

Строитель Донбасса. 2025. Выпуск 2-2025 С. 94-100. ISSN 2617–1848 (print)

The Builder of Donbass. 2025. Issue 2-2025. P. 94-100. ISSN 2617–1848 (print)

Научная статья

УДК 504.3.054

doi: 10.71536/sd.2025.2c31.13

СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ОБЪЕКТОВ ТОЧЕЧНОЙ ЗАСТРОЙКИ ПРИ БЛАГОУСТРОЙСТВЕ ТЕРРИТОРИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРОТУАРНОЙ ПЛИТКИ ИЗ ПЕРЕРАБОТАННОГО ПОЛИМЕРА

Арам Арамаисович Овсепян¹, Светлана Евгеньевна Манжилевская²,
Дмитрий Рафаэлович Маилян³, Никита Сергеевич Бакин⁴

^{1,4}Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

^{2,3}Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

¹aram.barca@mail.ru, ²smanzhilevskaya@yandex.ru, ³dmailyan868@mail.ru, ⁴kafedra_bgd@vgasu.ru

Аннотация. Покрытие дорожек и площадок играет ключевую роль в формировании комфортной и безопасной городской среды при благоустройстве территории точечной застройки. Эти элементы ландшафтного дизайна не только обеспечивают функциональность и удобство передвижения, но и значительно влияют на эстетическое восприятие городской территории. В условиях стремительной урбанизации, когда население городов продолжает расти и возрастает число объектов точечного строительства, важно уделять внимание не только развитию инфраструктуры, но и качеству жизни горожан. Несмотря на все положительные аспекты, во время выполнения работ по устройству покрытий тротуаров и площадок, выделяется огромное количество мелкодисперсной пыли.

В статье приводятся результаты исследования пылевых выбросов при работах по благоустройству, связанных с устройством покрытия на объекте точечной застройки. Предлагается к внедрению в процесс благоустройства новый, экологичный материал, минимизирующий выделение мелкодисперсной пыли в атмосферный воздух городской среды.

Применение экологических покрытий способствует улучшению качества атмосферного воздуха городских территорий, доступности общественных пространств, повышают общую привлекательность населенных пунктов.

Ключевые слова: пыль, окружающая среда, тротуарная плитка, максимально разовая концентрация, качество атмосферного воздуха, демонтаж, укладка тротуарной плитки, пылевыведение

Original article

REDUCING THE NEGATIVE ENVIRONMENTAL IMPACT OF RESIDENTIAL BUILDINGS DURING LANDSCAPING USING RECYCLED POLYMER PAVING SLABS

Aram A. Ovsepyan¹, Svetlana E. Manzhilevskaya², Dmitrii R. Mailyan³, Nikita S. Bakin⁴

^{1,4}Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

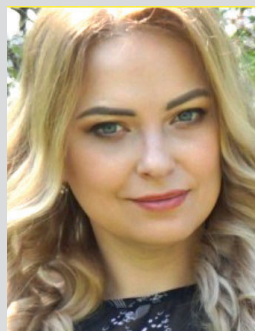
^{2,3}Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

¹aram.barca@mail.ru, ²smanzhilevskaya@yandex.ru, ³dmailyan868@mail.ru, ⁴kafedra_bgd@vgasu.ru

© Овсепян А. А., Манжилевская С. Е., Маилян Д. Р., Бакин Н. С., 2025



**Овсенян
Арам Арамаисович**



**Манжилевская
Светлана Евгеньевна**



**Маилян
Дмитрий Рафаэлович**



**Бакин
Никита Сергеевич**

Abstract. The covering of paths and playgrounds plays a key role in the formation of a comfortable and safe urban environment in the landscaping of residential buildings. These elements of landscape design not only provide functionality and ease of movement, but also significantly affect the aesthetic perception of the urban area. In conditions of rapid urbanization, when the population of cities continues to grow and the number of point-of-construction facilities increases, it is important to pay attention not only to infrastructure development, but also to the quality of life of citizens. Despite all the positive aspects, during the work on paving sidewalks and playgrounds, a huge amount of fine dust is released.

