

Научная статья

УДК 625.7

<https://doi.org/10.24866/2227-6858/2024-2/119-126>

## Оценка экологического уровня воздействия объектов дорожно-строительного комплекса на этапе проектирования

Николай Игоревич Шестаков<sup>1✉</sup>, Роман Сергеевич Федюк<sup>2</sup>, Константин Львович Чертес<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Российская Федерация.

<sup>3</sup>Самарский государственный технический университет, Самара, Российская Федерация

✉ ShestakovNI@mgsu.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы разработки и апробации интегрированной методики оценки уровня воздействия объектов дорожно-строительного комплекса на различные аспекты окружающей среды. Цель исследования заключается в повышении точности прогнозирования экологических последствий при проектировании новых объектов инфраструктуры. Методы исследования включают применение математической модели, основанной на уравнении адвекции-диффузии с дополнением Гауссова распределения для оценки распространения загрязнителей. Эта модель позволяет учитывать как прямое перемещение, так и диффузное распространение загрязняющих веществ, что способствует более точному моделированию их поведения в различных условиях. Результаты исследования демонстрируют, что предложенная методика позволяет эффективно прогнозировать изменения в концентрациях загрязнителей в атмосфере на различных расстояниях от источника. Основные выводы подчеркивают, что интегрированный подход значительно улучшает качество экологической оценки воздействия строительства, предоставляя более надежные данные для принятия управленческих решений. Статья отражает применение комбинированного адвективно-диффузионного подхода с Гауссовым распределением для оценки динамики распространения загрязнителей в реальном времени и пространстве, что представляет собой значительное улучшение по сравнению с традиционными методами, фокусирующимися преимущественно на статическом анализе.

**Ключевые слова:** асфальтобетонный завод, автомобильные дороги, выбросы, биопозитивность, эмиссия, окружающая среда

**Для цитирования:** Шестаков Н.И., Федюк Р.С., Чертес К.Л. Оценка уровня воздействия объектов дорожно-строительного комплекса при проектировании // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2024. № 2(59). С. 119–126.

Original article

## Assessment of the environmental level of impact of road construction complex objects at the design stage

Nikolay I. Shestakov<sup>1✉</sup>, Roman S. Feduk<sup>2</sup>, Konstantin L. Chertes<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russian Federation

<sup>3</sup>Samara State Technical University, Samara, Russian Federation

✉ ShestakovNI@mgsu.ru

**Abstract.** The article discusses the development and validation of an integrated methodology for assessing the impact of road construction complex objects on various aspects of the environment. The research aim is to improve the accuracy of predicting environmental consequences in the design of new infrastructure projects. Research methods include the application of a mathematical model based on the advection-diffusion equation supplemented with Gaussian distribution to assess pollutant dispersion. This model allows for both direct and diffusive pollutant spread, contributing to more accurate modeling of their behavior under different conditions. The study results demonstrate that the proposed methodology effectively forecasts changes in pollutant concentrations in the atmosphere at various distances from the source. The main findings emphasize that the integrated approach significantly enhances the quality of environmental impact assessment of construction, providing more reliable data for managerial decision-making. The article reflects the application of a combined advection-diffusion approach with Gaussian distribution to assess real-time and spatial dynamics of pollutant dispersion, representing a substantial improvement over traditional methods primarily focusing on static analysis.

**Keywords:** asphalt concrete plant, highways, emissions, biopositivity, emission, environment

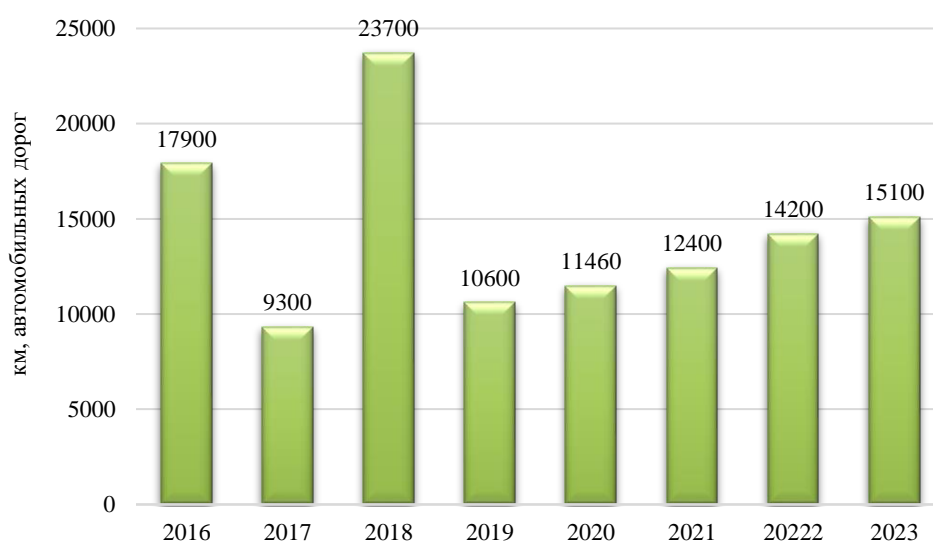
**For citation:** Shestakov N.I., Feduk R.S., Chertes K.L. Assessment of the environmental level of impact of road construction complex objects at the design stage. *FEFU: School of Engineering Bulletin*, 2024, no. 2(59), pp. 129–126. (In Russ.).

