

© МАЙ И.В., ЗАГОРОДНОВ С.Ю., 2022

Читать  
онлайн  
Read  
online

Май И.В., Загороднов С.Ю.

## Учёт выбросов пылей в системе управления качеством атмосферного воздуха

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»  
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 614045, Пермь, Россия

**Введение.** Внедрение эффективных мер управления уровнем пылевого загрязнения атмосферного воздуха поселений требует корректных гигиенических оценок ситуации и надёжных данных об источниках выбросов твёрдых частиц.

**Цель исследования** заключалась в обосновании необходимости учёта всей совокупности твёрдых компонентов выбросов при проведении гигиенических оценок ситуации, включая рассмотрение и согласование проектов нормативов допустимых выбросов и проектов санитарно-защитных зон.

**Материалы и методы.** На примере крупного промышленного предприятия выполнены расчёты распространения пылевых выбросов с учётом и без учёта суммарного выброса твёрдых составляющих. Параметры источников приняты в соответствии с ведомостью инвентаризации предприятия. Расчёты рассеивания выполнены с применением стандартизированной программы «Эколог-город».

**Результаты.** Установлено, что по каждому отдельному твёрдому веществу на границе санитарно-защитной зоны и в точках ближайшего жилья нарушений гигиенических нормативов не регистрируется. Ситуация характеризуется как нормативная, не требующая мер по повышению безопасности населения. При этом совокупный выброс твёрдой компоненты выбросов (TSP) создаёт на границе санитарно-защитной зоны превышение гигиенических нормативов для группы «взвешенные вещества» (до 2,6 ПДКс.г.). Зона сверхнормативного загрязнения (более 1 ПДК) распространяется на селитебную территорию. Рассчитанный по совокупности твёрдых веществ уровень загрязнения удовлетворительно корреспондируется с данными инструментальных измерений.

**Ограничения исследования** связаны с тем, что полученные результаты характеризуют конкретное предприятие, однако используемые принципиальные подходы могут применяться для любых аналогичных исследований.

**Заключение.** Представляется целесообразным гармонизировать понятие «взвешенные вещества» с определением, принятым Всемирной организацией здравоохранения, установив, что взвешенные вещества — это общее количество твёрдых частиц органических и неорганических веществ. Закрепление такого понятия в санитарных правилах и нормах обеспечивает корректность гигиенической оценки ситуации, сопоставимость расчётных и натурных данных, отсутствие противоречий между установленными нормативами выбросов для каждого вида пыли и результатами оценки риска для здоровья (выполняется с учётом суммы всех твёрдых частиц). Применение ПДК разных видов пыли остаётся важным инструментом идентификации источников выброса, предупреждения негативного воздействия пылей с канцерогенными или особо токсичными свойствами.

**Ключевые слова:** пылевые выбросы; атмосферный воздух; взвешенные вещества; нормирование; оценка гигиенической ситуации;  $PM_{10}$ ;  $PM_{2,5}$

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

**Для цитирования:** Май И.В., Загороднов С.Ю. Учёт выбросов пылей в системе управления качеством атмосферного воздуха. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(6): 602–608. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-6-602-608> <https://www.elibrary.ru/aobhpu>

**Для корреспонденции:** Май Ирина Владиславовна, доктор биол. наук, профессор, зам. директора по научной работе ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, 614045, Пермь. E-mail: may@fcrisk.ru

**Участие авторов:** Май И.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи; Загороднов С.Ю. — сбор и обработка материала, картирование результатов исследования, написание текста. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

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

Поступила: 11.04.2022 / Принята к печати: 08.06.2022 / Опубликована: 30.06.2022

Irina V. May, Sergey Yu. Zagorodnov

## Accounting dust emission in the system of management of ambient air quality

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Technologies for Population Health Risk Management of the Federal Service  
for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, Perm, 614045, Russian Federation

**Introduction.** The fulfillment of effective measures to manage the level of dust pollution in the atmospheric air of settlements requires correct hygienic assessments of the situation and reliable data on the sources of particulate emissions.

**The purpose of the study** was to substantiate what is need to take into account the entire set of solid emitted components when conducting hygienic assessments of the situation, including the consideration and approval of draft standards for permissible emissions and projects of sanitary protection zones.

**Materials and methods.** On the example of a large industrial enterprise, calculations of the dust emissions dispersion were made with and without taking into account the total mass of solid components. Source parameters are taken according to the enterprise inventory list. Dispersion calculations were carried out using the standardized program “Ecolog-City”.

**Results.** For each individual solid substance at the border of the sanitary protection zone and at the points of the nearest housing no violations of hygienic standards were established to be recorded. The situation was characterized as normative, not requiring measures to improve the safety of the population. The total release of the solid component of emissions (TSP) created an excess of the hygienic standard for the group “suspended substances” ( $0.5 \text{ mg/m}^3$ ) at the border of the sanitary protection zone. The zone of excess pollution (more than 1 MPC) extended to the residential area. The level of pollution calculated from the totality of solid substances was satisfactorily corresponded with the data of instrumental measurements.

**Limitations.** The limitation of the study is related to the fact that the obtained results characterize a particular enterprise, however, the principal approaches used can be applied to any similar studies.

**Conclusion.** It seems appropriate to harmonize the concept of “suspended matter” with the definition adopted by the World Health Organization, establishing that suspended matter is the total amount of solid particles of organic and inorganic substances. Fixing such a concept in sanitary rules and regulations ensures the correctness of the hygienic assessment of the situation, the comparability of calculated and natural data, the absence of contradictions between the established emission standards for each type of dust and the results of a health risk assessment (performed taking into account the sum of all particulate matter). The use of MPCs for various types of dust remains an important tool for identifying emission sources and preventing the negative impact of dusts with carcinogenic or highly toxic properties.

