

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

DOI: 10.15593/2409-5125/2022.02.05

УДК 614.715:625.739

Т.С. Уланова, М.В. Антипьева, Е.А. Сухих, А.А. Крылов

Федеральный научный центр медико-профилактических технологий
управления рисками здоровью населения, Пермь, Россия

АНАЛИЗ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ФРАКЦИЙ ПЫЛИ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ВБЛИЗИ ТРАНСПОРТНЫХ РАЗВЯЗОК КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА

Развитие промышленности, новых видов производства, строительной индустрии зачастую негативно влияет на качество объектов среды обитания. В крупных промышленных центрах одним из основных источников образования загрязняющих веществ является автомобильный транспорт. В состав выбросов от автомобилей входят такие компоненты как CO, SO₂, NO₂ и взвешенные частицы TSP, PM_{2,5}, PM₁₀. Автомобильные выбросы, содержащие мелкодисперсные частицы, ухудшают качество атмосферного воздуха и негативно влияют на здоровье населения.

Измерения концентраций взвешенных частиц мелкодисперсных фракций в атмосферном воздухе вблизи дорог и крупных перекрестков является актуальной экологической задачей.

Исследование по определению мелкодисперсных фракций проведено в крупном промышленном центре с мая по сентябрь 2021 г.

Измерения проводили с помощью анализатора пыли DustTrak модели 8533. Прибор замеряет фракции мелкодисперсных частиц в режиме реального времени. Это дает возможность провести оперативную оценку атмосферного воздуха в данный момент на определенной территории.

Проведены инструментальные измерения массовых концентраций взвешенных частиц TSP, PM_{2,5}, PM₁₀ в атмосферном воздухе крупного промышленного центра. Проанализировано поступление мелкодисперсных частиц не только от выхлопных газов автотранспорта, но и от вида дорожного покрытия. Выявлено влияние на изменение концентраций взвешенных частиц в атмосферном воздухе, находящихся вблизи исследуемой точки строительных работ. Отмечено, что в условиях интенсивного движения автомобилей количество выделяемых мелкодисперсных частиц в атмосферный воздух выше, чем в условиях транспортного затора.

Обобщая полученные данные, следует отметить, что массовые концентрации взвешенных частиц TSP, PM_{2,5}, PM₁₀ не превышали предельно допустимую концентрацию в атмосферном воздухе, но имели значения выше, чем на контрольной точке.

Ключевые слова: мелкодисперсные частицы, TSP, PM_{2,5}, PM₁₀, атмосферный воздух, выбросы автотранспорта, дорожное покрытие.

Взвешенные вещества мелкодисперсных фракций PM_{2,5}, PM₁₀ относят к приоритетным загрязнителям воздуха, которые повсеместно встре-

чаются в окружающей среде и оказывают негативное влияние на здоровье человека [1; 2]. Мелкодисперсные частицы могут поступать от сельскохозяйственных, строительных работ; грунтовых и асфальтированных дорог; растительного сжигания сельскохозяйственных полей, бытового мусора, древесины в жилых домах; автомобильных выхлопных газов; промышленных предприятий [3].

В городских районах основным источником образования загрязняющих веществ является автотранспорт [4; 5]. Автомобильные выбросы, содержащие мелкодисперсные частицы, загрязняют воздух на высоте человеческого роста. Следовательно, люди дышат этими выбросами, что негативно сказывается на их здоровье [6]. Благодаря мелкому размеру $PM_{2,5}$ могут проникать в глубокие части легких [7–9].

Взвешенная пыль или твердые частицы (PM – particulate matter) – это не идентифицированная пыль с размером частиц меньше 100 мкм, находящаяся во взвешенном состоянии в воздухе [10; 11]. Кроме того, частицы, выбрасываемые в воздух, могут изменять свой размер и состав за счет коагуляции с другими частицами, конденсации паров или испарения, химической реакции или за счет активации в присутствии перенасыщения водой, превращаясь в туман и облачные капли [3].

Длительное пребывание в воздухе, загрязненном мелкодисперсными частицами, вызывает аллергию, кожные проблемы, раздражение глаз и носа, токсические эффекты, а также ухудшает дыхательную, сердечно-сосудистую и неврологическую системы организма человека [10; 12–14].

Согласно литературным данным, заболеваемость бронхиальной астмой вдвое выше в промышленных городах, чем на экологически безопасных территориях. В организм взрослого человека пероральным путем поступает 60–64 % всех исследуемых взвешенных частиц, а в организм ребенка 95,6–96,2 % [15].

