочки решений, основанных на данных результатах.

В настоящем исследовании показано, что установление и применение для оценки ситуации фактического химического профиля пылевого выброса позволило пересмотреть ранее полученные данные об уровне загрязнения атмосферы на границе санитарно-защитной зоны предприятия. Предварительные расчеты характеризовали ситуацию как нормативную, не требующую разработки воздухоохраных мероприятий. При применении корректных данных о составе выбросов загрязнение воздуха оценивалось как повышенное, было отмечено превышение ПДК по оксиду алюминия. В зону загрязнения попадали участки селитебных территорий с располо-

женными на них жилыми домами. Кроме того, установлено, что оксид алюминия является маркерным веществом для исследованного производства и содержится в составе пылевой компоненты выброса на уровне до 87,36 %.

Выделение в составе профиля выброса маркерного вещества (вещества наиболее типичного для конкретного производства) может являться основанием для включения данного загрязнителя в программы мониторинга или производственного контроля. Уровни содержания и динамика изменения концентрации маркера в воздухе могут рассматриваться как индикаторы соответствия выбросов допустимым нормативам и/или как индикаторы приближения ситуации к критическим состояниям, требующим упреждающих, корректирующих действий.

**Конфликт интересов.** Авторы не заявляют о конфликте интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

#### *Список литературы*

1. Горбанев С.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А. О состоянии и совершенствовании управления санитарно-эпидемиологическим благополучием в Арктической зоне Российской Федерации // Экология человека. 2019. № 10. С. 4-14. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-10-4-14>
2. Графкина М.В., А.В. Азаров Д.Р. Добринский Николенко Д.А. К вопросу контроля и нормирования выбросов мелкодисперсной пыли в атмосферный воздух при движении автомобильного транспорта // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12, № 4(103). С. 373-380. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2017.4.373-380>
3. Жижин Н.Н., Дьяков М.С., Ходяшев М.Б. Анализ средств управления качеством атмосферного воздуха в условиях крупного города // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 50-59. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.05>
4. Зайцева Н.В., Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Жданова-Заплесвичко И.Г., Пережогин А.Н., Клейн С.В. Оценка аэрогенного воздействия приоритетных химических факторов на здоровье детского населения в зоне влияния предприятий по производству алюминия // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 1. С. 68-75.
5. Иванова И.Г., Данилов Д.А., Гусев К.Ю. Ситуационная модель системы принятия решений на основе данных экологического мониторинга в условиях развития городских территорий // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2020. Т. 8, № 1(28). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.28.1.041>

6. Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Волкодаева М.В., Еремин Г.Б. Совершенствование подходов к оценке воздействия антропогенного загрязнения атмосферного воздуха на население в целях управления рисками для здоровья // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 1. С. 82-86.
7. May I.V., Kokoulina A.A., Zagorodnov S.Y., Popova E.V. Exposure assessment for population to fine particles in the influence zones of emissions from industrial stationary emission sources // Health Risk Analysis. 2014. № 1. С. 21-30.
8. Самуленков Д.А., Мельникова И.Н., Сапунов М.В. Дистанционные методы зондирования загрязнения окружающей среды, влияние на здоровье населения // Сборник тезисов докладов Четырнадцатой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: Электронный сборник тезисов докладов, Москва, 14–29 ноября 2016 года. Москва: Институт космических исследований Российской академии наук, 2016. С. 193.
9. Сергеева А.С., Закороев Р.Р., Зыбкин А.Ю., Осипов Д.К., Лаврентьева А.А. Несовершенства применения сводных расчетов для определения вкладов конкретных источников в загрязнение воздушного бассейна региона // Молодой ученый. 2019. № 47 (285). С. 161-164.
10. Смирнова Е.Э., Токарева Л.Д. Сравнительный анализ моделей расчета загрязнения воздуха // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (экология-2021): материалы XVII Международной научно-технической конференции: в 2 томах, Уфа, 19 мая 2021 года. Том 2. Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2021. С. 231-238.
11. Степанова А.В. Совершенствование государственного управления в области охраны атмосферного воздуха // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. 2019. № 2 (28). С. 67-74.
12. Шарова И.В. Нормирование выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух // Вестник современных исследований. 2018. № 12.1 (27). С. 428-430.
13. Prosviryakova I.A., Shevchuk L.M. Hygienic assessment of PM10 and PM2.5 contents in the atmosphere and population health risk in zones influenced by emissions from stationary sources located at industrial enterprises // Health Risk Analysis 2018, no. 2, pp. 14–22. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.2.02.eng>
14. Шагидуллин А.Р. Применение сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха для решения задач по управлению качеством окружающей среды // Российский журнал прикладной экологии. 2022. № 1(29). С. 60-67. <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2022.1.60.67>