**Keywords:** dust emissions; atmospheric air; total suspended particles; standardization; assessment of the hygienic situation;  $PM_{10}$ ;  $PM_{2.5}$

**Compliance with ethical standards:** the study does not require the submission of the opinion of the biomedical ethics committee or other documents.

**For citation:** May I.V., Zagorodnov S.Yu. Accounting dust emission in the system of management of ambient air quality. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2022; 101(6): 602-608. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-6-602-608> <https://elibrary.ru/aobhpu> (In Russian)

**For correspondence:** Irina V. May, MD, PhD, DSci., Professor, Deputy Director for Science, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation. E-mail: may@fcrisk.ru

#### Information about authors:

May I.V., <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>

Zagorodnov S.Yu., <https://orcid.org/0000-0002-6357-1949>

**Contribution:** *Mai I.V.* – the concept and design of the study, the collection and processing of material, writing the text, responsibility for the integrity of all parts of the article; *Zagorodnov S.Yu.* – collection and processing of material, mapping of research results, writing a text. *All authors* – approval of the final version of the article.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgement.** The study had no sponsorship.

Received: April 11, 2022 / Accepted: June 8, 2022 / Published: June 30, 2022

## Введение

В современных условиях установление и контроль допустимых выбросов химических веществ хозяйствующих субъектов и создание санитарно-защитных зон с ограниченным использованием территорий являются основными инструментами обеспечения защиты населения от негативного воздействия выбросов стационарных источников промышленных предприятий в стране [1–3]. В ближайшей перспективе к этим инструментам должны подключиться меры по внедрению наилучших достижимых технологий, автоматизация контроля выбросов на приоритетных источниках и ряд других [4, 5], однако отработанные годами механизмы нормирования выбросов и создания санитарно-защитных зон (СЗЗ) сохраняют свою актуальность.

Пыли (твёрдые компоненты выбросов) составляют значительную долю общей массы загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух в результате деятельности промышленных предприятий, энергетики, коммунального хозяйства и т. п. Вещества подлежат нормированию и учёту при обосновании размеров СЗЗ. По данным Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, в целом по стране выброс твёрдых веществ от стационарных источников составил в 2020 г. 1566,8 тыс. тонн [6]. Статистическая отчётность хозяйствующих субъектов за последние 6 лет свидетельствует о снижении выбросов – сокращение по сравнению с 2014 г. составило порядка 19,5% (2014 г. – 1922,2 тыс. тонн). Такая динамика позволяет предполагать адекватное снижение уровней загрязнения воздуха пылевыми частицами. Однако, по данным Росгидромета, количество городов, в которых среднегодовые концентрации взвешенных веществ превысили 1 ПДК, не сократилось за последние годы. Более того, если в 2016 г. таких городов было 43, то в 2018 г. их стало 52, в 2019 г. – 53, в 2020 г. – 46. В 2020 г. в 14 из 15 городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы ( $ИЗА \geq 14$ ) взвешенные вещества входили в перечень примесей, определяющих этот высокий уровень. Среди таких городов Улан-Удэ, Чита, Норильск, Южно-Сахалинск, Усолье-Сибирское, Шелехов и ряд других [6].

При этом за последние десятилетия практически по всему миру исследователи подтверждают негативное воздействие пылевых частиц, находящихся в воздухе, на здоровье человека [7–9]. Доказано, что воздействие пылевого фактора формирует дополнительные случаи смертности и заболеваемости населения, в первую очередь болезнями органов дыхания и сердечно-сосудистой системы [10, 11].

Нельзя не отметить, что именно взвешенные частицы в сочетании с другими примесями, прежде всего диоксидом серы, являются причиной смога и/или эффекта «чёрного

неба» на территориях со специфическими метеорологическими условиями [12]. К последним относятся повышенная частота приземных и приподнятых инверсий, слабые ветра, регулярные застойные явления со штилями и др. Такие условия характерны, например, для ряда российских регионов Восточной Сибири, где энергетика ориентирована на твёрдое топливо, в том числе серосодержащее [13, 14]. На таких территориях достоверно повышены уровни заболеваемости населения, ассоциированные с факторами среды обитания [15, 16]. Как следствие сохраняется крайне высокая актуальность корректного выявления источников загрязнения воздуха пылевыми частицами, установления и строгого контроля соблюдения величин допустимых выбросов.

При анализе проблемы следует остановиться на определении понятия «взвешенные вещества», которым сегодня в мире и в Российской Федерации руководствуются как хозяйствующие субъекты, так и регуляторы в сфере экологии и санитарно-эпидемиологического благополучия.

По определению Всемирной организации здравоохранения, взвешенные вещества (total suspended particles) – это сложная смесь твёрдых органических и неорганических веществ в широком диапазоне диаметров: от менее 0,1 мкм до примерно 100 мкм [12]. С конца 80-х годов прошлого века в качестве наиболее опасных фракций пыли выделены пылевые частицы с диаметрами частиц менее 10 и 2,5 мкм (particulate matters  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$ ) [17].

