

Научная статья

УДК 908: 910.1

<https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.5>

ШУМОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗАСТРОЕК ГОРОДА СТАВРОПОЛЯ

Инна Владимировна Бегдай^{1*},
Константин Викторович Харин²,
Любовь Игоревна Крылова³,
Михаил Дмитриевич Колбин⁴

^{1, 2, 3, 4} Северо-Кавказский федеральный университет (д. 1, ул. Пушкина, Ставрополь, 355017, Российская Федерация)

¹ algae@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7675-8078>

² k-harin79@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9091-6375>

³ krylowa00@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-4254-0149>

⁴ mrmateriar@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-4969-5025>

* Автор, ответственный за переписку

Аннотация.

В данной статье приводятся результаты измерений и оценка шумовой нагрузки на территории ЖК «Перспективный» и «Российский» г. Ставрополя. Замеры шума проводились в весенне-летний и осенне-зимний период 2022–2023 года. Результат замеров представлен средними значениями уровня шумового воздействия. На основании полученных данных была построена математическая модель распространения шума от транспортного потока в лиственный и безлиственный период. Провести исследование и дать оценку шумовой нагрузки в многоквартирной застройке на территории Юго-Западного района г. Ставрополя. Измерение шумовой нагрузки проводилось в соответствии с ГОСТ 23337-2014 «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий». Для анализа и сравнения полученных данных с предельно допустимым значением был использован СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». В результате измерений были выявлены превышения предельно допустимого уровня шума на территории ЖК «Перспективный» и «Российский», причем дома в пределах ЖК «Перспективный» больше всего страдают от близости проезжей части и отсутствия или частичного озеленения. Были зафиксированы значения шума около жилых домов в пределах 70 дБА. На территории ЖК «Российский» высокие показатели встречаются на пешеходной

зоне вдоль Юго-Западного объезда. Непосредственно у домов превышений предельно допустимого уровня шумовой нагрузки отмечено не было. Полученная математическая модель отражает зависимость уровня шума от наличия и отсутствия листвы и плотности транспортного потока. По полученным данным можно сделать вывод, что ЖК «Перспективный» и «Российский» подвергаются значительному шумовому загрязнению. Это можно связать с недостатками в планировании обустройства территории и ростом числа транспортных средств.

Ключевые слова: шумовое загрязнение, озеленение, городская среда

Для цитирования: Бегдай И. В., Харин К. В., Крылова Л. И., Колбин М. Д. Шумовое загрязнение территории многоэтажных жилых застроек города Ставрополя // Наука. Инновации. Технологии. 2024. № 1. С. 91–114. <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.5>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 27.11.2023;
одобрена после рецензирования 23.01.2024;
принята к публикации 01.03.2024.

1.6.21. Geocology (Geographical Sciences)

Research article

Noise pollution of the territory of multistory residential buildings in the city of Stavropol

Inna V. Begdai^{1*},
Konstantin V. Kharin²,
Lyubov I. Krylova³,
Mikhail D. Kolbin⁴

^{1, 2, 3, 4} North-Caucasus Federal University (1, Pushkin St., 355017, Stavropol, Russian Federation)

¹ algae@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7675-8078>

² k-harin79@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9091-6375>

³ krylowa00@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-4254-0149>

⁴ mrmateriar@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-4969-5025>

Abstract.

The article provides measurement results and an assessment of the noise load on the territory of the «Perspektivny» and «Rossiysky» residential complexes in Stavropol. Noise measurements were carried

out in the spring-summer and autumn-winter periods of 2022–2023. The measurement results are presented as average noise exposure levels. Based on the data obtained, a mathematical model of the propagation of noise from traffic flow during the deciduous and leafless period was built. To conduct a study and assess the noise load in a multistorey building on the territory of the South-Western district of Stavropol. The measurement of the noise load was carried out in accordance with GOST 23337-2014 “Noise. Methods for measuring noise in residential areas and in residential and public buildings”. To analyze and compare the data obtained with the maximum permissible value, SanPiN 1.2.3685-21 “Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans” was used. The measurement results revealed excess of maximum permissible noise level on the territory of the residential complex «Perspektivny» and «Rossiysky», and the houses within the residential complex «Perspektivny» suffer most from the proximity of the roadway and the absence or partial landscaping. Noise values were recorded near residential buildings in the range of 70 dBA. On the territory of the residential complex “Rossiysky”, high indicators are found on the sidewalk near the South-Western bypass. No excess of maximum permissible noise load level was noticed directly at the houses. The resulting mathematical model reflects the dependence of the noise level on the presence and absence of foliage and the density of traffic flow. Based on the data obtained, we can conclude that the residential complexes «Perspektivny» and «Rossiysky» are subject to significant noise pollution. This can be attributed to shortcomings in the planning of territory development and the increase in the number of vehicles.

