

Загороднов С.Ю., Май И.В., Кокоулина А.А.

## МЕЛКОДИСПЕРСНЫЕ ЧАСТИЦЫ ( $PM_{2.5}$ И $PM_{10}$ ) В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА: ПРОБЛЕМЫ МОНИТОРИНГА И НОРМИРОВАНИЯ В СОСТАВЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВЫБРОСОВ

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

**Введение.** Для Российской Федерации актуальна проблема учёта  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  в составе промышленных выбросов, мониторинга этих частиц в атмосферном воздухе, оценки их влияния на здоровье населения. Инструменты государственного контроля  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  в атмосфере созданы, но для задач управления рисками здоровью применяются недостаточно.

**Материал и методы.** Массовые концентрации выбрасываемой пыли от источников предприятий и содержание  $PM_{2.5}$  и  $PM_{10}$  в составе выбросов определяли гравиметрическим методом и методом лазерного анализа.

**Результаты.** Подтверждено наличие мелкодисперсных частиц в выбросах различных производств: в машиностроении – до 13%  $PM_{2.5}$ , до 40%  $PM_{10}$ ; в чёрной металлургии – до 79%  $PM_{2.5}$ , до 84%  $PM_{10}$ ; в цветной металлургии – до 43%  $PM_{2.5}$ , до 88%  $PM_{10}$ ; в горнодобывающей промышленности – до 21%  $PM_{2.5}$ , до 49%  $PM_{10}$ ; при переработке горных отходов – до 57%  $PM_{2.5}$ , до 59%  $PM_{10}$ . Концентрации  $PM_{2.5}$  и  $PM_{10}$  в атмосферном воздухе в зонах влияния предприятий нередко превышают установленные гигиенические нормативы. Зоны влияния выбросов мелкодисперсных частиц как правило перекрывают зоны влияния выбросов «взвешенных веществ». Контроль загрязнения воздуха без учёта дисперсности приводит к недооценке рисков здоровью населения.

**Выводы.** Для эффективного управления качеством атмосферного воздуха в России необходимы: пересмотр методик определения дисперсного состава выбросов; совершенствование методической и/или нормативной базы учёта  $PM_{2.5}$  и  $PM_{10}$  при ведении производственного контроля; включение мелкодисперсных частиц в государственные программы мониторинга качества атмосферного воздуха; накопление данных о дисперсном составе выбросов и уровнях концентраций  $PM_{2.5}$  и  $PM_{10}$  в атмосфере; расширение практики оценки риска для здоровья населения при воздействии  $PM_{2.5}$  и  $PM_{10}$ .

**Ключевые слова:** пылевые выбросы; взвешенные вещества; дисперсность; фракционный состав;  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ; нормирование выбросов; мониторинг атмосферного воздуха.

**Для цитирования:** Загороднов С.Ю., Май И.В., Кокоулина А.А. Мелкодисперсные частицы ( $PM_{2.5}$  и  $PM_{10}$ ) в атмосферном воздухе крупного промышленного региона: проблемы мониторинга и нормирования в составе производственных выбросов. Гигиена и санитария. 2019; 98(2): 142-147. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-2-142-147>

**Для корреспонденции:** Загороднов Сергей Юрьевич, старший науч. сотр. отдела системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, г. Пермь. E-mail: [zagorodnov@fcrisk.ru](mailto:zagorodnov@fcrisk.ru)

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 03.10.2018

Принята к печати 06.02.2019

Zagorodnov S. Yu., May I. V., Kokoulina A. A.

## FINE-DISPERSE PARTICLES ( $PM_{2.5}$ AND $PM_{10}$ ) IN ATMOSPHERIC AIR OF A LARGE INDUSTRIAL REGION: ISSUES RELATED TO MONITORING AND STANDARDIZATION OF SUSPENDED PARTICLES IN INDUSTRIAL EMISSIONS

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation

**Introduction.** For the Russian Federation, the problem of accounting  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  in industrial emissions, monitoring these particles in ambient air and assessing their impact on public health is relevant. State control of  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  in the atmosphere is provided, but not sufficiently applied for health risk management tasks.

**Material and methods.** Mass concentrations of dust emissions from enterprises and the content of  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  in the emissions were determined by a gravimetric method and a method of laser analysis.

**Results.** The presence of fine particles in the emissions of various industries was confirmed: in mechanical engineering – up to 13% of  $PM_{2.5}$ , up to 40% of  $PM_{10}$ ; in ferrous metallurgy – up to 79% of  $PM_{2.5}$ , up to 84% of  $PM_{10}$ ; in nonferrous metallurgy – up to 43% of  $PM_{2.5}$ , up to 88% of  $PM_{10}$ ; in the mining industry – up to 21% of  $PM_{2.5}$ , up to 49% of  $PM_{10}$ ; in the processing of mountain waste – up to 57%  $PM_{2.5}$ , up to 59%  $PM_{10}$ .