В отличие от вышеприведённого определения в России хозяйствующие субъекты и надзорные органы в настоящее время руководствуются пониманием взвешенных веществ как суммы твёрдых веществ, из которых исключены компоненты, имеющие установленные для них индивидуальные ПДК. Данное определение прямо закреплено в действовавших до 2021 г.<sup>1</sup> гигиенических нормативах ГН 2.1.6.3492-17: «Взвешенные вещества – недифференцированная по составу пыль (аэрозоль), содержащаяся в воздухе населённых пунктов. ПДК взвешенных веществ не распространяются на аэрозоли органических и неорганических соединений (металлов, их солей, пластмасс, биологических, лекарственных препаратов и др.), для которых устанавливаются соответствующие ПДК». Такой подход закреплён и письмом Минприроды России от 24.09.2019 г. № 12-44/22986<sup>2</sup>, ука-

<sup>1</sup> Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений». Эл. ресурс <https://docs.cntd.ru/document/556185926> (дата обращения 10.02.2022 г.).

<sup>2</sup> Письмо Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 1 ноября 2019 г. № РН-03-01-32/30496 «О рассмотрении обращения». Эл. ресурс <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72879444/>

зывают, что «вещества, которые по своим физическим свойствам относятся к твёрдым частицам и индивидуально поименованы в Перечне<sup>3</sup>, нормируются отдельно по каждому из таких веществ». Новая редакция СанПиН 1.2.3685-21<sup>4</sup> не даёт однозначного определения «взвешенных веществ» и устанавливает гигиенические нормативы (ПДК или ОБУВ) на несколько сотен видов пылей, различных по химическому составу.

Действующее распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 июля 2015 г. № 1316-р к твёрдым веществам, подлежащим государственному регулированию, относит «взвешенные вещества», «взвешенные частицы РМ<sub>10</sub>», «взвешенные частицы РМ<sub>2,5</sub>», три вида пыли неорганической с разным содержанием кремния, «пыль каменного угля» и соединения металлов (свинца, марганца, меди, никеля, кобальта, железа и др.). Мягкий рекомендательный посыл письма Минприроды о целесообразности включения в группу «взвешенные вещества» прочих видов пылей, не указанных в перечне (например, пыли древесной, пыли хлопковой, зерновой и т. п.), не носит императивного характера и не имеет законодательной силы для хозяйствующих субъектов.

Реализуя положения сложившейся нормативной базы, хозяйствующие субъекты максимально фрагментируют состав твёрдой компоненты, дифференцируя примеси по химическому составу в ходе инвентаризации источников выделения и выбросов. При этом соответственно фрагментируется и масса выбрасываемой пыли. Зачастую это приводит к выводу ряда выбрасываемых твёрдых примесей из системы государственного регулирования при разработке нормативов допустимых выбросов, демонстрации соблюдения гигиенических нормативов по каждой отдельной примеси по результатам расчётов рассеивания и отсутствию правовой обязанности разработки мероприятий по пылеподавлению.

При этом содержание пыли в атмосферном воздухе в большинстве случаев определяется гравиметрическим методом без глубокой химической дифференциации [18]. В итоге нередко создаётся ситуация, когда расчётные концентрации примесей, принимаемые за основу решений о нормировании выбросов и управления ими, слабо коррелируют с данными натурных измерений пыли в городских и сельских поселениях. Так, к примеру, в выбросах предприятий г. Братска<sup>5</sup> 760 источников твёрдых веществ выбрасывают 16 видов пыли (без учёта выбросов металлов и их соединений), каждая из которых имеет собственные гигиенические нормативы, рассчитывается и оценивается отдельно: взвешенные вещества, пыль неорганическая > 70% SiO<sub>2</sub>; пыль неорганическая 20–70% SiO<sub>2</sub>; пыль неорганическая < 20% SiO<sub>2</sub>; мазутная зола, пыли: абразивная, древесная, текстолита, резинового вулканизата, ферросплавов, полистирола, полисульфонатов и т. п. По результатам сводных расчётов в атмосфере г. Братска ни по одному твёрдому загрязняющему веществу не выявлены превышения гигиенических нормативов. При этом на постах экологического и социально-гигиенического мониторинга в Братске взвешенные вещества системати-

чески регистрируются в концентрациях, составляющих до 2,5 ПДК<sub>м.р.</sub> и 3,9 ПДК<sub>с.с.</sub> Частота превышений максимальных разовых ПДК составляла в последние годы от 10–15%, среднесуточных ПДК – 8–10%. Ситуация довольно типичная, характерная не только для Братска, но и для ряда других городов [19, 20].

*Цель исследования* – обоснование необходимости учёта всей совокупности твёрдых компонентов выбросов при проведении гигиенических оценок ситуации, включая рассмотрение и согласование проектов нормативов допустимых выбросов и проектов санитарно-защитных зон.

## Материалы и методы

В качестве объекта исследования выбрано крупное промышленное предприятие со значительной долей пылевой компоненты в общей массе выбросов. На промплощадке объекта расположено порядка 250 источников, от которых в атмосферный воздух поступает 30 загрязняющих веществ общей массой порядка 57,5 тыс. тонн в год. В составе пылегазовых смесей – 12 видов пылей общей массой 3,4 тыс. тонн в год. Аэродинамические параметры источников и массы выбросов загрязняющих веществ приняты в соответствии с актуальной ведомостью инвентаризации источников выбросов предприятия. Все источники геокодированы и нанесены на векторную карту территории.