## Введение

Проектирование, строительство и эксплуатация объектов дорожно-строительного комплекса оказывают значительное воздействие на окружающую среду, нарушая её естественное состояние и функционирование. Влияние этих процессов может проявляться в виде деградации почв, загрязнения водных ресурсов, утраты биоразнообразия и ухудшения качества атмосферного воздуха. Понимание и оценка этого воздействия являются ключевыми для разработки эффективных стратегий минимизации экологических последствий и обеспечения устойчивого развития инфраструктуры.

Вместе с этим в рамках программ по развитию и модернизации автодорожной инфраструктуры [1, 2] осуществляются строительство новых дорог и реконструкция уже существующих, направленных на улучшение транспортной доступности страны в целом. Эти меры, в том числе строительство обходов вокруг крупных городов, призваны снизить транспортную нагрузку на городские дороги и улучшить транспортное обслуживание населения.

Так, согласно данным федеральной службы государственной статистики [3], общее увеличение протяженности автомобильных дорог общего пользования на федеральном, региональном и местном уровнях за последние восемь лет превысило 110 тыс. км (см. рисунок). Этот рост инфраструктуры подчеркивает необходимость углубленного анализа воздействия дорожных проектов на окружающую среду.



**Динамика объемов дорожно-строительных работ**

Dynamics of volumes of road construction work

В контексте активно развивающейся инфраструктуры и урбанизации проектные работы в дорожно-строительной отрасли приобретают особую значимость. Оценка воздействия объектов дорожно-строительного комплекса на окружающую среду, экономику и социальную сферу становится критическим аспектом в проектировании. Проблема заключается в том, что дорожное строительство может оказывать значительное негативное воздействие на природные и социальные системы, что требует комплексного анализа и разработки устойчивых инженерных решений.

В последние десятилетия акцент исследований [4–9] смещается в сторону минимизации экологического футпринта и оптимизации социально-экономических последствий. Однако большинство исследований сосредоточивается на послестроительном мониторинге или оценке воздействия уже существующих дорог, а не на интеграции экологических и социальных критериев в начале проектного процесса. В основном исследования подчеркивают необходимость ранней интеграции устойчивых практик, но детальные методики и подходы к такой интеграции остаются недостаточно разработанными.

Актуальность темы определяется возрастающими требованиями к общей экологической безопасности в дорожно-строительной отрасли на всех этапах – от проектирования до эксплуатации. Разработка новых подходов и методик оценки воздействия является ключевым элементом для устойчивого развития инфраструктуры и минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

Основная цель работы заключается в разработке интегрированной методики оценки уровня воздействия объектов дорожно-строительного комплекса на различные аспекты окружающей среды на этапе проектирования.

## Материалы и методы

В комплексном анализе воздействия дорожно-строительных проектов на окружающую среду основное место отводится систематическому определению ключевых параметров, оказывающих наиболее значимое воздействие [10]. Особое внимание в этом контексте уделяется территориально-геометрическим параметрам, позволяющим всесторонне оценить пространственные и геометрические характеристики зон, на которые распространяется воздействие объекта строительства.

Анализ влияния элементов дорожно-строительной инфраструктуры на природные компоненты [11, 12] требует применения методологии, которая учитывает множество взаимосвязанных факторов и их влияние на окружающую среду. Поэтому наиболее эффективным методом является использование дифференцированных критериев для численного определения параметров, таких как степень и продолжительность воздействия, а также специфика индуцированных изменений в природной среде.