**Discussion.** The impact of concentrations of  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  in the atmosphere of enterprises zones often exceeds the established hygienic standards. The zones of emissions influence of fine particles usually overlap the zones of emissions influence of dust. Control of air pollution without its dispersion leads to an underestimation of the health risk.

**Conclusion.** The effective air quality management in Russia needs the revision of methods for determining the dispersion of emissions; improvement of the methodological and/or regulatory basis for  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  accounting;

*inclusion of  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  in government programs of air quality monitoring; accumulation of data on the dispersion of emissions and  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  concentrations in the atmosphere; expanding the practice of health risk assessment when exposed to  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$*

**Keywords:** *dust emissions; suspended substances; dispersity; fractional structure;  $PM_{10}$ ;  $PM_{2.5}$ ; standardization of emissions; atmospheric air monitoring.*

**For citation:** Zagorodnov S.Yu., May I.V., Kokoulina A.A. Fine-disperse particles ( $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$ ) in atmospheric air of a large industrial region: issues related to monitoring and standardization of suspended particles in industrial emissions. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(2): 142-147. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-2-142-147>

**For correspondence:** *Sergey Yu. Zagorodnov*, MD, senior researcher, Department of System Methods of Sanitary and Hygienic Analysis and Monitoring, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045. E-mail: [zagorodnov@fcrisk.ru](mailto:zagorodnov@fcrisk.ru)

**Information about authors:** *Zagorodnov S.Yu.*, <http://orcid.org/0000-0002-6357-1949>; *May I.V.*, <http://orcid.org/0000-0003-0976-7016>; *Kokoulina A.A.*, <http://orcid.org/0000-0002-2284-1631>

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

*Acknowledgements.* The study had no sponsorship.

Received: October 03, 2018

Accepted: February 06, 2019

## Введение

Взвешенные частицы (total suspended particles, TSP) являются широко распространёнными загрязнителями атмосферного воздуха и фактором риска для здоровья человека [1–6]. Опасность мелких пылевых фракций для здоровья человека неоднократно доказана зарубежными и российскими учёными [7–12]. Имеются достаточные доказательства влияния кратковременной экспозиции  $PM_{10}$  на дыхательную систему, установлено влияние мелкодисперсных частиц на смертность населения (особенно в результате долговременной экспозиции) [13]. Важность контроля качества атмосферного воздуха на предмет содержания мелкодисперсных частиц осознана мировым сообществом, закреплена в «Рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха, касающихся твердых частиц, озона, двуокиси азота и двуокиси серы» [14] и в пересмотренном тексте Гётеборгского протокола о борьбе с подкислением, эвтрофикацией и приземным озоном<sup>1</sup> и реализована в рамках действующих программ мониторинга во многих странах Европы, Америки, Азии.

Однако для Российской Федерации проблема учёта мелкодисперсной пыли (particulate matters)  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  в составе промышленных выбросов, мониторинга этих частиц в атмосферном воздухе и оценки их влияния на здоровье населения остаётся актуальной. Созданы инструменты государственного контроля уровня  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  в атмосфере: утверждены гармонизированные с международными значениями гигиенические нормативы содержания  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  в воздухе, данные примеси включены в утверждённый распоряжением Правительства РФ от 8 июля 2015 г. № 1316-р «Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды». Действующая на территории Российской Федерации методология

оценки риска предполагает использование сведений о концентрациях и взвешенных веществ/частиц (TSP) и фракций  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$ .

Однако разработанные инструменты в практике управления рисками для здоровья человека применяются крайне недостаточно [15,16].

Одной из причин отсутствия практики нормирования  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  в выбросах на территории России являются устаревшие расчётные подходы к определению масс выбросов. Действующие методики по расчёту выбросов не ориентированы на выделение мелких фракций пыли<sup>3, 4, 5</sup>. Ведомости инвентаризации источников выбросов предприятий формируются по шаблонам прошлых десятилетий. Спецификой предприятий на территории страны является то, что в выбросах пыль учитывается либо как взвешенные вещества в целом (TSP), либо по группам – в зависимости от их происхождения или химического состава обрабатываемых материалов (пыль древесная, пыль стекловолокна). Ещё одной причиной является отсутствие в Российской Федерации системных государственных программ наблюдений за концентрациями мелкодисперсных частиц в атмосфере населённых пунктов. Проводятся только разрозненные локальные исследования, результаты которых не аккумулируются. Так, в глобальной базе данных ВОЗ о качестве атмосферного воздуха<sup>6</sup>, где ведётся сбор информации о среднегодовых значениях концентраций загрязнителей, в том числе  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$ , учитывается только одна точка измерения их концентраций в России (в Москве) [17, 18]. При этом в атмосфере на территории России на постах сети Росгидромета контролируются концентрации взвешенных веществ (как недифференцированной по составу пыли/аэрозоля), металлов, углерода (сажи), а их смеси и смеси других

<sup>1</sup> Руководящий документ по методам ограничения выбросов серы, оксидов азота, летучих органических соединений и дисперсного вещества (включая  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  и чёрный углерод) из стационарных источников. Available at: <https://www.unece.org/ru/environmental-policy/dejatelnost-po-usileniju-potenciala/envlrapwelcome/rukovodjashchie-dokumenty-i-drugie-metodicheskie-materialy/gjoteborgskii-protokol.html> (дата обращения: 15.05.2018).