Расчёты рассеивания выполняли на базе унифицированной программы расчёта загрязнения атмосферы «Экологород» 4.60.1, реализующей МРР-2017 «Методы расчётов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе», утверждённой приказом Минприроды России от 06.06.2017 г. № 273. Климатические параметры принимали в соответствии со Сводом правил СП 131.13330.2018 (СНиП 23-01-99 «Строительная климатология», табл. 2). Расчёт производили по регулярной сетке с шагом 50 × 50 м в прямоугольнике общей площадью 9 км<sup>2</sup> (3000 × 3000 м), в 20 расчётных точках на границе утверждённой санитарно-защитной зоны и в 5 точках ближайшей жилой застройки.

Расчёты проводили по двум вариантам: 1) примеси кодировали в соответствии с их официальными кодами в ведомости инвентаризации; 2) задавали всем видам пыли один и тот же код (условно TSP). Результаты получали в виде приземных концентраций в мг/м<sup>3</sup> и в виде долей индивидуальных ПДК (1-й вариант расчёта) либо в виде долей ПДК для взвешенных веществ (2-й вариант).

Для верификации расчётов использовали данные поста социально-гигиенического мониторинга, расположенного на расстоянии порядка 1700 м от промплощадки. На посту отбор проб на содержание взвешенных веществ и инструментальные исследования выполнены по стандартизованному методикам Испытательным лабораторным центром, аккредитованным в установленном порядке.

## Результаты

Результаты расчётов приземных концентраций на границе санитарно-защитной зоны и в точках ближайшей жилой застройки свидетельствовали об отсутствии превышений гигиенических нормативов по какому-либо из твёрдых компонентов выбросов. Максимальные расчётные значения на границе санитарно-защитной зоны и в расчётных точках жилой застройки не превышали 0,4 ПДК<sub>м.р.</sub> и 0,6 ПДК<sub>с.с.</sub> (см. таблицу).

Выброс каждого вида пыли обеспечивал соответствие качества атмосферного воздуха гигиеническим критериям и оценивался как допустимый. В целом результаты свидетельствовали о соответствии ситуации гигиеническим критериям, что можно трактовать как достижение безопасного для здоровья населения качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия. В такой ситуации при разработке нормативов допустимых выбросов

<sup>3</sup> Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды. Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 08.07.2015 г. № 1316-р. Эл. ресурс <https://base.garant.ru/71126758/>

<sup>4</sup> Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Эл. ресурс <https://base.garant.ru/400274954/> (дата обращения 10.02.2022 г.).

<sup>5</sup> Отчёт о выполнении работ «Формирование сводных расчётов загрязнения атмосферного воздуха г. Братска, включая инструментальные обследования загрязнения атмосферного воздуха. Проведение анализа репрезентативности существующей сети инструментальных наблюдений за состоянием атмосферного воздуха и возможные пути развития». АО «НИИ Атмосфера». СПб., 2020. 181 с.

**Расчётные концентрации твёрдых химических компонентов в точке наибольшего загрязнения на границе санитарно-защитной зоны**

Estimated concentrations of solid chemical components at the point of greatest pollution on the border of the sanitary protection zone

Загрязняющее вещество Pollutant	Расчитанные уровни приземных концентраций Estimated concentrations				Необходимость снижения выбросов Need to emission reduction
	максимальные разовые, мг/м <sup>3</sup> maximum single, mg/m <sup>3</sup>	доля ПДКм.р. Share of acute MPC	средние за год, мг/м <sup>3</sup> average for the year mg/m <sup>3</sup>	доля ПДКс.г./ПДКс.с. Share of day/annual MPC	
Ванадия пентаоксид (пыль) Vanadium pentoxide (dust)	0.00018	—	0.000025	0.36	Отсутствует Is absent
Дижелезо триоксид Diiron trioxide	0.0072	—	0.00012	0.003	Отсутствует Is absent
Марганец и его соединения (в пересчёте на оксид марганца) Manganese and its compounds with reference to Manganese oxide	0.014	0.004	$3.5 \cdot 10^{-7}$	0.007	Отсутствует Is absent
Хром (в пересчёте на оксид хрома) Chromium (with reference to chromium oxide)	0.00006	—	$3.2 \cdot 10^{-8}$	0.004	Отсутствует Is absent
Углерод (Сажа) Carbon (Soot)	0.085	0.03	0.0056	0.224	Отсутствует Is absent
Фториды плохо растворимые Fluorides poorly soluble	0.064	0.32	0.024	0.81	Отсутствует Is absent
Взвешенные вещества Suspended solids	0.180	0.36	0.021	0.28	Отсутствует Is absent
Пыль неорганическая: 70–20% SiO <sub>2</sub> Dust inorganic: 70–20% SiO <sub>2</sub>	0.110	0.37	0.015	0.15	Отсутствует Is absent
Пыль неорганическая: до 20% SiO <sub>2</sub> Dust inorganic: up to 20% SiO <sub>2</sub>	0.220	0.44	0.093	0.62	Отсутствует Is absent
Пыль неорганическая более 70% SiO <sub>2</sub> Dust inorganic more than 70% SiO <sub>2</sub>	0.05	0.34	0.006	0.12	Отсутствует Is absent
Пыль древесная* Wood dust*	0.02	0.04	0.01	0.02	Отсутствует Is absent
Сумма пылей (TSP) ПДКм.р. = 0,5 мг/м <sup>3</sup> ПДКс.г. = 0,075 мг/м <sup>3</sup> Sum of dust (TSP) MPC <sub>acute</sub> = 0.5 mg/m <sup>3</sup> MPC <sub>annual</sub> = 0.075 mg/m <sup>3</sup>	0.665	1.33	0.169	2.26	Снижение выбросов обязательно Emission reduction is obliged

Примечание. \* Критерий — ориентировочный безопасный уровень воздействия.