Наибольшую опасность для здоровья человека представляют частицы $PM_{2,5}$ и PM_{10} [2]. Их содержание контролируется и регулируется путем создания сетей мониторинга качества воздуха для обеспечения соблюдения гигиенических нормативов. В Российской Федерации установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) мелкодисперсных взвешенных частиц в атмосферном воздухе населенных мест СанПиН 1.2.3685-21: ПДК_{м.р.} $PM_{2,5}$ – 0,16, PM_{10} – 0,3; ПДК_{с.с.} $PM_{2,5}$ – 0,0035, PM_{10} – 0,06 мг/м³.

Настоящее исследование направлено на инструментальное определение массовой концентрации взвешенных частиц TSP, $PM_{2,5}$, PM_{10} , содержащихся в атмосферном воздухе крупного города вблизи автомобильных дорог, крупных перекрестков.

Целью исследования является анализ и оценка содержания мелкодисперсных частиц TSP, PM_{2,5}, PM₁₀ от выбросов автотранспорта в атмосферном воздухе вблизи автомобильных дорог и перекрестков.

Материалы и методы. Концентрацию мелкодисперсных частиц измеряли с помощью аэрозольного монитора DustTrak модели 8533. DustTrak 8533 – это нефелометр и оптический счетчик, в котором используется метод рассеяния света. Анализатор предназначен для измерений массовой концентрации взвешенных частиц следующих фракций: PM₁, PM_{2,5}, PM₄, PM₁₀ и общей пыли различного происхождения в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны. Измерения происходят в режиме реального времени с диапазоном размеров регистрируемых частиц от 0,1 до 15 мкм. Диапазон показаний массовой концентрации частиц аэрозоля составляет 0,001–150 мг/м³.

Исследования проводились в соответствии с ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов». Продолжительность измерений и период усреднения при определении разовых концентраций составляли 30 мин. Высота размещения прибора составляла 1,5 м от поверхности земли. Для измерений была выбрана сокращенная программа наблюдения с целью получения информации о разовых концентрациях. Отбор проб воздуха проводился на базе маршрутного поста в фиксированной точке местности.

Для измерения массовой концентрации аэрозольных частиц были выбраны точки в районах с интенсивным движением транспорта, в местах частого торможения автомобилей. Для сравнительной оценки контрольных концентраций мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе было выбрано чистое незагазованное место, вдали от дорог и перекрестков, дорожных и строительных работ – контрольная точка.

Одновременно с замерах определяли метеопараметры: температуру воздуха, влажность и скорость ветра.

Подсчет количества проходящих транспортных средств производился за период измерения 30 мин.

Инструментальные исследования содержания мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе выполнялись с мая по сентябрь 2021 г. Измерения производили в утренние, вечерние и обеденные часы при различной интенсивности потока автотранспорта на десяти точках.

Результаты и их обсуждение. В результате инструментальных исследований определены массовые концентрации взвешенных частиц мелкодисперсных фракций PM_{2,5}, PM₁₀ и TSP.

На каждой точке измерения подсчитывали количество проходящего автотранспорта. Учитывали легковые автомобили, легкий коммерческий транспорт, автобусы, грузовые автомобили от 3 до 12 и свыше 12 т. Средняя интенсивность движения на перекрестках составила 867 машин за 30 мин.

Всего было обследовано семь перекрестков, три точки у дороги и одна контрольная точка. Результаты исследования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Усредненные значения концентраций взвешенных частиц фракций $PM_{2,5}$, PM_{10} и TSP (общей пыли) на исследуемых точках