Keywords: noise pollution, landscaping, urban environment

For citation: Begdai IV, Kharin KV, Krylova LI, Kolbin MD. Noise pollution of the territory of multistorey residential buildings in the city of Stavropol. Science. Innovations. Technologies. 2024;(1):91–114. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.5>

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 27.11.2023;
approved after reviewing 23.01.2024;
accepted for publication 01.03.2024.

Введение

На сегодняшний день территории городов подвергаются различным негативным воздействиям антропогенного характера. Химическому загрязнению атмосферного воздуха и водных объектов гораздо больше уделяется внимания, чем загрязнениям физического характера, такими как шумовая и вибрационная нагрузки. Однако шум также относится к фактору, влияющему на здоровье и благополучие населения. Согласно исследованиям, шум может оказывать значительное влияние на нервную систему, увеличивать содержание гормона стресса в организме, влиять на появление и развитие сердечно-сосудистых заболеваний, снижение слуховой чувствительности, появлению головных болей и прочих признаков утомления [1, 2]. С увеличением количества источников шума в городах растет и риск появления этих заболеваний у жителей. Транспортный поток является главным источником шума в городской среде.

Ставрополь является растущим городом, численность населения которого в последние годы увеличивается. По данным администрации города, в 2023 году было зарегистрировано 552 тыс. человек, что является абсолютным рекордом за все время [3]. Рост населения обуславливает увеличение транспортного потока и появление новых крупных жилых микрорайонов, что позитивно влияет на экономическое развитие города. Однако появляется ряд проблем экологического характера – увеличение шумовой нагрузки, отсутствие или недостаточное озеленение придорожных участков, неудачная проектировка транспортных путей, которая постоянно приводит к большим и длительным пробкам. Согласно исследованиям, в городе необходима оптимизация городских ландшафтов, и необходимо обращать внимание не только на материалы и методы звукоизоляции, но и прежде всего на городскую планировочную структуру для предотвращения негативного воздействия [4].

Данная проблема весьма ощутимо проявляется в юго-западном районе г. Ставрополя. По данным Росстата за 2023 г., население Юго-Западного района составляет больше 270 тыс. чел. от общего числа проживающих в городе. Это самый густонаселенный район с типовой многоэтажной застройкой, который постоянно подвергается интенсивной шумовой нагрузке от транспорта, количество кото-

рого продолжает расти. Согласно требованиям СП 42.13330.2016, суммарная площадь зеленых насаждений на территории рассматриваемого микрорайона должна составлять не менее 6 м² на одного человека, а для районов, располагающихся в степной и лесостепной зоне, в пределах которых и располагается город, эти значения надо увеличивать на 10–20% [5]. Также в соответствии с ОДМ 218.011-98 для комплексной защиты придорожных территорий установлены основные параметры защитных зеленых насаждений, учитывающих ширину защитной полосы не менее 10 м; высота деревьев и кустарников должна составлять не менее 7–8 м и 1,5–2 м соответственно [6]. К сожалению, на сегодняшний день данные требования на территории юго-западного района соблюдаются минимально, что не может не сказываться на превышении шумовой нагрузки.

Материалы и методы исследований

Исследование проводилось в весенне-летний и осенне-зимний период 2022–2023 года на территории ЖК «Перспективный» и части Юго-Западного объезда, а также ЖК «Российский» г. Ставрополя, (рис. 1, 2).