The article presents the results of a research of dust emissions during landscaping related to the installation of a coating on a point development site. It is proposed to introduce a new, environmentally friendly material into the landscaping process, minimizing the release of fine dust into the atmospheric air of the urban environment. The use of eco-friendly coatings helps to improve the quality of atmospheric air in urban areas, accessibility of public spaces, and increase the overall attractiveness of settlements.

Keywords: dust, environment, paving slabs, maximum single concentration, atmospheric air quality, dismantling, paving slabs, dust release

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В городах России, где ожидается, что к 2050 году будет жить примерно 84 % населения страны, интенсивное строительство усиливает экологические проблемы, в частности, увеличивает уровень пыли в воздухе. Это ухудшает качество воздуха в городах, что подчеркивается в ряде исследований [1, 2]. С учетом быстро растущего числа городских жителей и активной урбанизации, существует необходимость в разработке и внедрении эффективных решений для снижения выбросов строительной пыли в атмосферу городов [3, 4].

Покрытие дорожек и площадок играет ключевую роль в формировании комфортной и экологически безопасной городской среды [5]. Эти элементы ландшафтного дизайна не только обеспечивают функциональность и удобство передвижения, но и значительно влияют на эстетическое восприятие территории. Правильно спроектиро-

ванные и качественно выполненные покрытия способствуют улучшению доступности общественных пространств, создают условия для активного отдыха и общения, а также повышают общую привлекательность населенных пунктов [6].

Существует множество типов покрытий, каждый из которых имеет свои особенности, преимущества и недостатки [7]. Выбор материала должен зависеть от назначения пространства, климатических условий городской территории, а также от эстетических предпочтений. Кроме того, современные тенденции застройки городских территорий акцентируют внимание на экологичности и устойчивости используемых материалов, что делает вопрос выбора покрытия особенно актуальным [8].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В ходе строительных процессов по благоустройству территории возникает проблема пылеобразования [9]. Действия, включающие уборку мусора, озеленение, демонтажные работы, укладку тротуарной плитки, особенно ведут к выделению пыли, размерами PM2.5 и PM10. Это не только усложняет условия труда на стройплощадках, но и ухудшает качество жизни местных жителей, проживающих рядом с местами проведения строительных работ [10].

В 2017 году исследователи во главе с Цзянь Цзо установили, что стройплощадки активно способствуют образованию пыли из-за различных строительных операций [11]. Среди основных источников пыли – демонтажные работы, уборка мусора, а также загрузка и выгрузка сыпучих материалов. Китайский ученый Чжоу Г. подтверждает, что пыль, возникающая в ходе этих процессов, оказывает воздействие как на строителей, так и на жителей городских территорий [12]. Специалисты из Китая под руководством Гоуу Тао определили основные методы контроля за загрязнением воздуха пылью на городских строительных площадках [13].

Исследования Евтушенко А. И., Калужиной Е. А., Мензелинцевой Н. В., Азарова В. Н. выявили серьезные вопросы, связанные с выделением пыли в процессе строительства, которые влияют на качество воздуха и здоровье населения, находящегося рядом со строительными площадками в России [14-17].

Учитывая рост населения в городах и мегаполисах, актуальность защиты окружающей среды и здоровья людей в условиях плотной застройки становится всё более значимой. Особенно важно минимизировать количество выбросов взвешенных частиц при благоустройстве территорий объектов строительства, реконструкции, городских пространств для повышения экологической безопасности воздушной среды городов путем внедрения в строительные процессы применения экологичных материалов, которые смогут решить как экологические, так и эстетические задачи.

Цель данного исследования — оценка пылевого загрязнения при выполнении работ по благоустройству территории в процессе точечной застройки и определение эффективности применения тротуарной плитки из переработанного полимера с целью снижения негативного воздействия пылевых выбросов при ее укладке.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

Укладка тротуарной плитки — это процесс, который требует тщательной подготовки и соблюдения определенных технологий для обеспечения долговечности и эстетики покрытия. Процесс создания основы для дорожки или площадки начинается с тщательной очистки зоны от лишней растительности и мусора, а также с удаления старых покрытий. Затем следует этап разметки, который включает в себя установку колышков и протягивание между ними нити для определения контуров будущего покрытия. Далее проводится выкапывание почвы на глубину от 15 до 20 см, что зависит от выбранного типа плитки и предполагаемой нагрузки на покрытие. Второй этап включает обустройство основания, начиная с насыпания слоя песка или мелкого щебня толщиной примерно 10-15 см, что способствует лучшему дренажу и устойчивости покрытия. Завершающий шаг — это уплотнение получившейся подушки с помощью виброплиты или подобного оборудования, что необходимо для предотвращения будущего проседания покрытия.