Место отбора	Интенсивность движения, ед. машин / 30 мин	Максимальная разовая концентрация, мг/м ³			Температура, °С
		$PM_{2,5}$	PM_{10}	TSP	
Дорога 1	175	0,011 (0,003; 0,056)	0,034 (0,005; 0,252)	0,073 (0,008; 0,477)	24,6 (18,0; 31,9)
Перекресток 2	729	0,008 (0,001; 0,021)	0,029 (0,006; 0,093)	0,069 (0,235; 0,014)	27,2 (21,3; 30,9)
Дорога 3	917	0,008 (0,003; 0,023)	0,031 (0,007; 0,117)	0,074 (0,011; 0,270)	27,7 (22,0; 31,0)
Дорога 4	713	0,009 (0,003; 0,021)	0,021 (0,012; 0,078)	0,043 (0,019; 0,262)	28,3 (22,7; 30,9)
Перекресток 5	1075	0,008 (0,003; 0,036)	0,029 (0,005; 0,182)	0,063 (0,006; 0,303)	25,1 (22,1; 31,5)
Перекресток 6	683	0,013 (0,003; 0,073)	0,062 (0,009; 0,322)	0,148 (0,019; 0,879)	24,9 (19,2; 31,2)
Перекресток 7	1217	0,020 (0,011; 0,168)	0,068 (0,016; 1,020)	0,137 (0,021; 2,150)	23,4 (22,8; 24,6)
Перекресток 8	873	0,010 (0,006; 0,024)	0,020 (0,008; 0,049)	0,033 (0,014; 0,106)	24,7 (23,0; 25,6)
Перекресток 9	1078	0,006 (0,003; 0,015)	0,017 (0,007; 0,044)	0,031 (0,036; 0,129)	29,0 (25,5; 31,0)
Перекресток 10	1211	0,005 (0,001; 0,038)	0,020 (0,004; 0,143)	0,042 (0,016; 0,507)	29,1 (25,0; 31,5)
Контрольная точка	–	0,007 (0,001; 0,039)	0,017 (0,003; 0,060)	0,050 (0,005; 0,127)	25,6 (17,4; 31,5)

При сравнении полученных результатов с действующими гигиеническими нормативами сделан вывод, что превышений предельно допустимых концентраций взвешенных частиц нет. Однако выявлено превышение концентраций общей пыли (TSP) на 6-й из 10-й исследовательских точек в среднем в два раза по сравнению с контрольной точкой. Содержание частиц PM_{10} в атмосферном воздухе на перекрестках 8, 9, 10 находилось на уровне контрольной точки, но на остальных семи точках зафиксировано превышение PM_{10} почти в два раза. Содержание частиц $PM_{2,5}$ на всех исследовательских точках сопоставимо с содержанием на контрольной точке.

Выполненные исследования свидетельствует о том, что выбросы автотранспорта являются одним из источников, которые могут загрязнять окружающую среду мелкодисперсными частицами.

При анализе данных измерений выявлены максимальные концентрации TSP, PM₁₀, PM_{2,5}, на перекрёстке 7. Максимальный пик концентрации общей пыли TSP составлял 2,150, PM₁₀ – 0,168, PM_{2,5} – 1,020 мг/м³. Перекресток 7 располагался рядом со строительными работами, что повлияло на измерения. Следовательно, существует вероятность, что кроме частиц от выбросов автотранспорта весомая доля частиц принадлежит частицам, поступающим от стройки.

Вклад в загрязнение атмосферного воздуха, кроме выбросов автомобилей, вносит дорожное покрытие. По данными исследования [16], более 90 % твердых частиц выделяется от асфальтового дорожного покрытия при проезде автотранспорта. В зависимости от типа покрытия общая запыленность воздуха в зоне расположения автодороги может достигать десятков миллиграмм на 1 м³ [5], поэтому для оценки содержания концентраций TSP, PM_{2,5} и PM₁₀ дополнительно проанализировано покрытие на разных участках дороги. Табл. 2 демонстрирует, что на автомобильной дороге, которая имеет старое изношенное покрытие, ямы, гравий и шлак, наиболее сильно увеличивается выделение TSP и PM₁₀ по сравнению с асфальтобетонным покрытием.

Таблица 2

Значения концентрации общей пыли и мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе в зависимости от вида дорожного покрытия

Вид дорожного покрытия	Максимальная разовая концентрация, ± Δ, мг/м ³		
	PM _{2,5}	PM ₁₀	TSP
Гравийное старое изношенное покрытие	0,011 ± 0,002	0,054 ± 0,011	0,122 ± 0,024
Асфальтобетонное покрытие	0,005 ± 0,001	0,020 ± 0,004	0,041 ± 0,008

Еще одной проблемой в крупных городах является автодорожное движение в условиях транспортных заторов – пробок. Отмечено, что в пробках в атмосферу выделяется меньше мелкодисперсных частиц, чем на центральных оживленных перекрестках с интенсивным движением. Данная зависимость продемонстрирована в табл. 3.