Замеры шумовой нагрузки проводились в будние и выходные дни – в мае 2022 г. для ЖК «Перспективный» и с октября 2022 г. по февраль 2023 г. для ЖК «Российский» в лиственный и безлиственный период. На территории ЖК «Перспективный» и части Юго-Западного района было выбрано 28 точек измерений, у ЖК «Российский» – 15 точек измерений. Для замеров выбирались дни с отсутствием выпадения осадков и сильного ветра. Были получены средние значения шумовой нагрузки.

Измерение шумовой нагрузки проводилось шумомером UNI-T UT352. В процессе измерения были получены средние, максимальные и минимальные значения уровня шумового воздействия. Режим измерения, используемый в процессе работы, – «А». Исследование проводилось согласно ГОСТу 23337-2014 «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий» [7]. Для сравнения полученных данных с предельно допустимыми значениями был использован СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов

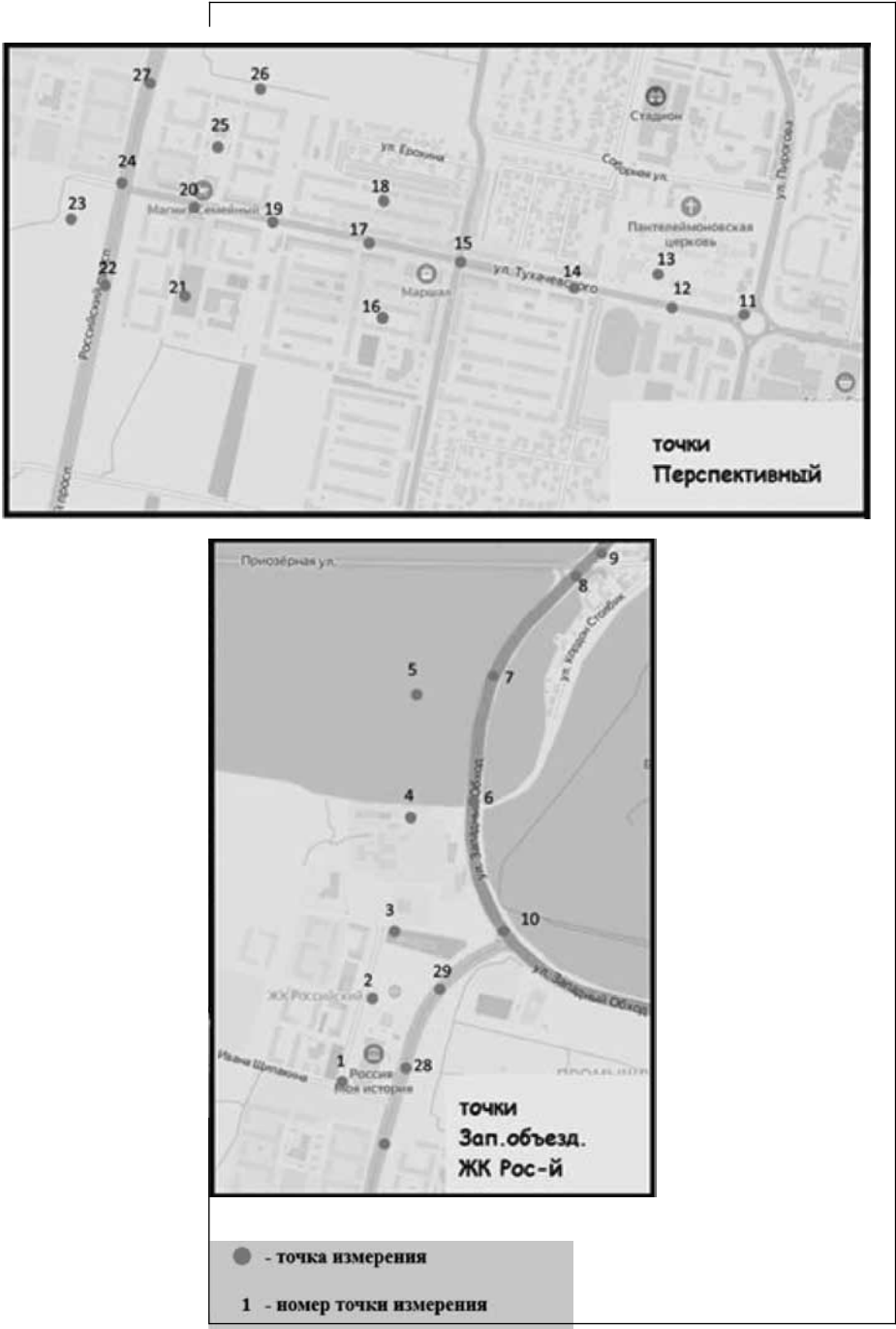


Рис. 1. Точки измерения ЖК «Перспективный» и Юго-Западный объезд (Google Карты).
Fig. 1. Measuring points of the «Perspektivny» residential complex and the South-Western detour (Google Maps).