Note: \* Criterion — approximate safe level of harmfulness.

основания для отклонения нормативов от согласования отсутствовали, равно как и отсутствовала обоснованная необходимость в разработке мероприятий по снижению выбросов твёрдых веществ.

При наложении полученных результатов на карту территории установлено, что по каждому отдельному твёрдому веществу изолиния 1 ПДК формируется на расстоянии не более 650 м от границы промышленной площадки предприятия. Пример распространения пыли неорганической с содержанием SiO<sub>2</sub> более 70% приведён на рисунке (а). Утверждённая 1000-метровая СЗЗ является достаточной и обеспечивает безопасность населения по данным критериям. Вместе с тем совокупный выброс твёрдой компоненты выбросов (TSP) создаёт на границе промплощадки суммарную концентрацию более 10 ПДКм.р. (см. рисунок, б), а на границе санитарно-защитной зоны регистрируется превышение гигиенического норматива (до 1,33 ПДК), если принимать в качестве критерия для TSP ПДК группы «взвешенные вещества» (0,5 мг/м<sup>3</sup>). Зона сверхнормативного уровня загрязнения (более 1 ПДК) распространяется на селитебную территорию.

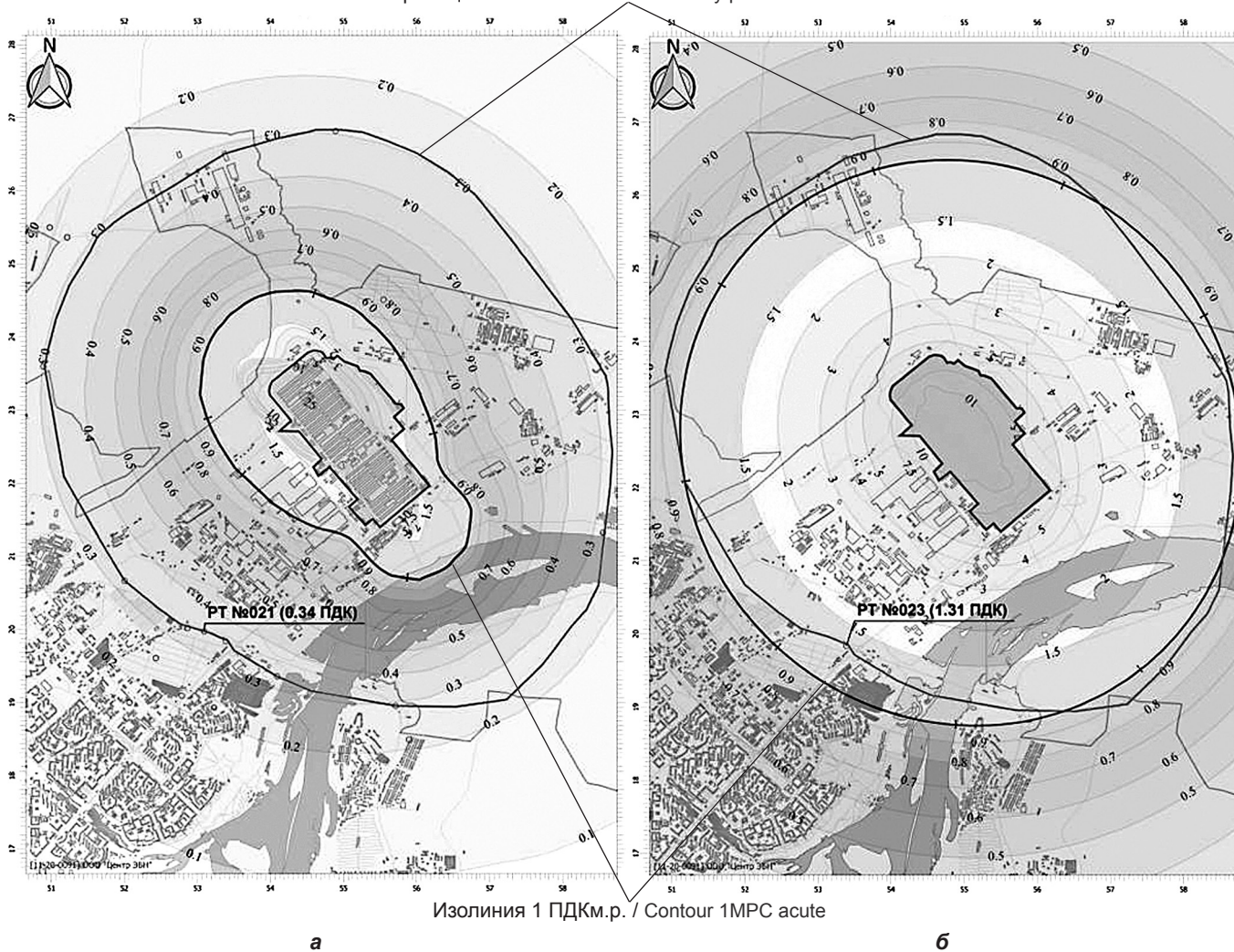
Реальное загрязнение подтверждается и данными инструментальных измерений на ближайшем стационарном

посту (порядка 1700 м от промплощадки), где измеренные максимальные разовые концентрации взвешенных веществ достигали в период 2020–2021 гг. 2,5 ПДКм.р., среднесуточные концентрации — 3,7 ПДКс.с., среднегодовые — порядка 1,1 ПДКс.г.