В пробках у автомобилей установлен длительный режим холостого хода, который в большей степени способствует выделению газообразных аэрозолей, чем твердых микрочастиц. Увеличение концентраций твердых мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе на перекрестках с интенсивным движением обусловлено постоянно меняющимися факторами,

такими как торможение, остановка и разгон транспортных средств. Следовательно, на центральных перекрестках происходит выбивание шинами (шипами) материала из дорожного покрытия, износ дорожного покрытия, шин и тормозных систем. В результате образуется больше мелкодисперсных частиц размерами менее 10 и менее 2,5 мкм (PM₁₀ и PM_{2,5}).

Таблица 3

Значения концентрации общей пыли и мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе в зависимости от автодорожной ситуации

Вид дорожного покрытия	Максимальная разовая концентрация, ± Δ, мг/м ³		
	PM _{2,5}	PM ₁₀	TSP
Транспортный затор – пробка	0,004 ± 0,001	0,012 ± 0,002	0,024 ± 0,005
Интенсивное движение на перекрестках	0,011 ± 0,002	0,044 ± 0,009	0,100 ± 0,020

Таким образом, анализируя результаты исследования по определению массовой концентрации мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе вблизи автомобильных дорог и крупных перекрестков, авторы установили, что превышений гигиенических нормативов, установленных в России, не выявлено.

В автодорожных выбросах преобладают взвешенные частицы с диаметром менее 10 мкм (PM₁₀) и общая пыль (TSP). Концентрация частиц PM₁₀ и TSP на исследуемых точках выше в два раза по сравнению с контрольной точкой.

Установлена зависимость концентраций мелкодисперсных частиц TSP, PM_{2,5}, PM₁₀ от типа дорожного покрытия. Увеличение концентраций мелкодисперсных частиц происходило на перекрестках с динамичным движением, на которых автомобили часто совершали торможение, остановки и разгоны.

Выполненное исследование может быть использовано для оценки уровня рисков для здоровья населения, рекомендаций к улучшению качества дорожного покрытия, проведению мониторинговых исследований по содержанию общей пыли TSP и мелкодисперсных фракций PM_{2,5}, PM₁₀ в атмосферном воздухе крупных промышленных центров.

Библиографический список

1. Долгушина Н.А., Кувшинова И.А. Оценка загрязнения атмосферного воздуха промышленных городов Челябинской области и неканцерогенных рисков здоровью населения // Экология человека. – 2019. – Т. 26, № 6. – С. 17–22.
2. Javed W., Guo B. Performance Evaluation of Real-time DustTrak Monitors for Outdoor Particulate Mass Measurements in a Desert Environment // Aerosol Air Quality Research. – 2021. – Vol. 21, iss. 6. – URL: <https://aaqr.org/articles/aaqr-20-11-sc-0631.pdf> (дата обращения: 15.02.2022). DOI: 10.4209/aaqr.200631