Рис. 2. Точки измерения ЖК «Российский» (Google Карты).
Fig. 2. Measuring points of the residential complex «Rossiyskiy» (Google Maps).

среды обитания». Максимальный уровень звука L (Амакс) берется для «площадок отдыха, функционально выделенных на территории микрорайонов и групп жилых домов, домов отдыха, пансионатов, стационарных организаций социального обслуживания, организаций для детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей, площадок дошкольных образовательных организаций и других образовательных организаций» – 60 дБА [8].

Для исследования шумовой нагрузки выбирались территории с многоэтажными комплексами домов, которые постоянно подвергаются воздействию из-за близости проезжей части, наличия крупных магазинов, кафе, школ, детских садов, детских площадок, крупных площадей и достопримечательностей.

Одним из результатов исследования стало построение математической модели методом аппроксимации, которая описывает распространение шума от транспортного потока в лиственный и безлиственный период воздействия.

Результаты исследований и их обсуждение

«Перспективный» и «Российский» – это новые жилые комплексы, которые появились в течение последних десятилетий. Это густонаселенный район, который привлекает большое количество людей – от семей с детьми, до студентов со всего края и других регионов. При росте населения наблюдается увеличение транспортного потока, что ведет к образованию шумового загрязнения [9, 10]. При проведении исследований на территории ЖК «Перспективный» и Юго-западного обхода были получены данные уровня шума, представленные графически (рис. 3).

Максимальные значения были зафиксированы в пределах от точки №6 до №10 (в точке №9 вечером в час пик самое высокое значение доходит почти до 90 дБА). Это связано с близостью проезжей части и наличием крупных и затяжных пробок в утренние и вечерние часы.

Минимальные значения зафиксированы в точках №3 и №5, что можно объяснить удаленностью от дороги и наличием физической преграды для распространения шума в виде деревьев (точка №5 удалена от транспортной трассы почти на 50 м в лесном массиве). А также низкие значения в утреннее время зафиксировано бы-