В процессе укладки тротуарной плитки первым шагом является подготовка основания, на которое равномерно распределяется слой чистого среднезернистого песка толщиной от 3 до 5 см. При укладке плитки следует начать с угла или края, выбрав метод укладки, например, диагональный или шахматный.

Важно обеспечить между плитками небольшие зазоры, обычно в пределах 3-5 мм, для формирования швов. Для точной и ровной укладки каждой плитки может потребоваться использование резинового молотка. Для обеспечения точного соответствия узору и завершения мощения необходимо срезать края тротуарной плитки, особенно в сложных участках. Для заполнения швов между плитами используется сухой песок после того, как плитка будет уложена. Это укрепляет положение плиток и повышает эстетическую привлекательность.

Главным фактором, вызывающим пылевыделение является подрезка тротуарной плитки. Тротуарная плитка, которая используется в данный момент на строительной площадке, выполнена из вибропрессованного бетона, а бетон славится огромным количеством пылевыделения во время демонтажа или попытки разрезания его специализированной техникой. Срезы осуществляются угловой шлифовальной машиной (УШМ), или в простонародье «Болгарка», со специальным алмазным диском, рисунок 1.



Рис. 1. Работа угловой шлифовальной машиной

Данный вид работы сопровождается пылевыделением, так, например, при демонтаже запыленность в воздушной среде увеличивается на 50-80 %, при укладке тротуарной плитки — на 10-25 %, уборке территории сухим способом с использованием специальной техники — на 25-35 %, что представлено на рисунке 2.

В качестве критерия оценки качества атмосферного воздуха были определены санитарно-гигиенические нормативы мелкодисперсной пыли. Отбор проб проводился с помощью ручного счётчика частиц HANDHELD 3016 IAQ в режиме реального времени (с ежеминутной детекцией). Время отбора проб и период усреднения при определении максимальных разовых концентраций составляло 20 мин, каждую минуту фиксировались единичные значения. Прибор размещался на высоте 1,5 м (табл. 1).

Таблица 1.

Концентрация частиц PM10 и PM2,5 при работах по благоустройству территории

Источник пылевыделения	Концентрация мг/м ³		Нормативы содержания взвешенных частиц, ПДК _{м.р.} , мг/м ³	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
Уборка мусора	0.18	0.07	0.3	0.16
Очистка и озеленение	0.15	0.09		
Демонтажные работы	0.24	0.11		
Укладка тротуарной плитки	0.33	0.13		



Рис. 2. Диаграммы запыленности PM2.5 и PM10 воздуха городской среды во время работ по благоустройству, в том числе укладки тротуарной плитки

На рисунке 3 представлена микрофотография образцов пыли, отобранной при производстве работ по укладке тротуарной пыли.

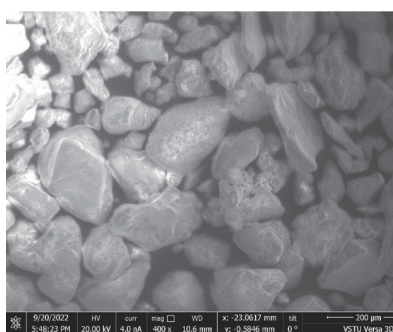


Рис. 3. Микрофотография образцов пыли, отобранной на территории по укладке тротуарной плитки

Проведенные исследования показали, что наибольшее количество пыли выделяется при работах по укладке тротуарной плитки. Полученные данные свидетельствуют о том, что содержание частиц PM10 в атмосфере составляет от 100 %. и на долю частиц PM2.5 – от 5 до 48 % от общей массы, рисунок 4.

Также можем сделать вывод на основе всех полученных данных о концентрации мелкодисперсных частиц PM10 и PM2.5 (рисунки 5 и 6).