Предложен параметр «Прогнозного радиуса воздействия на экосреду», который представляет собой количественный показатель, позволяющий оценить географические границы влияния дорожно-строительных объектов на природную среду. Для его расчета рекомендуется применение детерминированной математической модели, базирующейся на уравнении адвекции-диффузии. Данное уравнение является фундаментальным в теории переноса веществ и широко используется в экологическом моделировании для анализа распространения загрязняющих веществ в атмосферных и водных экосистемах.

Уравнение адвекции-диффузии описывает изменение концентрации вещества в пространстве и времени в результате адвективного переноса (перемещение вещества с потоком среды, например, ветром или течением) и диффузии (распространение вещества из-за броуновского движения частиц) и в общем виде:

$$\frac{dC}{dt} + \vec{u} \cdot \nabla C = D \nabla^2 C, \quad (1)$$

где  $C$  – концентрация загрязнителя;  $\vec{u}$  – скорость потока среды (например, скорость ветра);  $D$  – коэффициент диффузии;  $t$  – время.

Для уточнения используемой модели интегрируем Гауссово распределение, которое часто используется в атмосферной физике и экологии для оценки распространения загрязнителей из точечных источников.

В основе модели лежит предположение, что загрязняющее вещество распространяется в атмосфере по нормальному (Гауссовому) распределению. В одномерном случае (2) концентрация  $C$  загрязнителя на расстоянии  $x$  от источника и в момент времени  $t$  может быть выражена как:

$$C(x, t) = \frac{Q}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2(t)}} \exp\left(-\frac{(x-ut)^2}{2\sigma_x^2(t)}\right), \quad (2)$$

где  $Q$  – интенсивность источника загрязнения (например, количество выброшенной пыли в единицу времени);  $u$  — скорость ветра;  $\sigma_x(t)$  – стандартное отклонение распределения загрязнителя в направлении ветра, которое увеличивается со временем, отражая процесс диффузии.

Объединение модели адвекции-диффузии и Гауссова распределения для расчета концентрации веществ на различных расстояниях от источника загрязнения требует интеграции основных принципов обеих моделей. В этом случае можем использовать уравнение адвекции-диффузии как основу и внести в него элементы Гауссова распределения, чтобы описать распространение загрязнителя.

В интегрированной модели (3) концентрация загрязняющего вещества  $C$  в точке с координатами  $(x, y)$  и в момент времени  $t$  может быть описана следующим уравнением:

$$C(x, y, t) = \frac{Q}{2\pi\sigma_x(t)\sigma_y(t)} \exp\left(-\frac{(x-u_x t)^2}{2\sigma_x^2(t)} - \frac{(y-u_y t)^2}{2\sigma_y^2(t)}\right), \quad (3)$$

где  $Q$  – интенсивность источника загрязнения. Значение, характеризующее количество выбросов, (г/с);  $u_x$  и  $u_y$  – компоненты скорости ветра по осям  $x$  и  $y$ . Зависят от скорости и направления ветра (м/с);  $\sigma_x(t)$  и  $\sigma_y(t)$  – стандартные отклонения распределения загрязнителя в метрах, в направлениях  $x$  и  $y$ , которые увеличиваются со временем из-за диффузии.

Эта модель позволяет учитывать как адвекцию (перенос загрязнителя ветром), так и диффузию (распространение загрязнителя из-за случайного движения частиц). Она подходит для расчета концентрации загрязнителей в атмосфере при различных метеорологических условиях и характеристиках источника загрязнения.

Для учета накопительного эффекта загрязнителя в математической модели адвекции-диффузии и Гауссова распределения необходимо включить компонент, который будет отражать накопление загрязнителя во времени. В базовой модели концентрация в каждый момент времени рассчитывается независимо, без учета предыдущего накопления. Чтобы включить накопительный эффект, модель должна суммировать концентрации за все предыдущие временные интервалы.

Чтобы учесть накопительный эффект, необходимо интегрировать это уравнение по времени:

$$C_{total}(x, y, t) = \int_0^t C(x, y, t) dt, \quad (4)$$

где  $C_{total}(x, y, t)$  означает общую концентрацию загрязнителя в точке  $(x, y)$  за период времени от 0 до  $t$ . Это уравнение учитывает как мгновенные значения концентраций загрязнителей, так и их накопление со временем.

Такая модель будет отражать реальные условия распространения загрязнителей с учетом как их динамического распределения, так и накопительных эффектов.