<sup>2</sup> Р 2.1.10.1920–04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004: 143.

<sup>3</sup> Методика расчёта выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при механической обработке металлов (по величинам удельных показателей). – С.-Пб.: НИИ Атмосфера, 2015. – 31 с.

<sup>4</sup> Временные методические указания по расчёту выбросов загрязняющих веществ (пыли) в атмосферу при складировании и перегрузке сыпучих материалов на предприятиях речного флота. – Белгород: БТИСМ, 1992: 37.

<sup>5</sup> Методические указания по расчёту выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух предприятиями деревообрабатывающей промышленности. – С.-Пб.: НИИ Атмосфера, 2015: 40.

<sup>6</sup> Глобальная база данных ВОЗ о качестве атмосферного воздуха ведётся для отслеживания результативности многочисленных программ по борьбе с загрязнением воздуха. База считается самой полной в мире, по последним данным содержит информацию о качестве воздуха более чем в 4300 городах из 108 стран.

компонентов в мировой практике учитываются также, как составляющая  $PM^{7}$ .

Вместе с тем опыт отечественных и зарубежных исследователей свидетельствует о том, что пылевые выбросы предприятий представляют собой полидисперсную, многокомпонентную смесь, содержащую мелкодисперсные частицы в широком диапазоне размеров и концентраций, что, в свою очередь, соответствует литературным данным разных лет [19–24]. В такой ситуации контроль загрязнения воздуха по уровню TSP в ряде случаев маскирует опасные фракции пыли, что последовательно приводит к недооценке рисков причинения вреда здоровью человека [25–30].

Указанные проблемы определили цель исследования, которая состояла в оценке дисперсного состава пылевых выбросов различных производств и технологических процессов на территории крупного промышленного центра и уровня содержания мелкодисперсных частиц в воздухе населенных территорий как обоснование актуальности учёта мелкодисперсных частиц при нормировании выбросов и мониторинге.

Для достижения поставленной цели в ходе исследования последовательно решались задачи:

- выбор территорий и промышленных объектов для исследования дисперсного состава выбросов и концентраций мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе;
- оценка доли мелкодисперсных частиц в составе пылевых выбросов;
- отбор и анализ проб воздуха на селитебных территориях на предмет содержания в атмосфере частиц  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$ ;
- обобщение результатов исследования.

## Материал и методы

Исследование проводили в период с 2011 по 2017 год на территориях крупных поселений Пермского края – в городах Пермь, Березники, Чусовой, Соликамск, где располагаются производственные предприятия разных отраслей промышленности. На исследованных территориях население проживает вблизи промышленных зон и подвержено непосредственному воздействию техногенных выбросов. Технологические процессы промышленных предприятий исследовали путём анализа технической документации. Выявляли приоритетные источники пылеобразования и пылевыделения, определяли технологические особенности и условия их функционирования. На установленных источниках выделения пыли проводили отборы проб и прямые инструментальные исследования выбросов. Пробоотбор осуществляли с применением устройств, позволяющих максимально сохранять фракционный состав пыли (двухциклонный сепаратор с последовательными ступенями отделения частиц различных фракций) или отбор проб на бумажные фильтры АФА с размерами пор

0,3–0,5 мкм. Продолжительность отбора проб составляла от 5 до 20 мин (в зависимости от интенсивности пылевыделения) со скоростью 20 л/мин. Пробоотбор проводили на минимально возможном расстоянии от устья источника (площади пыления). Для получения корректного результата осуществляли 3-кратный отбор проб для каждого источника. В результате формировали объединённую (усреднённую) пробу, для которой выполняли все дальнейшие измерения.

Массовую концентрацию взвешенных частиц (TSP), выбрасываемых в единицу времени, оценивали стандартными методами по результатам гравиметрических исследований. Для определения содержания  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  использовали метод лазерного анализа. Оценку содержания  $PM_{2,5}$  и  $PM_{10}$  в атмосферном воздухе территорий, прилегающих к проезжей части, проводили только с использованием лазерного анализа (охватываемый диапазон размера частиц от 20 нм до 2000 мкм). В результате получали таблицы или гистограммы, описывающие фракционный состав исследованных образцов. Суммированием пыли с размером в заданном диапазоне определяли массовую долю (процент)  $PM_{2,5}$  и  $PM_{10}$ .