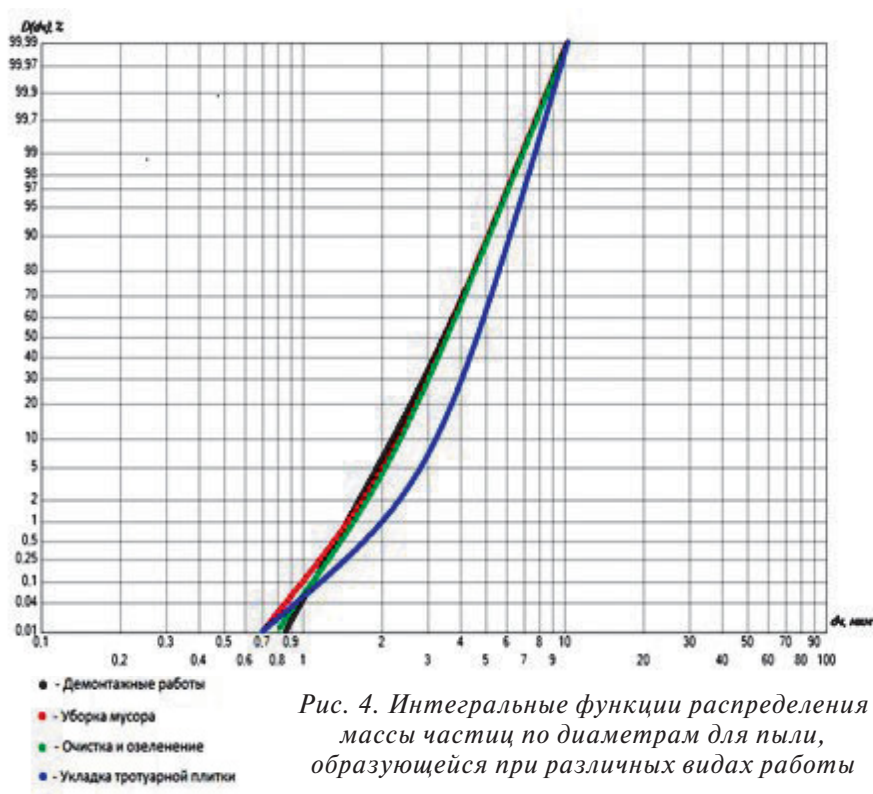


Рис. 4. Интегральные функции распределения массы частиц по диаметрам для пыли, образующейся при различных видах работы

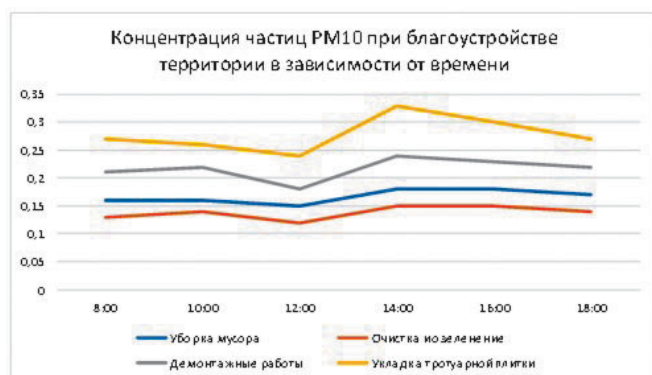


Рис. 5. Зависимость концентрации пыли PM10 по времени, образующейся при различных видах работ по благоустройству территории точечной застройки

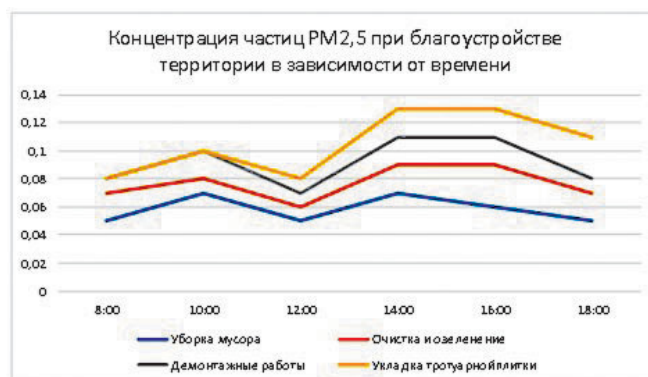


Рис. 6. Зависимость концентрации пыли PM2.5 по времени, образующейся при различных видах работ по благоустройству территории точечной застройки