## Результаты

В качестве объекта наибольший интерес представляет рассмотрение работы стационарного асфальтобетонного завода на примере АБЗ ДС 185 на жидком топливе. Установленные значения составляют: выбросы пыли – 0,03 г/с, скорость ветра по оси «х» 5,0 м/с, скорость

ветра по оси «у» 3,0 м/с, стандартное отклонение распределения загрязнителя – 20 м, высота источника загрязнения от поверхности – 18 м. Климатические условия приняты для Московской области, рельеф местности равнинный. Время работы АБЗ составляет 1 смену, или 8 часов. Начальные концентрации загрязнителей у источника: ЛОС – 100 мкг/м<sup>3</sup>, твердые частицы – 150 мкг/м<sup>3</sup>, NO<sub>x</sub> – 200 мкг/м<sup>3</sup>, SO<sub>x</sub> – 50 мкг/м<sup>3</sup>, CO<sub>2</sub> – 400 мкг/м<sup>3</sup>. Принято, что концентрация уменьшается на 10% каждые 10 м от источника. Уменьшение концентрации со временем – 15% каждый час.

Технологические характеристики АБЗ и полученные результаты расчетов в динамике представлены в таблицах 1–6.

Принято, что прогнозируемый радиус воздействия на экосреду определяется как отношение радиуса воздействия (на границе, где воздействие минимальное) к радиусу территории в границах санитарной зоны. Тогда получается приведенное значение в некотором индексе, который может варьировать от 0,5 до 1,0 (где воздействие не уходит дальше санитарной зоны), от 1,0 до 1,2 (где воздействие чуть дальше) и от 1,2 до 2,0 (где требуются мероприятия по снижению воздействия путем применения биопозитивных технологий).

Таблица / Table 1

**Характеристики асфальтобетонного завода**  
 Characteristics of asphalt concrete plant

Характеристика	Значение
Производительность, (тонн/час):	42–56
Габаритные размеры (ДхШхВ)	46,3х29,4х17,6
Масса замеса (тах, кг):	730
Мощность горелки (мВт):	4
Тип пылеулавливающего устройства	Рукавный сухой фильтр (циклон)

Таблица / Table 2

**Концентрации ЛОС на разных расстояниях от источника**  
 Concentrations of VOC at different distances from the source

Время работы АБЗ, час	Концентрация загрязнителей при радиусах воздействия от источника загрязнения, мг/м <sup>3</sup>				
	10 м	20 м	30 м	40 м	50 м
0,25	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06
0,5	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06
1	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06
2	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07
4	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09
8	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13

Таблица / Table 3

**Концентрация пыли (твердых частиц) на разных расстояниях от источника**  
 Concentrations of dust (solid particles) at different distances from the source

Время работы АБЗ, час	Концентрация загрязнителей при радиусах воздействия от источника загрязнения, мг/м <sup>3</sup>				
	10 м	20 м	30 м	40 м	50 м
0,25	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09
0,5	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09
1	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
2	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11
4	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13
8	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19

Таблица 4 / Table 4

**Концентрация NOx на разных расстояниях от источника**  
 NOx concentrations at different distances from the source

Время работы АБЗ, час	Концентрация загрязнителей при радиусах воздействия от источника загрязнения, мг/м <sup>3</sup>				
	10 м	20 м	30 м	40 м	50 м
0,25	0,18	0,17	0,15	0,13	0,12
0,5	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12
1	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13
2	0,22	0,20	0,18	0,16	0,14
4	0,26	0,24	0,21	0,19	0,17
8	0,39	0,35	0,31	0,28	0,25

Таблица / Table 5

**Концентрации SOx на разных расстояниях от источника**  
 SOx concentrations at different distances from the source

Время работы АБЗ, час	Концентрация загрязнителей при радиусах воздействия от источника загрязнения, мг/м <sup>3</sup>				
	10 м	20 м	30 м	40 м	50 м
0,25	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
0,5	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
1	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03
2	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
4	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04
8	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06

Таблица 6 / Table 6

**Концентрации CO2 на разных расстояниях от источника**  
 CO2 concentrations at different distances from the source

Время работы АБЗ, час	Концентрация загрязнителей при радиусах воздействия от источника загрязнения, мг/м <sup>3</sup>				
	10 м	20 м	30 м	40 м	50 м
0,25	0,37	0,33	0,30	0,27	0,24
0,5	0,38	0,34	0,31	0,28	0,25
1	0,40	0,36	0,32	0,29	0,26
2	0,44	0,39	0,35	0,32	0,29
4	0,53	0,47	0,43	0,38	0,35
8	0,77	0,69	0,63	0,56	0,51

**Обсуждение результатов**

В результате исследования были получены данные о концентрациях различных загрязнителей в атмосфере на разных расстояниях от источника загрязнения – асфальтобетонного завода. Например, концентрация твердых частиц снижалась с 0,25 мг/м<sup>3</sup> на расстоянии 10 м до 0,009 мг/м<sup>3</sup> на расстоянии 50 м за одну смену работы завода. Такие данные позволяют наблюдать закономерность, по которой концентрация загрязнителей экспоненциально уменьшается с увеличением расстояния от источника, что соответствует теоретическим предположениям о диффузном распространении загрязняющих веществ.