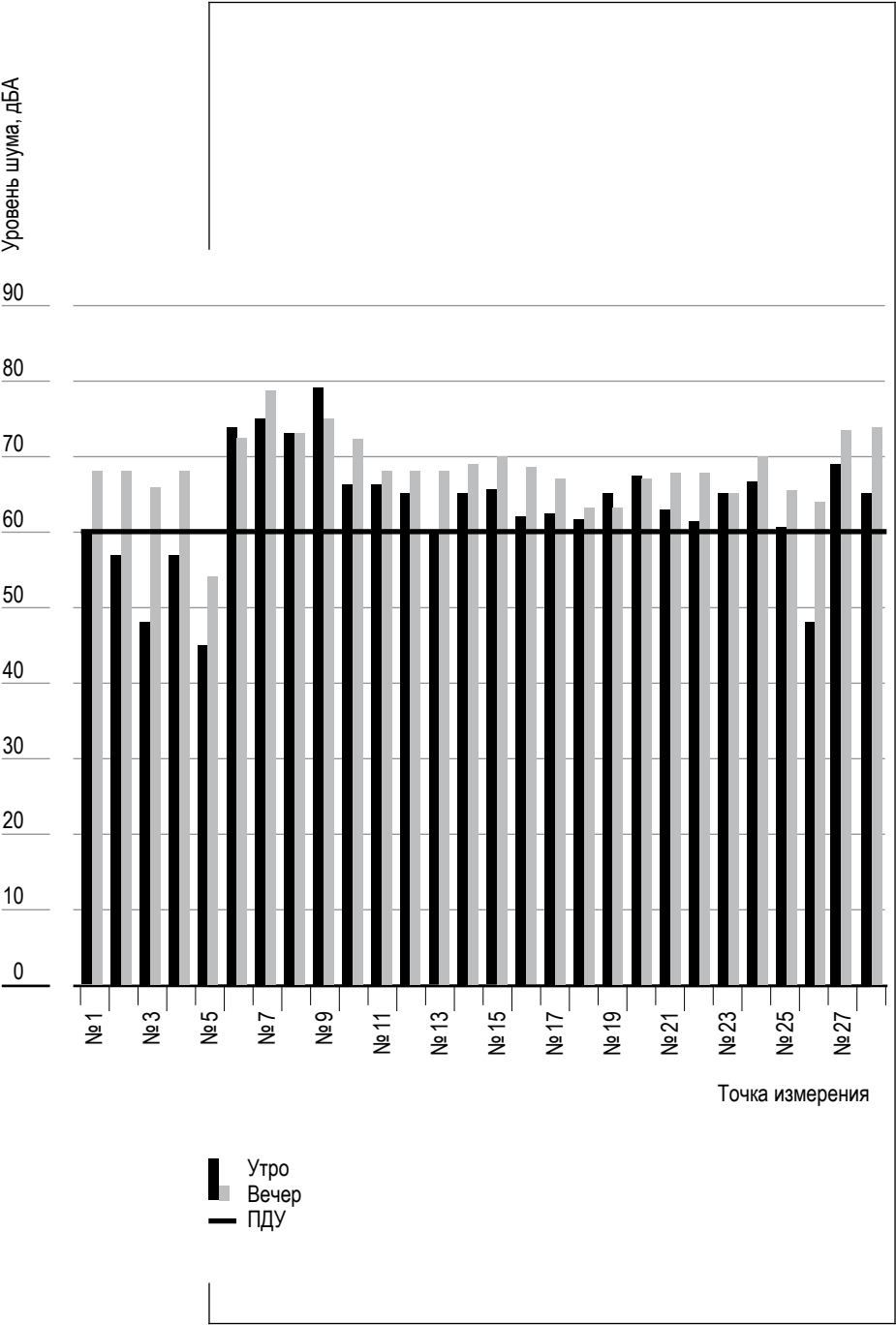


Рис. 3.

Средний уровень шумовой нагрузки в ЖК «Перспективный».

Fig. 3. The average noise load level in the «Perspektivny» residential complex.