За период исследования отобрано и проанализировано 600 проб промышленных выбросов (выбросы машиностроительного предприятия – порядка 180 проб, выбросы предприятия чёрной металлургии – порядка 90 проб, выбросы горнодобывающего предприятия – порядка 150 проб, выбросы горноперерабатывающего предприятия – порядка 105 проб, выбросы предприятия цветной металлургии – порядка 45 проб, выбросы предприятия строительной отрасли – порядка 30 проб). Проанализировано 60 проб атмосферного воздуха.

Для установления уровней воздействия пылевого фактора проводили расчёты рассеивания (определение приземных концентраций) с применением стандартизованных методов и программных средств (УПРЗА «Эколог» вариант версия 4.50.4), реализующих МРР–2017 «Методы расчётов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (утв. приказом Минприроды России от 06.06.2017 № 273).

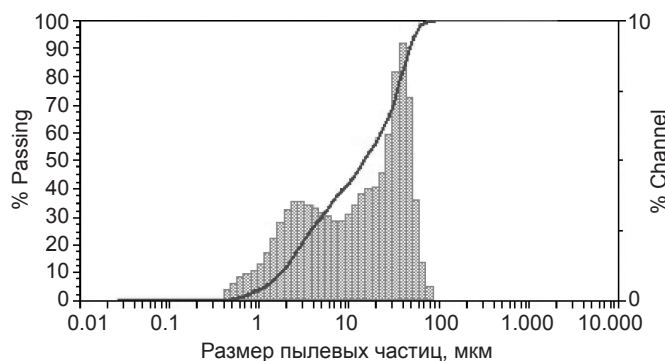
## Результаты

Установлено, что практически все обследованные производственные объекты имеют «пылящие» участки и/или процессы. Так, на машиностроительном предприятии наибольшие массы пыли выделялись на участках механической обработки, сварки и резки металлов и материалов. Для предприятия чёрной металлургии приоритетами являлись агломерационное, литейное, доменное, сталеплавильное, прокатное, ферросплавное производства. Пыление на горнодобывающем предприятии регистрировали на наземном участке пересыпки руды, в сушильном отделении, флотационном отделении обогатительной фабрики, комплексе погрузочно-разгрузочных работ, на участке размола. Предприятие по производству строительных конструкций имело пылевые выбросы на участках приготовления раствора, бетона, пустотных плит, на открытом складе хранения сыпучих материалов. На предприятии цветной металлургии наибольшее пыление было отмечено на участке переработки титановой губки.

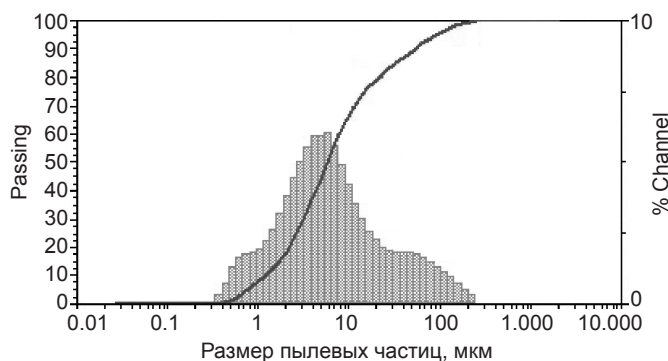
По результатам инструментальных исследований было установлено, что мелкодисперсные частицы входят в состав выбросов практически повсеместно. Примеры получаемых гистограмм представлены на рисунке.

Пыли с размерами частиц менее 10 и 2,5 мкм составляли в отдельных случаях до 85% от массы выброса в целом (табл. 1, 2).

<sup>7</sup> ВОЗ рассматривает  $PM$  как смесь, физические и химические характеристики которой меняются в зависимости от местонахождения. К наиболее распространённым химическим компонентам  $PM$  при этом относят сульфаты, нитраты, аммиак, другие неорганические ионы, такие как ионы натрия, калия, кальция, магния и хлорид-ионы, органический и элементарный углерод, минералы земной коры, связанная частицами вода, металлы (в том числе ванадий, кадмий, медь, никель и цинк) и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). В составе  $PM$  также отмечают наличие биологических компонентов, таких как аллергены и микроорганизмы [Health effects of particulate matter final (Rus) – WHO/Eurore. Воздействие взвешенных частиц на здоровье. Значение для разработки политики в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии. ВОЗ; 2013: 20.]



а



б

Гистограммы распределения частиц по размерам в пылевых выбросах предприятия по производству строительных материалов: а – пересып щебня на конвейер; б – пересып песка на конвейер.

При этом для отдельных производственных процессов дисперсный (фракционный) состав пыли является довольно стабильным. Это позволяет рассматривать полученные данные как основу для инвентаризации источников выделения последующего установления нормативов предельно допустимых выбросов в полном соответствии с требованиями распоряжения Правительства РФ от 8 июля 2015 г. № 1316-р.