Анализ концентраций NOx показал, что они также снижаются с увеличением расстояния от источника: от 0,039 мг/м<sup>3</sup> на 10 м до 0,025 мг/м<sup>3</sup> на 50 м за тот же период времени. Это подтверждает эффективность предложенной модели адвекции-диффузии с Гауссовым распределением для оценки распространения загрязнителей в различных метеорологических усло-



виях. Однако следует учесть ограничения, связанные с предположениями о постоянстве условий распространения загрязнителей и учетом возможных изменений в скорости и направлении ветра, которые могут значительно влиять на распространение загрязнений. Эти факторы могут внести коррективы в точность прогнозируемых значений концентраций, особенно на больших расстояниях от источника.

### Заключение

Анализ полученных численных значений подтверждает эффективность и актуальность использования комплексной модели адвекции-диффузии для оценки воздействия объектов дорожно-строительного комплекса на окружающую среду. Полученные результаты способствуют более глубокому пониманию процессов распространения загрязнений и улучшению моделей оценки воздействия, что в конечном итоге ведет к повышению точности оценки экологической безопасности при проектировании дорожных объектов.

#### ВКЛАД АВТОРОВ | CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Все авторы внесли равнозначный вклад при подготовке научной статьи.

All authors made an equal contribution to the preparation of the scientific article.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ | CONFLICT OF INTEREST

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аверин А.Н., Ляхов В.П., Керимов О.Ю., Разумец В.М. Решение проблемы безопасных и качественных автомобильных дорог в национальном проекте // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2019. № 5(108). С. 115–118. EDN: NIEKZL
2. Ивасик Д.В., Васильченко А.А. Вопросы совершенствования проектирования автомобильных дорог // Инженерный вестник Дона. 2018. № 2(49). Ст. 137. EDN: VAQVGU
3. Ворошилов Н.В. Основные итоги реализации национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» в 2019 г. // Муниципалитет: экономика и управление. 2020. № 3(32). С. 124–139.
4. Качурин Н.М., Прохоров Д.О., Амбарцумов Д.А., Ерогин И.А. Аэрогазодинамика и перенос пыли техногенных минеральных образований // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2023. № 1. С. 531–543. <https://doi.org/10.46689/2218-5194-2023-1-1-531-543>
5. Голенков В.А., Бакаева Н.В., Шишкина И.В. Основные направления обеспечения экологической безопасности автотранспортной инфраструктуры городского хозяйства на основе биосферосовместимых технологий // Строительство и реконструкция. 2012. № 2(40). С. 55–62.
6. Манохин В.Я., Иванова И.А. Разработка методов повышения промышленной безопасности технологических процессов в смесителях асфальтобетонных заводов // Научный Вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2008. № 3(11). С. 183–187.
7. Манохин В.Я., Карасева И.А., Беслик Н.Д. Улавливание гидрофобных частиц в условиях АБЗ // Труды 8-й международной научно-практической конференции «Высокие технологии в экологии» / Воронежское отделение Российской экологической академии, 18–20 мая, 2005. Воронеж, 2005, с. 137–140.
8. Поляков И.В. О пылевом загрязнении атмосферного воздуха от площадных и нестационарных источников // Альтернативная энергетика и экология. 2013. № 11(133). С. 37–42.
9. Чертец К.Л., Шестаков Н.И., Пыстин В.Н., Тупицына О.В. Обращение с многокомпонентными отходами дорожно-строительного комплекса с использованием биопозитивных технологий // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25, № 8. С. 4–9.
10. Шестаков Н.И., Чертец К.Л., Тупицына О.В., Пыстин В.Н. Экологические особенности обращения с объектами дорожно-строительного комплекса // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16, № 9. С. 1217–1227.
11. Suat G. Analyzing Sustainable Building Construction Project Delivery Practices // Builders' Perspective. 2019. Vol. 24. Iss. 1. P. 89–102. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000397](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000397)