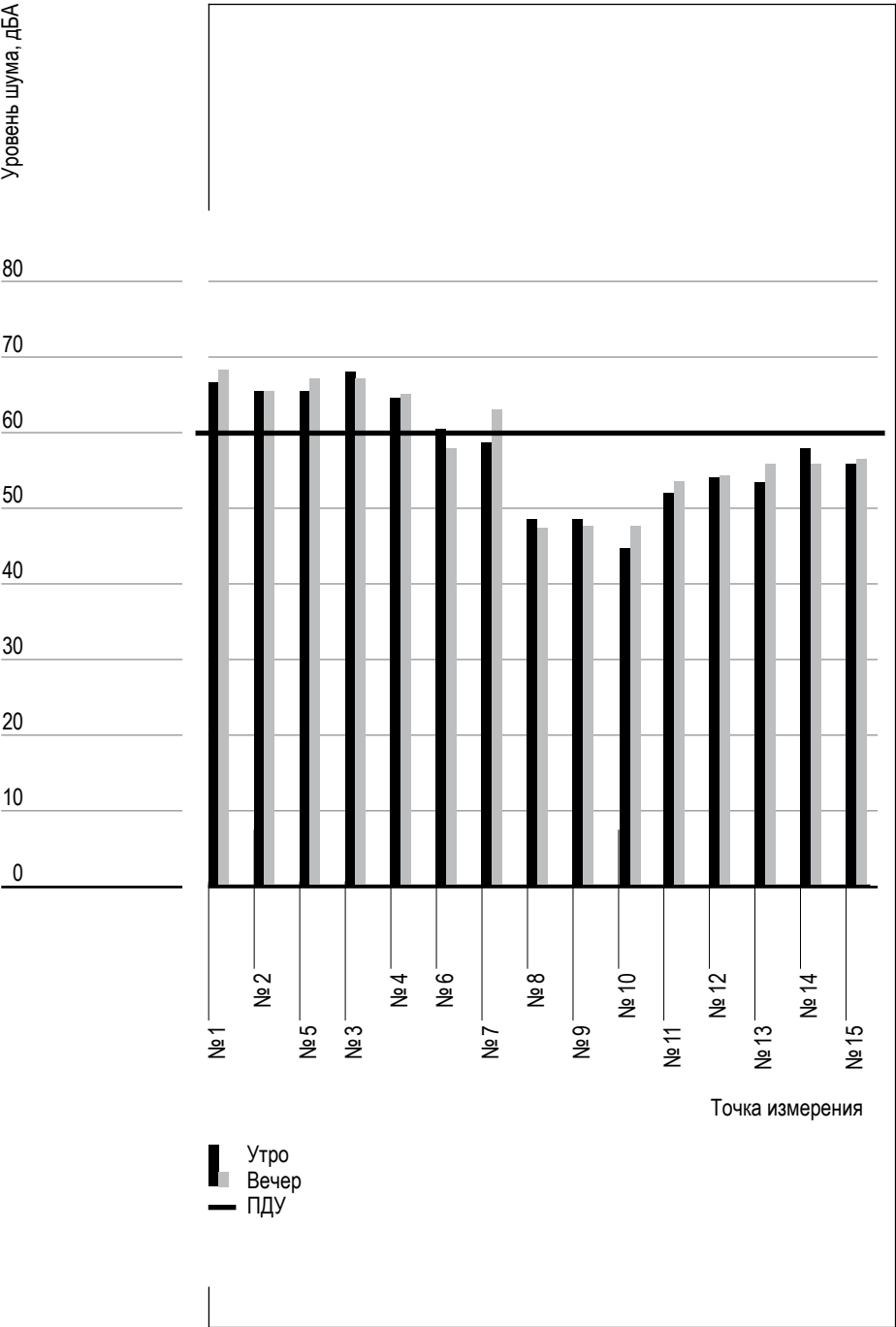


Рис. 4. Средние значения шумовой нагрузки (ЖК «Российский, октябрь 2022 г.).
Fig. 4. Average values of noise load (residential complex «Rossiyskiy», October 2022).

ло в точке № 26, что связано с небольшим транспортным потоком и домами, которые блокируют звуки.

При проведении исследований в ЖК «Российский» нами были получены более точные сведения о динамике изменения шума в осенне-зимний период. Так, были зафиксированы значения в частично лиственный, безлиственный и снежный период.

В октябре 2022 г. самые максимальные значения шума были зафиксированы в точках № 1–5, которые располагались вдоль транспортной трассы. Именно это и повлияло на полученные результаты.

Минимальный уровень зарегистрирован непосредственно во дворах жилого комплекса, в точках № 8, 9 и 10. Главными источниками шума являются припаркованные автомобили, которые выезжают или заезжают на стоянки во дворах.

На открытых пространствах, таких как Владимирская площадь, уровень шумового воздействия не превышает предельно-допустимых значений (рис. 4).

При сравнении данных замеров шумовой нагрузки в октябре с результатами в ноябре и декабре 2022 г. заметно, что уровень шума на конкретной территории имеет общую стабильную тенденцию. Минимальные и максимальные значения шума резко не изменяются и остаются в тех же точках, что и были ранее (рис. 5, 6).

В полученных результатах в декабре 2022 г. были отмечены самые высокие значения за время всего исследования в первых пяти точках около проезжей части (72 дБА). Подобная ситуация могла произойти из-за усиления транспортного потока, т. к. отсутствуют факторы, которые бы могли повлиять на распространение шума в пределах этой зоны.