### Обсуждение

В силу того, что гигиенические нормативы для мелкодисперсных частиц существенно более жесткие, чем для суммы взвешенных или отдельных конкретных видов пыли, гигиенические оценки потенциальной опасности выбросов при получении данных о дисперсном составе могут претерпевать изменения. Такое предположение подтверждено расчётами рассеивания выбросов. Так, к примеру, расчёты рассеивания пыли от 28 источников машиностроительного предприятия на территории Перми показали, что если не учитывать дисперсность выбросов, то рассчитанные концентрации пыли (в ведомости инвентаризации задан код 2908) за пределами промплощадки не превышают ПДКм.р. ( $0,5 \text{ мг/м}^3$ ) и составляют на границе санитарно-защитной зоны (ССЗ) от 0,10 до 0,86 ПДК. В границах территории, описываемой изолинией 1ПДК отсутствуют жилые дома. Риск для здоровья населения оценивается как приемлемый. Ситуация оценивается как нормативная, не требующая дополнительных воздухоохраняющих мероприятий.

Если же в расчёты по каждому источнику заложить уточнённые величины масс выбросов с учётом их дис-

персности и применить критерии безопасности, установленные для  $\text{PM}_{10}$  ( $0,3 \text{ мг/м}^3$ ) или  $\text{PM}_{2,5}$  ( $0,16 \text{ мг/м}^3$ ), то гигиенические оценки ситуации существенно меняются. На границе ССЗ регистрируются уровни до 1,2 ПДКм.р. по  $\text{PM}_{10}$  и до 0,7 ПДК по  $\text{PM}_{2,5}$ . Риски для здоровья оцениваются как неприемлемые. В зоне, описываемой изолинией 1ПДК для  $\text{PM}_{10}$ , расположено 8 жилых домов с общей численностью жителей порядка 140 человек. Ситуация

Таблица 1

Усреднённые параметры фракционного состава выбросов, образующихся в результате технологических процессов на предприятиях различных отраслей промышленности

Предприятие	Массовая доля пылевых частиц (диапазон), %		
	< 2,5 мкм ( $\text{PM}_{2,5}$ ), %	< 10 мкм ( $\text{PM}_{10}$ ), %	> 10 мкм, %
Машиностроительное	2,83 (0,00–13,46)	16,98 (0,00–39,88)	83,02 (60,12–100,00)
Металлургическое	16,01 (0,00–78,53)	32,35 (8,43–84,34)	67,42 (15,66–90,81)
Горнодобывающее	9,76 (0,00–20,90)	30,62 (0,00–48,65)	69,38 (51,35–100,00)
Горноперерабатывающее	9,73 (0,00–56,70)	28,58 (0,00–85,60)	71,42 (14,40–100,00)
Цветной металлургии	14,14 (3,13–43,02)	38,90 (11,83–88,43)	61,10 (11,57–88,17)
По производству строительных материалов	15,63 (9,93–23,53)	37,50 (23,64–67,04)	62,50 (32,96–76,36)

Таблица 2

Фракционный состав пылевых выбросов участков предприятия, занимающегося производством строительных материалов (пример)

Технологическая операция	Содержание частиц нормируемых фракций, %			Медианный размер частиц, мкм
	доля пылевых частиц			
	< 2,5 мкм ( $\text{PM}_{2,5}$ ), %	< 10 мкм ( $\text{PM}_{10}$ ), %	> 10 мкм, %	
Дозировка песка в мешалку (приготовление раствора)	9,93	26,61	73,39	31
Пересып песка на конвейер	16,78	42,29	57,71	15,5
Дозировка цемента в мешалку (приготовление бетона)	14,56	32,71	67,29	31
Пересып щебня (фракция $10 \times 20 \text{ мм}$ )	23,53	67,04	32,96	5,5
Мешалка (приготовление бетона)	18,37	45,62	54,38	13,5
Пересып песка с конвейера в бункер	14,13	30,94	69,06	26,5
Пересып щебня с конвейера в бункер	15,21	31,19	68,81	24
Пересып щебня на территории склада (работа погрузчика)	12,50	23,64	76,36	31,5

требует разработки мероприятий по снижению уровня загрязнения атмосферы и минимизации рисков для здоровья, а также систематического контроля со стороны хозяйствующего субъекта.

Результаты расчётов подтверждаются данными инструментальных исследований. Так, к примеру, натурные измерения уровня мелкодисперсной пыли в атмосферном воздухе г. Березников, где жилая застройка находится в окружении промышленных объектов горнодобывающей, горноперерабатывающей, строительной и иных отраслей, показали, что разовые концентрации частиц  $PM_{10}$  в жилой застройке находились на уровне от 0,01 до 8,3 ПДКм.р.; среднегодовые – от 0,013 до 2,2 ПДКм.р. Превышения гигиенических нормативов по  $PM_{10}$  отмечали практически во всех 4 исследованных зонах города, т. е. негативное воздействие может испытывать практически все население Березников.