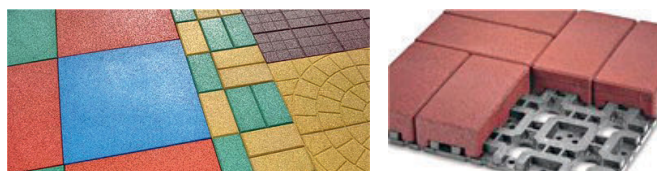


Рис. 7. Пример готовой тротуарной плитки из переработанного материала полимер

Современное решение процесса пылевыведения от плиточного мощения – применение тротуарной плитки и бортовых ограждений из переработанного полимера.

Тротуарная плитка из переработанного полимера – это инновационное решение в области благоустройства и устойчивого развития. Она изготавливается из переработанных пластиковых отходов, что помогает уменьшить количество пылевыведения в процессе работ по устройству монтажа и демонтажа, а также способствует более эффективно-му использованию ресурсов, рисунок 7.

Во время испытаний эко-плитки на излом, разрез, были произведены замеры концентрации PM2.5 и PM10.

Таблица 2.

Концентрация частиц PM10 и PM2.5 при работах с эко-плиткой

Источник пылевыведения	Концентрация мг/м³		Нормативы содержания взвешенных частиц, ПДК _{м.р.} , мг/м³	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
Демонтаж	0,07	0,03	0.3	0.16
Подрезка тротуарной плитки	0,11	0,06		
Укладка тротуарной плитки	0,18	0,05		

ВЫВОДЫ

По результатам измерений наблюдается снижение концентрации пыли в ходе строительных работ, связанных с применением материалов из переработанного полимера. Основной причиной снижения уровня концентрации пыли является отсутствие цемента в полимер-песчаных изделиях. При механической обработке бетона (например, шлифовка, резка) выделяется пыль, содержащая как цементные частицы, так и другие компоненты. Снижение концентрации PM10 и PM2.5 происходит в среднем на 50 %.

Производство тротуарной плитки из переработанного полимера только начинает покорять российский рынок, но проведенные эксперименты с резкой, демонтажом и укладкой плитки из переработанного полимера доказывают экологическую и экономическую эффективность ее применения в работах по благоустройству объектов точечной застройки на городских территориях, в связи с долговечностью и устойчивостью к внешним воздействиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kaja N., Stuti G. Impact of construction activities on environment // *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*. 2023. Vol. 10, issue 1. Pp. 17-24. DOI:10.29121/ijetmr.v10.i1.2023.1277.

2. Манжилевская, С. Е. Влияние мелкодисперсной пыли на окружающую среду при локальном строитель-

стве // *Строительство и реконструкция*. 2020. N 6. С. 86-99. URL: https://oreluniver.ru/public/file/archive/sir_2073-7416-2020-92-6-86-98.pdf (дата обращения: 28.04.2025). ISSN 2073-7416. DOI: 10.33979/2073-7416-2020-92-6-86-98.

3. Петренко, Л. К., Манжилевская, С. Е., Тутаев, А. А., Тимошенко, Е. В. Организация мероприятий по охране атмосферного воздуха на строительных площадках от воздействия мелкодисперсной пыли // *Инженерный вестник Дона*. 2019. N 1. С. 167. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_135_Petrenko_ucnp.pdf_1ef3342139.pdf (дата обращения: 28.04.2025). ISSN 2073-8633.

4. Манжилевская, С. Е. Экологический мониторинг экологической безопасности в зонах строительства, реконструкции и функционирования объектов // *Строительные материалы и изделия*. 2019. N. 2. С. 78-84. URL: <https://bstu-journals.ru/wp-content/uploads/2019/07/manzhilevskaja.pdf> (дата обращения: 28.04.2025). E-ISSN 2618-7183. DOI: 10.34031/2618-7183-2019-2-3-78-84.