Дополнительно к расчётам рассеивания и установления суммарной приземной концентрации всех твёрдых частиц оценивали потенциальный аэрогенный риск для здоровья населения, принимая во внимание референтный уровень для суммы взвешенных частиц, который при остром воздействии составляет 0,3 мг/м<sup>3</sup>, при хроническом воздействии — 0,075 мг/м<sup>3</sup>. Соответственно риск острого нарушения функций органов дыхания при кратковременном воздействии можно оценить на уровне от 1,9 до 2,2 HQ, при хроническом загрязнении — до 2,26 HQ. Риск оценивается как настояражающий, требующий принятия мер по его снижению.

Мелкодисперсные пыли PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub> не были указаны в ведомостях инвентаризации источников исследованного предприятия, что делало невозможным оценку концентраций этих фракций в зоне влияния предприятия и оценку риска для здоровья. Однако если принять долю PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub> как 0,55 и 0,35 соответственно от величин TSP в соответствии с рекомендациями Dockery с соавт. и Wilson с соавт. [21, 22],

Граница ССЗ / Border of the sanitary protection zone



Пространственное распределение пылевого загрязнения вокруг промышленной площадки предприятия при условиях штиля (скорость ветра менее 0,5 м/с): а – пыль неорганическая с содержанием более 70%  $\text{SiO}_2$ ; б – сумма пылей (TSP) относительно ПДК «взвешенные вещества».

Spatial distribution of dust pollution around the industrial site of the enterprise under calm conditions (wind less than 0.5 m/s): а – inorganic dust with more than 70%  $\text{SiO}_2$ ; б – the total dust (TSP) relative to the MPC “suspended solids”.

то концентрации мелкодисперсных фракций вероятно могут составлять соответственно 0,366 и 0,233  $\text{мг}/\text{м}^3$ . Референтные концентрации при острых воздействиях составляют для  $\text{PM}_{10}$  0,3  $\text{мг}/\text{м}^3$ , для  $\text{PM}_{2,5}$  – 0,15  $\text{мг}/\text{м}^3$ . Коэффициенты риска формируются в нашем случае на уровне 1,22 ( $\text{PM}_{10}$ ) и 1,55 ( $\text{PM}_{2,5}$ ). Риск характеризуется также как настораживающий, требующий мер по его снижению. Однако оценка доли мелкодисперсных фракций в пыли предприятия и оценка риска при их воздействии требуют отдельных специальных исследований.

## Обсуждение

Полученные результаты по уровням суммарной приземной концентрации твёрдых компонентов существенно более адекватно описывали реальный уровень загрязнения воздуха, чем данные результатов расчётов рассеивания отдельных примесей. Важно, что при учёте TSP ситуация характеризовалась как небезопасная, требующая мер по снижению выбросов пылей, тогда как при оценке загрязнения воздуха отдельными примесями ситуация рассматривалась как нормативная, не требующая управляющих действий.

Учёт всей суммы твёрдых примесей соответствует и международным подходам к оценке загрязнения воздуха

пылью. При оценке риска для здоровья во многих исследованиях, где принимаются в качестве экспозиции данные расчётов рассеивания, используется именно сумма всех твёрдых компонентов [23]. Недостаточный учёт хозяйствующими субъектами мелкодисперсных частиц в составе пылевых выбросов представляется значимым недостатком отечественной системы управления качеством воздуха. Сводные расчёты рассеивания  $\text{PM}_{10}$  и  $\text{PM}_{2,5}$  по городам Российской Федерации, равно как и установленные нормативы выбросов этих примесей для отдельных хозяйствующих субъектов, на практике не реализуются или реализуются крайне редко. Основная причина – отсутствие обязательности выделения мелкодисперсных фракций пыли в процессе инвентаризации выбросов. Перечень методик расчёта выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками Минприроды России от 28 июня 2021 г. № 22-Р<sup>6</sup>, включает 118 документов. В 67 из них предполагается учёт в выбро-

<sup>6</sup> Распоряжение Минприроды России от 28 июня 2021 г. № 22-Р. Перечень методик расчёта выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух стационарными источниками. Эл. ресурс <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402674938/> (дата обращения 10.02.2022 г.).

сах пылей разного вида (например, пыль электролизная, пыль растительная, пыль хлопковая, рыбной муки и т. п.), взвешенных веществ и/или просто твёрдых частиц. В большинстве случаев методики ориентируют хозяйствующие субъекты на дифференциацию и дефрагментацию пылевых выбросов. Только 6 методик предусматривают выделение в составе выбросов мелкодисперсных пылей («Методика расчёта выбросов от источников горения при разливе нефти и нефтепродуктов», «Методика определения и расчёта выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров», «Методика расчёта выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при механической обработке металлов» и др.). Используя утверждённый перечень, хозяйствующие субъекты преимущественно рассчитывают выбросы отдельных видов пыли и не выделяют мелкодисперсные фракции в выбросах. При этом данные экологического и социально-гигиенического мониторинга, а также ряд специальных научных исследований свидетельствуют о том, что нарушение гигиенических нормативов суммы взвешенных частиц, а также  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  регистрируется нередко [14–17, 19, 20]. Однако связать факты нарушений с источниками выбросов не просто, поскольку выделить, например, в сумме инструментально измеренной пыли пыль корунда белого, пыль абразивную, пыль цемента, хлопковую, мучную или иную пыль крайне не просто и затратно. Как следствие субъект управления качеством воздуха остаётся неидентифицированным. Теряется адресность мер по снижению содержания техногенной пыли в воздухе.