Вместе с тем, ни на одном посту Росгидромета, ни в Перми, ни в Березниках мониторинг мелкодисперсных частиц не ведётся. Ни одно предприятие региона не включило наблюдения за  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  в программы производственного контроля на выбросах или на границе санитарно-защитных зон. Как следствие, отсутствуют данные для корректной оценки риска формирования нарушений здоровья, а следовательно, и для обоснования мер по управлению этими рисками.

## Выводы

Результаты проведённого исследования была подтверждена актуальность пересмотра существующих подходов к учёту мелкодисперсных частиц  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  в выбросах промышленных предприятий для задач установления нормативов предельно-допустимых выбросов и мониторингу загрязняющих примесей в атмосферном воздухе. Определение дисперсного состава промышленных выбросов и контроль за содержанием  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  в атмосфере остро необходимо для эффективного управления рисками для здоровья человека на территориях Российской Федерации, особенно индустриальных и высоконагруженных источниками пылевого загрязнения.

Знания об источниках и уровнях выделения и выброса мелкодисперсных частиц, а также о тенденциях их изменения – в количественном выражении – признаны ВОЗ важным фактором в определении наиболее обоснованной стратегии контроля для снижения рисков ингаляционных воздействий для здоровья населения. Инвентаризация пылевых выбросов с учётом  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  и накопление данных о мелкодисперсных частицах в воздухе поселений позволит России более продуктивно включаться в международные воздухоохраные проекты, руководствоваться сопоставимыми нормативами и «говорить на одном языке» с представителями науки.

ВОЗ заявляет, что для правильной оценки концентраций РМ и тенденций их изменения в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии (ВЕКЦА), в число которых входит и Россия, важно, чтобы мониторинг  $PM_{10}$  и/или  $PM_{2,5}$  в этих странах вёлся в большем числе пунктов [1].

Для реализации предлагаемых подходов необходимым представляется:

- совершенствование методической и/или нормативной базы по учёту  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  в промышленных выбросах;
- максимально широкое включение инструментальных исследований  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  в программы производственного контроля предприятий с пылевыми выбросами и программы государственного мониторинга

качества атмосферного воздуха в местах постоянного проживания населения;

- аккумуляция и анализ данных о фракционном и/или дисперсном составе промышленных выбросов и уровнях загрязнения атмосферы частицами мелких фракций, применение этих данных в научных и практических целях.

## Литература

(пп. 1-4, 10-11, 13, 14, 17, 18, 22–24 см. References)

- Янин Е.П. Пылевые выбросы предприятий как источник загрязнения городской среды кадмием. *Экология урбанизированных территорий*. 2009; 1: 30–5.
- Загороднов С.Ю. Пылевое загрязнение атмосферного воздуха города как недооцененный фактор риска здоровью человека. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика*. 2018; 2 (30): 124–33.
- Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А., Авалиани С.Л., Буштуева К.А. *Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду*. М.: НИИ ЭЧ и ГОС; 2002: 408.
- Айдинов Г.Т., Марченко Б.И., Синельникова Ю.А. Многомерный анализ структуры и долевого вклада потенциальных факторов риска при злокачественных новообразованиях трахеи, бронхов и легкого. *Анализ риска здоровью*. 2017; 1: 45–55. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.02
- Рыжаков С.А., Зайцева Н.В., Май И.В., Алексеев В.Б., Подлужная М.Я., Кирьянов Д.А. Макроэкономический анализ потерь здоровья, вероятно обусловленных эмиссиями загрязняющих веществ в атмосферный воздух. *Пермский медицинский журнал*, 2009; 26 (3):139–43.
- Кошкина В.С. Патологоанатомические и гистологические аспекты причин смерти лиц, проживающих в промышленном городе с развитой отраслью черной металлургии. *Актуальные вопросы современной науки*. 2009; 6-1: 43–52.
- Трескова Ю.В. Оценка степени опасности мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе и целесообразность их нормирования. *Молодой ученый*. 2016; 7: 291–4. Available at: <https://moluch.ru/archive/111/27390/> (дата обращения: 15.05.2018).
- Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б., Никонов В.А. Методические проблемы мониторинга мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе населенных мест. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(10): 985–8.
- Липатов Г.Я., Адриановский В.И. Выбросы вредных веществ от металлургических корпусов медеплавильных заводов. *Санитарный врач*. 2013; 8: 41–3.
- Янин Е.П. Пылевые выбросы предприятий как источник загрязнения городской среды кадмием. *Экология урбанизированных территорий*. 2009; 1: 30–5.
- Загороднов С.Ю., Кокоулина А.А., Попова Е.В. Изучение компонентного и дисперсного состава пылевых выбросов предприятий металлургического комплекса для задач оценки экспозиции населения. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2015; 17 (5): 451.
- Бурлаченко О.В., Семенова Е.А., Сергина Н.М., Гвоздков И.А. Анализ особенностей формирования качественного и количественного состава выбросов в атмосферный воздух городской среды от источников электросталеплавильных цехов. *Современная наука и инновации*. 2015; 4 (12): 81–6.
- Кошкарев С.А., Белоножко М.В., Димитренко М.В., Тагаева А.О., Слободчиков А.Д., Кошкарев К.С. Особенности качественного и количественного состава выбросов в производстве строительных материалов. *Инженерный вестник Дона*. 2016; 4 (43): 143.
- Филимонов Е.А., Таловская А.В., Языков Е.Г., Чумак Ю.В., Ильенко С.С. Минералогия пылевых аэрозолей в зоне воздействия промышленных предприятий г. помска. *Фундаментальные исследования*. 2013; 8-3: 760–5.
- Власов Д.В., Касимов Н.С., Кошелева Н.Е. Геохимия дорожной пыли (восточный округ Москвы). *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2015; 1: 23–33.
- Орлов Р.В., Стреляева А.Б., Барикаева Н.С. Оценка взвешенных частиц  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  в атмосферном воздухе жилых зон. *Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология*. 2013; 12 (134): 39–41.
- Разяпов А.З., Воронич С.С., Пахомов Д.Е., Гребёнкин Н.Н., Зайцев Д.А., Роева Н.Н. Исследование состава аэрозольных загрязнений в атмосфере города Москвы. *Экологические системы и приборы*. 2016; 3: 3–9.