5. Han S.-W. Modification of Hybrid Receptor Model for Atmospheric Fine Particles (PM2.5) in 2020 Daejeon, Korea, Using an ACERWT Model. *Atmosphere*. 2024. Vol. 15. 477. DOI: 10.3390/atmos15040477.

6. Азаров, В. Н., Кузьмичев, А. А., Николенко, Д. А., Васильев, А. Н., Козловцева, Е. Ю. Исследование дисперсного состава пыли городской среды // *Вестник МГСУ*. 2020. N 15. С. 432–442. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42665447_43310220.pdf (дата обращения: 28.04.2025). ISSN 1997-0935. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.3.432-442.

7. Сумеркин, Ю. А., Теличенко, В. И., Оценка экологической безопасности придомовых территорий жилых районов // *Промышленное и гражданское строительство*. 2017. N 6. С. 75-79. URL: <http://www.pgs1923.ru/ru/index.php/04/04/02/02/index.php?m=4&y=2017&v=06&p=13> (дата обращения: 28.04.2025). ISSN 0869-7019.

8. Ахмедова, О. О., Лясин, Р. А., Азаров, В. Н. Анализ систем мониторинга качества воздуха, созданных на базе недорогих сенсорных датчиков // *Строитель Донбасса*. 2024. N 4. С. 80-87. URL: https://donnasa.ru/publish_house/journals/sd/2024-4/11_akhmedova_lyasin_azarov.pdf (дата обращения: 28.04.2025). ISSN: 2617-1848. DOI:10.71536/sd.2024.4c29.11.

9. Azarov V.N., Trokhimchyk M.K., Sidelnikova O.E., Research of dust content in the earthworks working area. *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 150. Pp. 2008-2012. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.282.

10. Cui Tianxin. Development of Dust Monitoring in Urban Construction Sites and Suggestions on Dust Control. *Journal of Innovation and Development*. 2023. Vol. 2. Pp. 18-21. DOI:10.54097/jid.v2i2.5904.

11. Zuo J. Dust pollution control on construction sites: Awareness and self-responsibility of managers. *J. Clean. Prod.* 2017. Vol. 166. Pp. 312-320. DOI:10.1016/j.jclepro.2017.08.027.

12. Zhou G., Liu Z., Shao W., Sun B., Li L., Liu J., Li G. Study on the Effects of Dust Particle Size and Respiratory Intensity on the Pattern of Respiratory Particle Deposition in Humans. *Indoor Air*. 2024. Vol. 1. DOI:10.1155/2024/5025616.

13. Tao G. *Reducing Construction Dust Pollution by Planning Construction Site Layout*. Buildings. 2022. Vol. 12. Pp. 531. DOI:10.3390/buildings12050531.
14. Meskhi B. Ch., Evtushenko A. I., Azarov V. N., Zhukova N. *Comprehensive assessment of the dust environment at the construction industry enterprises*. E3S Web of Conferences: IV International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development". 2021. Vol. 281. Pp. 09024. DOI 10.1051/e3sconf/202128109024.
15. Стреляева, А. Б., Калюжина, Е. А. *Экологическая безопасность при проведении земляных и строительно-отделочных работ* // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. N 50. С. 321-329. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_32321732_47879159.pdf (дата обращения: 28.04.2025). ISSN 1815-4360.
16. Kuzmichev A. A., Azarov V. N., Kuzmichev A. V. *The study of the particulate matter's adhesion regularities on the vertical buildings' and structures' surfaces*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development". 2020. Vol. 913. 032043. DOI 10.1088/1757-899X/913/3/032043.
17. Menzelintseva N.V., Karapuzova N.Y., Mikhailovskaya Y.S., Redhwan A.M. *Efficiency of standards compliance for PM(10) and PM(2,5)*. International Review of Civil Engineering. 2016. Vol. 7, issue 6. Pp. 1-8. DOI:10.15866/irece.v7i6.9750.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Овсепян Арам Арамаисович — аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве Волгоградского государственного технического университета, Волгоград, Россия. Научные интересы: совершенствование системы защиты атмосферного воздуха в городской среде от пылевого загрязнения.