3. Shubham Gupta, Pramod Soni, Ankush Kumar Gupta. Optimization of WD-XRF analytical technique to measure elemental abundance in PM_{2.5} // Atmospheric Pollution Research. – 2021. – Vol. 12, iss. 3. – P. 345–351. DOI: 10.1016/j.apr.2021.01.001
4. Inyong Park, Hongsuk Kim, Seokhwan Lee. Characteristics of tire wear particles generated in a laboratory simulation of tire/road contact conditions // Aerosol Science. – 2018. – Vol. 124. – P. 30–40. DOI: 10.1016/j.jaerosci.2018.07.005
5. К вопросу контроля и нормирования выбросов мелкодисперсной пыли в атмосферный воздух при движении автомобильного транспорта / М.В. Графкина, А.В. Азаров, Д.Р. Добринский и др. // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12, № 4(103). – С. 373–380.
6. Инженерная экология и экологический менеджмент: учебник / М.В. Буторина и др.; под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадиной. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Логос, 2004. – 518 с.
7. Калинина Н.Е., Мартынова Е.В. О необходимости мониторинга концентрации частиц пыли в спортивных помещениях // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса: сб. тр. междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч., Волгоград, 1–2 декабря 2020 г. / Волгоград. гос. техн. ун-т. – Волгоград, 2020. – С. 66–72.
8. Макаров В.Н., Торговкин Н.В. Взвешенные вещества в атмосфере Якутска: происхождение, геохимия, воздействие на здоровье // Наука и техника в Якутии. – 2021. – № 1 (40). – С. 21–26.
9. Аташева А.А. Ассоциация неблагоприятной эпидемиологической ситуации, связанной с воздействием загрязняющих веществ в воздухе на здоровье детей (обзор литературы) // Система знаний: образовательные инициативы и развитие творческого потенциала современной науки: сб. науч. тр. – Казань: ООО «СитИвент», 2021. – С. 186–193.
10. Fine Dust Creation during Hardwood Machine Sanding / M. Pedzik, T. Rogozinski, J. Majka [et al.] // Applied Sciences. – 2021. – № 11, iss. 14. DOI: 10.3390/app11146602
11. Актуальность определения взвешенных веществ в атмосферном воздухе / Т.С. Уланова, М.В. Антипова, Е.А. Сухих и др. // Анализ риска здоровью – 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с междунар. встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2021: материалы XI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием: в 2 т., Пермь, 18–20 мая 2021 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. – С. 326–331.
12. Копытченкова О.И., Леванчук А.В., Турсунов З.Ш. Оценка риска для здоровья при воздействии мелкодисперсной пыли в производственных условиях // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 8. – С. 458–462.
13. Сидякин П.А., Белая Е.Н. Воздействие транспортной инфраструктуры на экологическое состояние городов-курортов кавказских минеральных вод // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2017. – № 1 (17). – С. 61–73.
14. Котлов В.Е., Сергеева Е.А., Пуринг С.М. Стадии и методы очистки от мелкодисперсных твердых частиц производственной пыли // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии: сб. ст. 78-й Всерос. науч.-техн. конф., Самара, 19–23 апреля 2021 г. / под ред. М.В. Шувалова, А.А. Пишулева, А.К. Стрелкова. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2021. – С. 752–757.
15. Влияние твердых взвешенных частиц атмосферного воздуха населенных пунктов на здоровье человека / А.С. Холодов, К.Ю. Кириченко, К.С. Задорнов и др. // Вестник КамчатГТУ. – 2019. – № 49. – С. 81–88.
16. Трофименко Ю.В., Чижова В.С. Оценка загрязнения воздуха аэрозольными частицами менее 10 мкм от транспортных потоков на городских автомагистралях // Экология и промышленность России. – 2012. – № 9. – С. 41–45.

References

1. Dolgushina N.A., Kuvshinova I.A. Otsenka zagriazneniia atmosfernogo vozdukha promyshlennykh gorodov Cheliabinskoi oblasti i nekantserogennykh riskov zdorov'iu naseleniia [Air pollution and non-cancerogenic risk assessment in industrial cities of Chelyabinsk region]. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*, 2019, vol. 26, no. 6, pp. 17–22.

2. Javed W., Guo B. Performance evaluation of real-time DustTrak monitors for outdoor particulate mass measurements in a desert environment. *Aerosol Air Quality Research*, 2021, vol. 21, iss. 6, available at: <https://aaqr.org/articles/aaqr-20-11-sc-0631.pdf> (accessed 15 February 2022). DOI: 10.4209/aaqr.200631.

3. Shubham Gupta, Pramod Soni, Ankush Kumar Gupta. Optimization of WD-XRF analytical technique to measure elemental abundance in PM_{2.5}. *Atmospheric Pollution Research*, 2021, vol. 12, iss. 3, pp. 345-351. DOI: 10.1016/j.apr.2021.01.001.

4. Inyong Park, Hongsuk Kim, Seokhwan Lee. Characteristics of tire wear particles generated in a laboratory simulation of tire/road contact conditions. *Aerosol Science*, 2018, vol. 124, pp. 30-40. DOI: 10.1016/j.jaerosci.2018.07.005.

5. Grafkina M.V., Azarov A.V., Dobrinskii D.R. et al. K voprosu kontrolya i normirovaniya vybrosov melkкодисперсной пыли в атмосферный воздух при движении автотранспорта [On the issue of control and regulation of fine dust emissions into the atmospheric air during the movement of motor vehicles]. *Vestnik MGSU (Monthly Journal on Construction and Architecture)*, 2017, vol. 12, no. 4(103), pp. 373-380.

6. Butorina M.V. et al. Inzhenernaya ekologiya i ekologicheskii menedzhment [Engineering ecology and environmental management]. 2nd ed. Eds. N.I. Ivanova, I.M. Fadina. Moscow, Logos, 2004, 518 p.