Сложившаяся ситуация, несомненно, требует изменения. При сохранении и применении гигиенических нормативов отдельных твёрдых веществ представляется целесообразным принять определение «взвешенные вещества», гармонизированное с определением ВОЗ, как сумму всех твёрдых частиц, присутствующих в атмосферном воздухе (total suspended particles), с установлением гигиенического норматива именно для суммы твёрдых примесей. Для этой суммы должны устанавливаться и нормативы допустимых выбросов. В этом случае контроль соблюдения нормативов на границе санитарно-защитной зоны или в ближайшей жилой застройке становится задачей адекватной и корректной, а результаты оценки риска для здоровья при воздействии суммы пылей (TSP) максимально коррелируют с оценкой ситуации по данным инструментальных измерений.

Для повышения безопасности населения важным и неотложным шагом является и закрепление обязанности хозяйствующих субъектов выделять долю мелкодисперсных частиц ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ) в пылевых выбросах с установлением допустимых выбросов этих фракций и ведением производственного контроля их концентраций на границах санитарно-защитных зон и/или в иных нормируемых точках.

## Заключение

Дифференциация твёрдых компонентов пылегазовых выбросов по химическому признаку нередко имеет следствием вывод ряда твёрдых примесей из системы государственного регулирования и некорректную оценку гигиенической ситуации.

Используемые при установлении нормативов допустимых выбросов и в проектах санитарно-защитных зон результаты расчётов рассеивания отдельных видов пыли слабо коррелируются с реально измеряемыми концентрациями взвешенных веществ, при этом существенно недооценивается опасность загрязнения.

Представляется целесообразным гармонизировать понятие «взвешенные вещества» с определением, принятым Всемирной организацией здравоохранения, установив, что взвешенные вещества — это общее количество твёрдых частиц органических и неорганических веществ, охватывающих широкий диапазон диаметров: от 0,1 мкм до (приблизительно) 100 мкм. Закрепление такого понятия в санитарных правилах и нормах обеспечит корректность гигиенической оценки ситуации, сопоставимость расчётных и натурных данных при инструментальных измерениях и отсутствие противоречий между установленными нормативами выбросов для каждого вида пыли и результатами оценки риска для здоровья, которая выполняется с учётом суммы всех твёрдых частиц. Альтернативным вариантом учёта совокупного влияния пылей на качество воздуха и здоровье населения является включение в санитарные нормы и правила группы суммирования всех видов твёрдых компонентов, выбрасываемых в атмосферу. При этом важно отметить, что данный подход требует апробирования на других предприятиях, относящихся к различным отраслям промышленности, с целью формирования более полной доказательной базы по потенциальной опасности твёрдых выбросов при использовании действующей системы их нормирования. Представляется целесообразным также применять данный подход при проведении оценки риска для здоровья.

Установление и применение ПДК для разных видов пыли остаётся при этом важным инструментом определения источников загрязнения, предупреждения негативного воздействия при наличии пылей с канцерогенными или особо токсичными свойствами.

Крайне важным является поэтапный переход на учёт в составе выбросов хозяйствующих субъектов мелкодисперсных пылей ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ) как наиболее опасных фракций пылей, оказывающих негативное воздействие на здоровье населения. Такой переход требует межведомственного взаимодействия с целью актуализации действующих и разработки и продвижения новых методик расчёта твёрдых веществ, выделяемых и выбрасываемых в атмосферный воздух.

## Литература

(п.п. 4, 7–12, 17, 21, 22 см. References)

- Заряева Е.В. Управление качеством атмосферного воздуха для минимизации риска здоровью населения. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2011; 55(5): 33–4.
- Панин В.Ф., Попов В.А., ред. *Мониторинг и управление качеством приземного воздуха в Российской Федерации и Великобритании: правовые, организационные и научно-технические аспекты*. Томск; 2003.
- Ломтев А.Ю., Карелин А.О., Еремин Г.Б., Волкодаева М.В., Наумов И.А. Проектирование и организация санитарно-защитных зон в Российской Федерации. прошлое, настоящее и будущее. *Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2017; 12(2): 749–54.
- Иваницкий М.С. Технологическое нормирование выбросов ТЭС в атмосферу. *Энергобезопасность и энергосбережение*. 2022; (1): 5–9. <https://doi.org/10.18635/2071-2219-2022-1-5-9>
- Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году». М.; 2021.
- Маремуха Т.П., Петросян А.А. Загрязнение атмосферного воздуха фракциями мелкодисперсной пыли ( $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$ ) в районе функционирования угольной ТЭС. *Здоровье и окружающая среда*. 2016; (26): 39–42.
- Вишнякова О.В., Убугунов В.Л. Загрязнение атмосферного воздуха взвешенными веществами в г. Гусиноозерск (Республика Бурятия). *Проблемы региональной экологии*. 2019; (6): 113–5. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2019-18113>
- Ревич Б.А., Харьков Т.Л., Кваша Е.А. Некоторые показатели здоровья жителей городов федерального проекта «Чистый воздух». *Анализ риска здоровью*. 2020; (2): 16–27. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.02>
- Андрешунас А.М., Клейн С.В. Предприятия топливно-энергетического комплекса как объекты риск-ориентированного санитарно-эпидемиологического надзора. *Анализ риска здоровью*. 2021; (4): 65–73. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.4.07>
- РД 52.04.893-2020. Массовая концентрация взвешенных веществ в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений гравиметрическим методом. М.; 2020.
- Землянова М.А., Пережогин А.Н., Кольдибекова Ю.В. Тенденции состояния здоровья детского населения и их связь с основными аэрогенными факторами риска в условиях специфического загрязнения атмосферного воздуха предприятиями металлургического и деревообрабатывающего профиля. *Анализ риска здоровью*. 2020; (4): 46–53.
- Азаров В.Н., Маринин Н.А., Барикаева Н.С., Лопатина Т.Н. О загрязнении мелкодисперсной пылью воздушной среды городских территорий. *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. 2013; (1): 30–4.
- Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.; 2004.