## References

- Health effects of particulate matter final (Rus) - WHO/Europe. Influence exerted by suspended particles on health and its importance for development of policies in the eastern European, Caucasian, and Central Asian countries [Vozeistvie vzveshennykh chastits na zdorov'e. Znachenie dlya razrabotki politiki v stranakh Vostochnoi Evropy, Kavkaza i Tsentral'noi Azii]. *World Health Organization*. 2013; 20 (in Russian).
- Putaud J.-P., Van Dingenen R., Alastuey A., Bauer H., Birmili W., Cyrys J., Flentje H., Fuzzi S., Gehrig R., Hansson H.C., Harrison R.M., Herrmann H., Hitenberger R., Hüglin C., Jones A.M., Kasper-Giebl A., Kiss G., Kousa A., et al. A European aerosol phenomenology – 3: Physical and chemical characteristics of particulate matter from 60 rural, urban, and kerbside sites across Europe. *Atmospheric Environment*. 2010; 44 (10): 1308–1320. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2009.12.011
- Bai N., Khazaei M., van Eeden S.F., Laher I. The pharmacology of particulate matter air pollution-induced cardiovascular dysfunction. *Pharmacology & Therapeutics*. 2007; 113 (1): 16–29.
- Polichetti G., Cocco S., Spinali A., Trimarco V., Nunziata A. Effects of particulate matter (PM10, PM2.5 and PM1) on the cardiovascular system. *Toxicology*. 2009; 261 (1-2): 1–8. DOI: 10.1016/j.tox.2009.04.035
- Yanin E.P. The industrial dust discharge as a source of cadmium pollution in the urban environment. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy*. 2009; 1: 30–5 (in Russian).
- Zagorodnov S.Yu. Dust contamination of the atmospheric air of the city as an undervalued risk factor to human health. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika*. 2018; 2 (30): 124–33 (in Russian).
- Onishchenko G.G., Novikov S.M., Rakhmanin Yu.A., Avaliani S.L., Bushtueva K.A. Grounds of population health risk assessment under exposure to chemicals that contaminate the environment [Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozeistvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu]. Moscow, NII ECh i GOS Publ. 2002: 408 (in Russian).
- Aydinov G.T., Marchenko B.I., Deryabkina L.A., Sinelnikova Yu.A. Chemical factors of soil pollution in taganrog as population health risk factors. *Health Risk Analysis* 2017; 1: 45–55. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.02.eng
- Ryzhakov S.A., Zaytseva N.V., May I.V., Alekseev V.B., Podluzhnaya M.Ya., Kir'yanov D.A. Macroeconomic analysis of health losses, probabilistically caused by emissions of pollutants into the air [Makroekonomicheskii analiz poter' zdorov'ya, veroyatnostno obuslovlennyykh emissiyami zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferynyy vozdukh]. *Permskiy meditsinskiy zhurnal*, 2009; 26 (3):139–43 (in Russian).
- Zhang B., Liang S., Zhao J., Qian Z., Bassig B.A., Yang R., Zhang Y., Hu K., Xu S., Zheng T., Yang S. Maternal exposure to air pollutant PM2.5 and PM10 during pregnancy and risk of congenital heart defects. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 2016; 26(4): 422–7. DOI: 10.1038/jes.2016.1.
- Kowalska M., Kocot K. Short-term exposure to ambient fine particulate matter (PM2.5 and PM10) and the risk of heart rhythm abnormalities and stroke. *Postepy. Hig. Med. Dosw. (Online)*. 2016; 70: 1017–25.
- Koshkina V.S. Pathological and histological aspects of the causes of death of persons living in an industrial city with a developed branch of ferrous metallurgy [Patologoanatomicheskie i gistologicheskie aspekty prichin smerti lits, prozhivayushchikh v promyshlennom gorode s razvitoy otrasl'yu chernoy metallurgii]. *Aktual'nye voprosy sovremennoy nauki*. 2009; 6-1: 43–52 (in Russian).
- Polichetti G., Cocco S., Spinali A., Trimarco V., Nunziata A. Effects of particulate matter (PM10, PM2.5 and PM1) on the cardiovascular system. *Toxicology*. 2009; 261 (1-2):1–8.
- Air quality guidelines - global update 2005. *Public Health and Environment (PHE)*. Available at: [http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/outdoorair\\_aqg/en/](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/en/) (accessed: 15.05.2018).