12. Jang W., Lee S. K., Heon S. Sustainable Performance Index for Assessing the Green Technologies in Urban Infrastructure Projects // *Journal of Management in Engineering*. 2018. Vol. 34. Iss. 5. P. 41–68. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000582](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000582)

## REFERENCES

1. Averin A.N., Lyakhov V.P., Kerimov O.Yu., Razumets V.M. Solving the problem of safe and high-quality highways in the national project. *Science and education: economy and economics; entrepreneurship; law and management*, 2019, no. 5(108), pp. 115–118. (In Russ.).
2. Ivasik D.V., Vasilchenko A.A. Questions of perfection of road desing. *Engineering journal of Don*, 2018, no. 2(49), art. 137. (In Russ.).
3. Voroshilov N.V. Main results of the “Safe and High-Quality Road Network” national project implementation in 2019. *Municipality: economics and management*, 2020, no. 3(32), pp. 124–139. (In Russ.).
4. Kachurin N.M., Prokhorov D.O., Ambartsumov D.A., Erogin I.A. Aerogas dynamics and dust transport of anthropogenic mineral formations. *News of the Tula State University. Geosciences*, 2023, no. 1, pp. 531–543. (In Russ.). <https://doi.org/10.46689/2218-5194-2023-1-1-531-543>
5. Golenkov V.A., Bakaeva N.V., Shishkina I.V. The main directions of ensuring the environmental safety of the urban transport infrastructure based on bio-spherocompatible technologies. *Construction and reconstruction*, 2012, no. 2(40), pp. 55–62. (In Russ.).
6. Manokhin V.Ya., Ivanova I.A. Development of methods for increasing the industrial safety of technological processes in mixers of asphalt concrete plants. *Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture*, 2008, no. 3(11), pp. 183–187. (In Russ.).
7. Manokhin V.Ya., Karaseva I.A., Beslik N.D. Trapping of hydrophobic particles in asphalt plant conditions. Proceedings of the 8th international scientific and practical conference “High technologies in ecology”. *Voronezh branch of the Russian Ecological Academy, May 18–20, 2005*. Voronezh, 2005. P. 137–140. (In Russ.).
8. Polyakov I.V. On dust pollution of atmospheric air from area and non-stationary sources. *Alternative energy and ecology*, 2013, no. 11(133), pp. 37–42. (In Russ.).
9. Chertes K.L., Shestakov N.I., Pystin V.N., Tupitsyna O.V. Treatment of multi-composite waste from the road construction complex using biopositive technologies. *Ecology and industry of Russia*, 2021, vol. 25, no. 8, pp. 4–9. (In Russ.).
10. Shestakov N.I., Chertes K.L., Tupitsyna O.V., Pystin V.N. Ecological features of handling objects of the road construction complex. *Bulletin of MGSU*, 2021, vol. 16, no. 9, pp. 1217–1227. (In Russ.).
11. Suat G. Analyzing Sustainable Building Construction Project Delivery Practices. *Builders' Perspective*, 2019, vol. 24, iss. 1, pp. 89–102. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000397](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000397)
12. Jang W., Lee S. K., Heon S. Sustainable Performance Index for Assessing the Green Tecnologies in Urban Infrastructure Project. *Journal of Management in Engineering*, 2018, vol. 34, iss. 5, pp. 41–68. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000582](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000582)

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Шестаков Николай Игоревич** – кандидат технических наук, доцент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация, [ShestakovNI@mgsu.ru](mailto:ShestakovNI@mgsu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-6809-4993>

**Nikolay I. Shestakov**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation, [ShestakovNI@mgsu.ru](mailto:ShestakovNI@mgsu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-6809-4993>

**Федюк Роман Сергеевич** – доктор технических наук, доцент, профессор военного учебного центра, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Российская Федерация, [roman44@yandex.ru](mailto:roman44@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2279-1240>

**Roman S. Fedyuk**, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of the Military Training Center, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russian Federation, [roman44@yandex.ru](mailto:roman44@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2279-1240>

**Чертес Константин Львович** – доктор технических наук, профессор, Самарский государственный технический университет, Самара, Российская Федерация, [chertes2007@yandex.ru](mailto:chertes2007@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3353-4768>

**Konstantin L. Chertes**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Samara State Technical University, Samara, Russian Federation, [chertes2007@yandex.ru](mailto:chertes2007@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3353-4768>

Статья поступила в редакцию / Received: 01.05.2024.

Доработана после рецензирования / Revised: 22.05.2024.

Принята к публикации / Accepted: 10.06.2024.