Манжильевская Светлана Евгеньевна — кандидат технических наук, доцент кафедры организации строительства Донского государственного технического университета, Ростов-на-Дону, Россия. Научные интересы: совершенствование системы защиты атмосферного воздуха при точечном строительстве в городской среде от пылевого загрязнения.

Маилян Дмитрий Рафаэлович — доктор технических наук, заведующий кафедрой железобетонных и каменных конструкций Донского государственного технического университета, Ростов-на-Дону, Россия. Член-корреспондент Российской Академии естественных наук, «Почетный строитель РФ» и «Почетный работник высшего профессионального образования РФ». Научные интересы: развитие общей методики повышения экологической безопасности в строительной деятельности.

Бакин Никита Сергеевич — аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве Волгоградского государственного технического университета, Волгоград, Россия. Научные интересы: совершенствование системы защиты атмосферного воздуха в городской среде от пылевого загрязнения.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Ovsepyan Aram A. — postgraduate student of the Department of Life Safety in Construction and Urban Economy, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia. Scientific interests: improvement of the atmospheric air protection system in the urban environment from dust pollution.

Manzhilevskaya Svetlana E. — Ph.D. Sc. (Eng.), Associate professor of Construction Management Department, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia. Scientific interests: improvement of the atmospheric air protection system for point-pattern construction in the urban environment from dust pollution.

Mailyan Dmitrii R. — D. Sc. (Eng.), Head of the Concrete Constructions and Structures Department, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia. Corresponding member of Academy of building sciences of Russia, Honorary Builder of the Russian Federation and Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation. Scientific interests: development of a general methodology for improving environmental safety in construction activities.

Bakin Nikita S. — postgraduate student of the Department of Life Safety in Construction and Urban Economy, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia. Scientific interests: improvement of the atmospheric air protection system in the urban environment from dust pollution.

REFERENCES

1. Kaja N., Stuti G. (2023), "Impact of construction activities on environment", *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, vol. 10, issue 1, pp. 17-24, DOI:10.29121/ijetmr.v10.i1.2023.1277.
2. Manzhikevskaya S.E. (2020), *Vliyanie melkodispersnoj pyli na okruzhayushchuyu sredu pri lokal'nom stroitel'stve [Impact of fine dust on the environment in local construction]*, *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*, vol. 6, pp. 86-99, available at: https://oreluniver.ru/public/file/archive/sir_2073-7416-2020-92-6-86-98.pdf (Accessed 28 April 2025), ISSN 2073-7416, DOI: 10.33979/2073-7416-2020-92-6-86-98.
3. Petrenko L.K., Manzhilevskaya S.E., Tutaev A. A., Timoshenko E. V. (2019), *Organizaciya meropriyatij po ohrane atmosfernogo vozduha na stroitel'nyh ploshchadkah ot vozdejstviya melkodispersnoj pyli [Organization of measures for the protection of atmospheric air at construction sites from the impact of fine dust]*, *Inzhenernyj vestnik Dona*, vol. 1, p. 167. available at: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_135_Petrenko_ucnp.pdf_1ef3342139.pdf (Accessed 28 April 2025), ISSN 2073-8633.
4. Manzhikevskaya S.E. (2019), *Ekologicheskij monitoring ekologicheskij bezopasnosti v zonah stroitel'stva, rekonstrukcii i funkcionirovaniya ob"ektov [Environmental monitoring of ecological safety in areas of construction, reconstruction and operation of objects]*, *Stroitel'nye materialy i izdeliya*, vol. 2, pp. 78-84, available at: <https://bstu-journals.ru/wp-content/uploads/2019/07/manzhilevskaja.pdf> (Accessed 28 April 2025), E-ISSN 2618-7183, DOI: 10.34031/2618-7183-2019-2-3-78-84.
5. Han S.-W. (2024), "Modification of Hybrid Receptor Model for Atmospheric Fine Particles (PM2.5) in 2020 Daejeon,