## References

1. Zaryeva E.V. Ambient air quality control to minimize human health risk. *Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii*. 2011; 55(5): 33–4. (in Russian)
2. Panin V.F., Popov V.A., eds. *Monitoring and Management of Surface Air Quality in the Russian Federation and the UK: Legal, Organizational, Scientific and Technical Aspects [Monitoring i upravleniye kachestvom prizemnogo vozdukh v Rossiyskoy Federatsii i Velikobritanii: pravovye, organizatsionnye i nauchno-tekhnicheskie aspekty]*. Tomsk; 2003. (in Russian)
3. Lomtev A.Yu., Karelin A.O., Eremin G.B., Volkodaeva M.V., Naumov I.A. Design and organization of sanitary protection zones in the Russian Federation. Past, present and future. *Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya*. 2017; 12(2): 749–54. (in Russian)
4. Tumanovskii A.G., Chugaeva A.N., Bragina O.N., Zykov A.M., Ryabov G.A., Volodin A.M. Prospects for implementing best available technologies for environmental protection at thermal power plants. *Power Technol. Engine*. 2017; 50(5): 516–20. <https://doi.org/10.1007/s10749-017-0742-y>
5. Ivanitskiy M.S. Technical regulations of emissions from thermal power plants. *Energobezopasnost' i energosberezheniye*. 2022; (1): 5–9. <https://doi.org/10.18635/2071-2219-2022-1-5-9> (in Russian)
6. State report «On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2020». Moscow; 2021. (in Russian)
7. Abe K.C., Miraglia S.G. Health impact assessment of air pollution in São Paulo, Brazil. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2016; 13(7): 694. <https://doi.org/10.3390/ijerph13070694>
8. Wang C., Tu Y., Yu Z., Lu R. PM<sub>2.5</sub> and cardiovascular diseases in the elderly: An overview. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2015; 12(7): 8187–97. <https://doi.org/10.3390/ijerph120708187>
9. Xia T., Zhu Y.F., Mu L.N., Zhang Z.F., Liu S.J. Pulmonary diseases induced by ambient ultrafine and engineered nanoparticles in twenty-first century. *Natl Sci. Rev*. 2016; 3(4): 416–29. <https://doi.org/10.1093/nsr/nww064>
10. Pope C.A., Burnett R.T., Thurston G.D., Thun M.J., Calle E.E., Krewski D., et al. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: Epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation*. 2004; 109(1): 71–7. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000108927.80044.7F>
11. Franklin B.A., Brook R., Arden Pope C. 3<sup>rd</sup>. Air pollution and cardiovascular disease. *Curr. Probl. Cardiol*. 2015; 40(5): 207–38. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2015.01.003>
12. Air quality in Europe, 1993. A Pilot Report; 1996. Available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/2-9167-057-X>
13. Maremukha T.P., Petrosyan A.A. Particulate matter air pollution (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>) in the coal TPP area. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda*. 2016; (26): 39–42. (in Russian)
14. Vishnyakova O.V., Ubugunov V.L. Air pollution by suspended substances in the town of Gusinoozersk (the Republic of Buryatia). *Problemy regional'noy ekologii*. 2019; (6): 113–5. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2019-18113> (in Russian)
15. Revich B.A., Khar'kova T.L., Kvasha E.A. Selected health parameters of people living in cities included into «Clean air» federal project. *Health Risk Analysis*. 2020; (2): 16–27. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.02.eng>
16. Andrishunas A.M., Kleyn S.V. Fuel and energy enterprises as objects of risk-oriented sanitary-epidemiologic surveillance. *Health Risk Analysis*. 2021; (4): 65–73. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.4.07.eng>
17. WHO. Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide. Global Update 2006. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02; 2006. Available at: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf)
18. RD 52.04.893-2020. Mass concentration of suspended substances in atmospheric air samples. The method of measurement by the gravimetric method. Moscow; 2020. (in Russian)
19. Zemlyanova M.A., Perezhogin A.N., Koldibekova Yu.V. Trends detected in children's health and their relation with basic aerogenic risk factors under exposure to specific ambient air contamination caused by metallurgic and wood-processing enterprises. *Health Risk Analysis*. 2020; (4): 47–54. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.4.05.eng>
20. Azarov V.N., Marinin N.A., Barikaeva N.S., Lopatina T.N. Air pollution by highly dispersed dust in urban areas. *Biosfernaya sovremnost': chelovek, region, tekhnologii*. 2013; (1): 30–4. (in Russian)
21. Dockery D.W., Pope C.A. Acute respiratory effects of particulate air pollution. *Annu. Rev. Public Health*. 1994; 15: 107–32. <https://doi.org/10.1146/annurev.pu.15.050194.000543>
22. Wilson R., Spengler J. *Particles in Our Air Concentrations and Health Effects*. Harvard; 1996.
23. R 2.1.10.1920-04. Guidelines for assessing the risk to public health when exposed to chemicals that pollute the environment. Moscow; 2004. (in Russian)