7. Kalinina N.E., Martynova E.V. O neobходимosti monitoringa koncentracii chastic пыли в спортивных помещениях [On the need to monitor the concentration of dust particles in sports facilities]. *Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya stroitel'nogo kompleksa. Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii*. Volgograd, 01-02 December, Volgogradskiy gosudarstvennyy tekhnicheskij universitet, 2020, pp. 66-72.

8. Makarov V.N., Torgovkin N.V. Vzveshennyye veshhestva v atmosfere Yakutsk: proishozhdenie, geohimija, vozdeystvie na zdorov'e [Particulate matter in the atmosphere of Yakutsk: origin, geochemistry, health effects]. *Nauka i tekhnika v Jakutii*, 2021, no. 1(40), pp. 21-26.

9. Atasheva, A.A. Associatsiya neblagopriyatnoy jepidemiologicheskoy situatsii, svyazannoy s vozdeystviem zagryaznjajushhih veshhestv v vozduhe na zdorov'e detej (obzor literatury) [Association of the unfavorable epidemiological situation associated with the impact of air pollutants on the health of children (literature review)]. *Sistema znaniy: obrazovatel'nye iniciativy i razvitie tvorcheskogo potentsiala sovremennoj nauki. Sbornik nauchnyh trudov*. Kazan, SitIvent, 2021, pp. 186-193.

10. Pedzik M., Rogozinski T., Majka J. et al. Fine dust creation during hardwood machine sanding. *Applied Sciences*, 2021, no.11, iss.14. DOI: 10.3390/app11146602.

11. T.S. Ulanova, M.V. Antipeva, E.A. Sukhikh et al. Aktual'nost' opredelenija vzveshennyh veshhestv v atmosfernom vozduhe [Relevance of determination of particulate matter in atmospheric air]. *Health Risk Analysis-2021. Vneshnesredovye, social'nye, medicinskie i povedencheskie aspekty. sovmestno s mezhdunarodnoy vstrechej po okruzhajushhej srede i zdorov'ju rise-2021. Materialy XI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem*. Perm, 18-20 May, Permskij nacional'nyj issledovatel'skij politehnicheskij universitet, 2021, pp. 326-331.

12. Kopytenkova O.I., Levanchuk A.V., Tursunov Z.S. Otsenka riska dlja zdorov'ia pri vozdeystvii melkкодисперсной пыли в производственных условиях [Health risk assessment for exposure to fine dust in production conditions]. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*, 2019, vol. 8, pp. 458-462.

13. Sidjakin P.A., Belaja E.N. Vozdeystvie transportnoj infrastruktury na jekologicheskoe sostojanie gorodov-kurortov kavkazskih mineral'nyh vod [The influence of transport infrastructure on the ecological state of the resort towns of the Caucasian mineral waters]. *Biosphere compatibility, people, region, technology*, 2017, no. 1(17), pp. 61-73.

14. Kotlov V.E., Sergeeva E.A., Puring S.M. Stadii i metody ochistki ot melkкодисперсных tverdyh chastic proizvodstvennoj пыли [Stages and methods of cleaning from fine particles of industrial dust]. *Tradicii i innovatsii v stroitel'stve i arhitekture. Stroitel'stvo i stroitel'nye tehnologii. Sbornik statej 78-oj vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii*. Samara, 19-23 April, Samarskij gosudarstvennyy tekhnicheskij universitet, 2021, pp. 752-757.

15. A.S. Kholodov, K.Iu. Kirichenko, K.S. Zadornov et al. Vliianie tverdykh vzveshennykh chastits atmosfernogo vozdukhа naseleennykh punktov na zdorov'e cheloveka [Influence of particulate matter of atmospheric air in settlements on human health]. *Bulletin of Kamchatka State Technical University*, 2019, no. 49, pp. 81-88.

16. Trofimenko Yu.V., Chizhova V.S. Otsenka zagryazneniya vozdukha aerazol'nymi chastitsami meneye 10 mkm ot transportnykh potokov na gorodskikh avtomagistralyakh [Estimation of Air Pollution by Aerosol Particles with Size Less than 10 μm from Urban Highway Traffic]. *Ecology and Industry of Russia*, 2012, no. 9, pp. 41–45.

T. Ulanova, M. Antipeva, E. Sukhikh, A. Krylov

ANALYSIS OF FINE DUST FRACTIONS IN THE ATMOSPHERIC AIR NEAR HIGHWAYS AND INTERSECTIONS OF A LARGE INDUSTRIAL CENTER

The development of industry, new types of production, the construction industry often negatively affects the quality of habitat objects. In large industrial centers, one of the main sources of pollutant formation is road transport. Vehicle emissions include components such as CO, SO₂, NO₂ and particulate matter TSP, PM_{2,5}, PM₁₀. Automobile emissions containing fine particles worsen the quality of atmospheric air and adversely affect public health.