- Treskova Yu.V. Assessment of the degree of fine particles danger in ambient air and the appropriateness of their normalization. *Molodoy uchenyy*. 2016; 7: 291-4. Available at: <https://moluch.ru/archive/111/27390/> (accessed: 15.05.2018) (in Russian).
- Karelin A.O., Lomtev A.Yu., Mozzhukhina N.A., Eremin G.B., Nikonov V.A. Methodical problems of monitoring of fine particulate matters in atmospheric air of residential areas. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 95(10): 985–8 (in Russian).
- Ambient air pollution. Global Health Observatory (GHO) data. Available at: [http://www.who.int/gho/phe/outdoor\\_air\\_pollution/en/](http://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/en/) (accessed: 15.05.2018).
- Public health, environmental and social determinants of health (PHE). WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database. Available at: [http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/cities/en/](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/) (accessed: 15.05.2018).
- Lipatov G.Ya., Adrianovskiy V.I. Hygienic estimation of harmful substances emissions from metallurgical units of copper plants. *Sanitarnyy vrach*. 2013; 8: 41–3. (in Russian)
- Yanin E.P. The industrial dust discharge as a source of cadmium pollution in the urban environment. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy*. 2009; 1: 30–5 (in Russian).
- Zagorodnov S.Yu., Kokoulina A.A., Popova E.V. Studying of component and disperse structure of dust emissions of metallurgical complex enterprises for problems of estimation the population exposition. *Izvestiya Samar'skogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2015; 17 (5): 451 (in Russian).
- Ielpo P., Paolillo V., de Gennaro G., Dambruoso P.R. PM10 and gaseous pollutants trends from air quality monitoring networks in Bari province: principal component analysis and absolute principal component scores on a two years and half data set. *Chem. Cent. J.* 2014; 8(1):14. DOI: 10.1186/1752-153X-8-14
- Zagorodnov S.Y., Kokoulina A.A., Klein S.V. Component, disperse and morphological composition of ambient air dust contamination in the zones of mining-processing enterprises. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 8. Ser. «8th International Conference on Environmental Science and Technology, ICESST 2017». 2017: 012004.
- Voukantsis D., Karatzas K., Kukkonen J., Räsänen T., Karppinen A. Intercomparison of air quality data using principal component analysis, and forecasting of PM10 and PM2.5 concentrations using artificial neural networks, in Thessaloniki and Helsinki. *Sci. Total. Environ.* 2011; 409(7): 1266–76. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2010.12.039.
- Burlachenko O.V., Semenova E.A., Sergina N.M., Gvozdkov I.A. The analysis of features of formation of qualitative and quantitative structure of emissions in atmospheric air of the urban environment from sources of electrosteel-smelting shops. *Sovremennaya nauka i innovatsii*. 2015; 4 (12): 81–6 (in Russian).
- Koshkarev S.A., Belonozhko M.V., Dimitrenko M.V., Tagaeva A.O., Slobodchikova A.D., Koshkarev K.S. Features of qualitative and quantitative composition of emissions in the production of building materials. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2016; 4 (43): 143 (in Russian).
- Filimonenko E.A., Talovskaya A.V., Yazikov E.G., Chumak Yu.V., Il'enok S.S. Mineral composition of solid aerosols particles in impact zones of Tomsk's industrial enterprises. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013; 8-3: 760–5 (in Russian).
- Vlasov D.V., Kasimov N.S., Kosheleva N.E. Geochemistry of the road dust in the Eastern district of Moscow. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya*. 2015; 1: 23–33 (in Russian).
- Orlov R.V., Strelyaeva A.B., Barikaeva N.S. Evaluation of suspended particle PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in atmospheric air of residential areas. *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal Al'ternativnaya energetika i ekologiya*. 2013; 12 (134): 39–41 (in Russian).
- Razyapov A.Z., Voronich S.S., Pakhomov D.E., Grebenkin N.N., Zaytsev D.A., Roeva N.N. The study of the aerosol pollution in the atmosphere of the city of Moscow. *Ekologicheskie sistemy i pribory*. 2016; 3: 3–9 (in Russian).