- Korea, Using an ACERWT Model”, *Atmosphere*, vol. 15, 477, DOI: 10.3390/atmos15040477.
6. Azarov Valeriy, Kuzmichev Andrey, Nikolenko Denis, Vasilev Anatoliy, Kozlovitseva Elena. (2020), *Issledovanie dispersnogo sostava pyli gorodskoj sredy [The research of dust dispersed composition of urban environment]*, *Vestnik MGSU*, vol. 15, pp. 432–442, available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42665447_43310220.pdf (Accessed 28 April 2025), ISSN 1997-0935, DOI: 10.22227/1997-0935.2020.3.432-442.
7. Sumerkin Yu. A., Telichenko V. I. (2017), *Ocenka ekologicheskoy bezopasnosti pridoimovyh territorij zhilyh rajonov [Assessment of ecological safety of territories adjoining residential areas]*, *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, vol. 6, pp. 75–79, available at: <http://www.pgs1923.ru/ru/index.php/04/04/02/02/index.php?m=4&y=2017&v=06&p=13> (Accessed 28 April 2025), ISSN 0869-7019.
8. Akhmedova O.O., Lyasin R. A., Azarov V. N. (2024), *Analiz sistem monitoringa kachestva vozduha, sozdannyh na baze nedorogih sensoryh datchikov [Analysis of air quality monitoring systems based on low-cost sensors]*, *The Builder of Donbass*, vol. 4, pp. 80–87, available at: https://donnasa.ru/publish_house/journals/sd/2024-4/11_akhmedova_lyasin_azarov.pdf (Accessed 28 April 2025). ISSN: 2617-1848. DOI:10.71536/sd.2024.4c29.11.
9. Azarov V.N., Trokhimchyk M.K., Sidelnikova O.E. (2016), “Research of dust content in the earthworks working area”, *Procedia Engineering*, vol. 150, pp. 2008–2012, DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.282.
10. Cui Tianxin. (2023), “Development of Dust Monitoring in Urban Construction Sites and Suggestions on Dust Control”, *Journal of Innovation and Development*, vol. 2, pp. 18–21, DOI:10.54097/jid.v2i2.5904.
11. Zuo J. (2017), “Dust pollution control on construction sites: Awareness and self-responsibility of managers”, *J. Clean. Prod.*, vol. 166, pp. 312–320, DOI:10.1016/j.jclepro.2017.08.027.
12. Zhou G., Liu Z., Shao W., Sun B., Li L., Liu J., Li G. (2024), “Study on the Effects of Dust Particle Size and Respiratory Intensity on the Pattern of Respiratory Particle Deposition in Humans”, *Indoor Air*, vol. 1, DOI:10.1155/2024/5025616.
13. Tao G. (2022), “Reducing Construction Dust Pollution by Planning Construction Site Layout”, *Buildings*, vol. 12, pp. 531, DOI:10.3390/buildings12050531.
14. Meskhi B. Ch., Evtushenko A. I., Azarov V. N., Zhukova N. (2021), “Comprehensive assessment of the dust environment at the construction industry enterprises”, *E3S Web of Conferences: IV International Scientific Conference “Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development”*, vol. 281, 09024, DOI 10.1051/e3sconf/202128109024.
15. Strelyaeva A.B., Kalyuzhina E.A. (2017), *Ekologicheskaya bezopasnost' pri provedenii zemlyanyh i. stroitel'no-otdelochnykh rabot [Environmental Safety of Earthworks and Construction and Decoration Works]*. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura*, vol. 50, pp. 321–329, available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_32321732_47879159.pdf (Accessed 28 April 2025), ISSN 1815-4360.
16. Kuzmichev A. A., Azarov V. N., Kuzmichev A. V. (2020), “The study of the particulate matter's adhesion regularities on the vertical buildings' and structures' surfaces”, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development*, vol. 913, 032043, DOI 10.1088/1757-899X/913/3/032043.
17. Menzelintseva N.V, Karapuzova N.Y., Mikhailovskaya Y.S., Redhwan A.M. (2016), “Efficiency of standards compliance for PM(10) and PM(2,5)”, *International Review of Civil Engineering*, vol. 7, issue 6, pp. 1–8, DOI:10.15866/irece.v7i6.9750.

Статья поступила в редакцию 30.04.2025; одобрена после рецензирования 16.05.2025; принята к публикации 23.05.2025.

The article was submitted 30.04.2025; approved after reviewing 16.05.2025; accepted for publication 23.05.2025.