Measurement of the concentrations of particulate matter of fine fractions in the atmospheric air near roads and large intersections is an urgent environmental problem.

A study to determine fine fractions was conducted in a large industrial center from May to September 2021.

Measurements were taken with the DustTrak Model 8533 aerosol analyzer. The instrument measures fine particle fractions in real time. This makes it possible to conduct a prompt assessment of the atmospheric air at a given moment in a certain area.

Instrumental measurements of mass concentrations of particulate matter TSP, PM_{2,5}, PM₁₀ in the atmospheric air of a large industrial center were carried out. The flow of fine particles was analyzed not only from the exhaust gases of vehicles, but also from the type of road surface. The effect on changes in the concentrations of particulate matter in the atmospheric air, located near the studied point of construction work, was revealed. It is noted that under conditions of heavy traffic of vehicles, the amount of fine particles emitted into the atmospheric air is higher than under conditions of traffic congestion.

Summarizing the data obtained, it should be noted that the mass concentrations of particulate matter TSP, PM_{2,5}, PM₁₀ did not exceed the hygienic standards in the atmospheric air, but had values higher than at the control point.

Keywords: fine particles, TSP, PM_{2,5}, PM₁₀, atmospheric air, vehicle emissions, road surface.

Уланова Татьяна Сергеевна (Пермь, Россия) – доктор биологических наук, заведующий отделом «Химико-аналитические методы исследования», Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения (Пермь, 614045, ул. Монастырская, 82, e-mail: ulanova@fcrisk.ru).

Антипьева Марина Владимировна (Пермь, Россия) – заведующий лабораторией «Методы анализа наноматериалов и мелкодисперсных частиц», Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения (Пермь, 614045, ул. Монастырская, 82, e-mail: amv@fcrisk.ru).

Сухих Екатерина Александровна (Пермь, Россия) – младший научный сотрудник лаборатории «Методы анализа наноматериалов и мелкодисперсных частиц», Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения (Пермь, 614045, ул. Монастырская, 82, e-mail: suhikh@fcrisk.ru).

Крылов Алексей Александрович (Пермь, Россия) – младший научный сотрудник лаборатории «Методы анализа наноматериалов и мелкодисперсных частиц», Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения (Пермь, 614045, ул. Монастырская, 82, e-mail: krylov@fcrisk.ru).

Tatyana Ulanova (Perm, Russian Federation) – Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Chemical and Analytical Research Methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies (82, Monastyrskaya str., 614045, Perm, e-mail: ulanova@fcrisk.ru).

Marina Antipeva (Perm, Russian Federation) – Head of the Laboratory of Methods for the Analysis of Nanomaterials and Fine Particles, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies (82, Monastyrskaya str., 614045, Perm, e-mail: amv@fcrisk.ru).

Ekaterina Sukhikh (Perm, Russian Federation) – Junior Researcher of the Laboratory of Methods for the Analysis of Nanomaterials and Fine Particles, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies (82, Monastyrskaya str., 614045, Perm, e-mail: suhikh@fcrisk.ru).

Aleksey Krylov (Perm, Russian Federation) – Junior Researcher of the Laboratory of Methods for the Analysis of Nanomaterials and Fine Particles, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies (82, Monastyrskaya str., 614045, Perm, e-mail: krylov@fcrisk.ru).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов равноценен.

Поступила: 14.03.2022

Одобрена: 11.04.2022

Принята к публикации: 30.08.2022

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Анализ мелкодисперсных фракций пыли в атмосферном воздухе вблизи транспортных развязок крупного промышленного центра / Т.С. Уланова, М.В. Антипьева, Е.А. Сухих, А.А. Крылов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2022. – № 2. – С. 45–54. DOI: 10.15593/2409-5125/2022.02.05

Please cite this article in English as: Ulanova T., Antipeva M., Sukhikh E., Krylov A. Analysis of fine dust fractions in the atmospheric air near highways and intersections of a large industrial center. *PNRPU Bulletin. Applied ecology. Urban development*, 2022, no. 2, pp. 45-54. DOI: 10.15593/2409-5125/2022.02.05