15. Романов А.А., Леоненко Е.В. О методическом обеспечении эксперимента по квотированию выбросов // Экология производства. 2021. № 4(201). С. 78-87.
16. Петров С.Б. Эколого-эпидемиологическая оценка заболеваемости населения болезнями системы кровообращения и органов дыхания в зоне влияния атмосферных выбросов многоотопливной теплоэлектроцентрали // Экология человека. 2018. № 6. С. 18-24. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-6-18-24>
17. Health Effects Institute. 2020. State of Global Air 2020. Special Report. Boston, MA: Health Effects Institute.
18. Health effects of particulate matter, World Health Organization, 2013.
19. Cardiovascular Disease and Air Pollution. A report by the Committee on the Medical Effects of Air Pollutants, 2006.
20. Wiesław A. Jedrychowski, Frederica P. Perera, John D. Spengler, Elzbieta Mroz, Laura Stigter, Elzbieta Flak, Renata Majewska, Maria Klimaszewska-Rembiasz, Ryszard Jacek Intrauterine exposure to fine particulate matter as a risk factor for increased susceptibility to acute broncho-pulmonary infections in early childhood // International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2012.12.014>

### References

1. Gorbanev S.A., Fedorov V.N., Tikhonova N.A. *Ekologiya cheloveka*, 2019, no. 10, pp. 4-14. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-10-4-14>
2. Grafkina M.V., A.V. Azarov D.R. *Vestnik MGSU*, 2017, vol. 12, no. 4(103), pp. 373-380. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2017.4.373-380>
3. Zhizhin N.N., D'yakov M.S., Khodyashev M.B. *Analiz riska zdorov'yu*, 2019, no. 4, pp. 50-59. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.05>
4. Zaytseva N.V., Zemlyanova M.A., Kol'dibekova Yu.V. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 1, pp. 68-75.
5. Ivanova I.G., Danilov D.A., Gusev K.Yu. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii*, 2020, vol. 8, no. 1(28). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.28.1.041>
6. Karelin A.O., Lomtev A.Yu., Volkodaeva M.V., Eremin G.B. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 1, pp. 82-86.
7. May I.V., Kokoulina A.A., Zagorodnov S.Y., Popova E.V. Exposure assessment for population to fine particles in the influence zones of emissions from industrial stationary emission sources. *Health Risk Analysis*, 2014, no. 1, pp. 21-30.
8. Samulenkov D.A., Mel'nikova I.N., Sapunov M.V. Sbornik tezisev dokladov Chetyrnadtsatoy Vserossiyskoy otkrytoy konferentsii "Sovremennye problemy

- distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa”): Elektronnyy sbornik tezisev dokladov, Moskva, 14–29 noyabrya 2016 goda [Collection of abstracts of the Fourteenth All-Russian open conference “Modern problems of remote sensing of the Earth from space”: Electronic collection of abstracts, Moscow, November 14-29, 2016]. Moscow: Institute of Space Research of the Russian Academy of Sciences, 2016, p. 193.
9. Sergeeva A.S., Zakoroev R.R., Zybkin A.Yu., Osipov D.K., Lavrent’eva A.A. *Molodoy ucheny*, 2019, no. 47 (285), pp. 161-164.
  10. Smirnova E.E., Tokareva L.D. *Nauka, obrazovanie, proizvodstvo v reshenii ekologicheskikh problem (ekologiya-2021): materialy XVII Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii: v 2 tomakh, Ufa, 19 maya 2021 goda. Tom 2* [Science, education, production in solving environmental problems (Ecology-2021): Proceedings of the XVII International Scientific and Technical Conference: in 2 volumes, Ufa, May 19, 2021. Volume 2]. Ufa: Ufa State Aviation Technical University, 2021, pp. 231-238.
  11. Stepanova A.V. *Vestnik UGNTU. Nauka, obrazovanie, ekonomika. Seriya: Ekonomika*, 2019, no. 2 (28), pp. 67-74.
  12. Sharova I.V. *Vestnik sovremennykh issledovaniy*, 2018, no. 12.1 (27), pp. 428-430.
  13. Prosviryakova I.A., Shevchuk L.M. Hygienic assessment of PM10 and PM2.5 contents in the atmosphere and population health risk in zones influenced by emissions from stationary sources located at industrial enterprises. *Health Risk Analysis*, 2018, no. 2, pp. 14–22. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.2.02.eng>
  14. Shagidullin A.R. *Rossiyskiy zhurnal prikladnoy ekologii*, 2022, no. 1(29), pp. 60-67. <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2022.1.60.67>
  15. Romanov A.A., Leonenko E.V. *Ekologiya proizvodstva*, 2021, no. 4(201), pp. 78-87.
  16. Petrov S.B. *Ekologiya cheloveka*, 2018, no. 6, pp. 18-24. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-6-18-24>
  17. Health Effects Institute. 2020. State of Global Air 2020. Special Report. Boston, MA: Health Effects Institute.
  18. Health effects of particulate matter, World Health Organization, 2013.
  19. Cardiovascular Disease and Air Pollution. A report by the Committee on the Medical Effects of Air Pollutants, 2006.
  20. Wiesław A. Jedrychowski, Frederica P. Perera, John D. Spengler, Elzbieta Mroz, Laura Stigter, Elzbieta Flak, Renata Majewska, Maria Klimaszewska-Rembiasz, Ryszard Jacek Intrauterine exposure to fine particulate matter as a risk factor for increased susceptibility to acute broncho-pulmonary infections in early

childhood. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2013.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2012.12.014>

### **ВКЛАД АВТОРОВ**

**Май И.В.:** общая концепция исследования, интерпретация данных, написание текста статьи.

**Загороднов С.Ю.:** анализ данных, проведение расчетов рассеивания, написание текста статьи.

### **AUTHOR CONTRIBUTIONS**

**Irina V. May:** general research concept, data interpretation, original draft preparation.

**Sergey Yu. Zagorodnov:** data analysis, dispersion calculations, writing the text of the article.

### **ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Май Ирина Владиславовна**, доктор биологических наук, профессор, заместитель директора по научной работе

*Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-биологических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека*  
ул. Монастырская, 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация  
[may@fcrisk.ru](mailto:may@fcrisk.ru)

**Загороднов Сергей Юрьевич**, старший научный сотрудник

*Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-биологических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека*  
ул. Монастырская, 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация  
[Zagorodnov@fcrisk.ru](mailto:Zagorodnov@fcrisk.ru)

### **DATA ABOUT THE AUTHOR**

**Irina V. May**, Doctor of Biological Science, Professor, Deputy Director for Research Work

*Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies*

*82, Monastyrskay Str., Perm, 614045, Russian Federation*

*may@fcrisk.ru*

*SPIN-code: 2946-8825*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>*

*Scopus Author ID: 56548428200; 57137897400*

**Sergey Yu. Zagorodnov**, Senior Researcher

*Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies*

*82, Monastyrskay Str., Perm, 614045, Russian Federation*

*Zagorodnov@fcrisk.ru*

*SPIN-code: 5405-2119*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6357-1949>*

*ResearcherID: Q-1771-2017*

*Scopus Author ID: 56667504100*

Поступила 15.03.2023

После рецензирования 11.04.2023

Принята 25.04.2023

Received 15.03.2023

Revised 11.04.2023

Accepted 25.04.2023