Зима в Ставрополе начинается в конце ноября и частым явлением являются постоянные оттепели в течение всего зимнего периода [11]. Но в последние 5–10 лет снег выпадает гораздо позже – в январе. В снежный период, который в Ставрополе наблюдается в конце января начале февраля, были зафиксированы самые низкие значения за период всех измерений (рис. 7)

Создание моделей расчета дорожного шума – важный шаг для понимания особенностей распределения дорожного шума, а также для дальнейшего построения карт дорожного шума на больших территориях [12, 13]. Математическое моделирование – метод, кото-

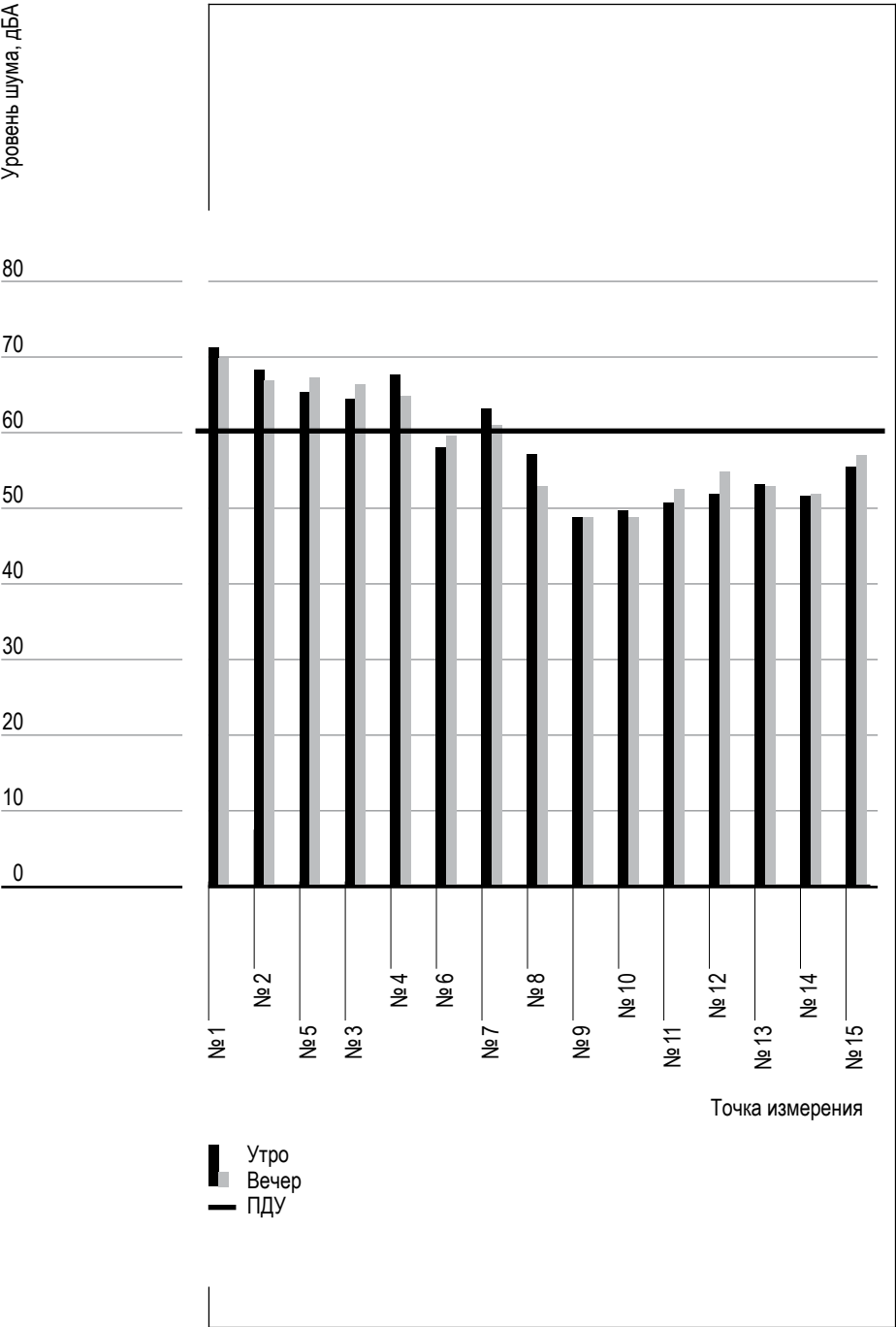


Рис. 5. Средние значения шумовой нагрузки (ЖК «Российский, ноябрь 2022 г.).
Fig. 5. Average values of noise load (residential complex «Rossiysky», November 2022).

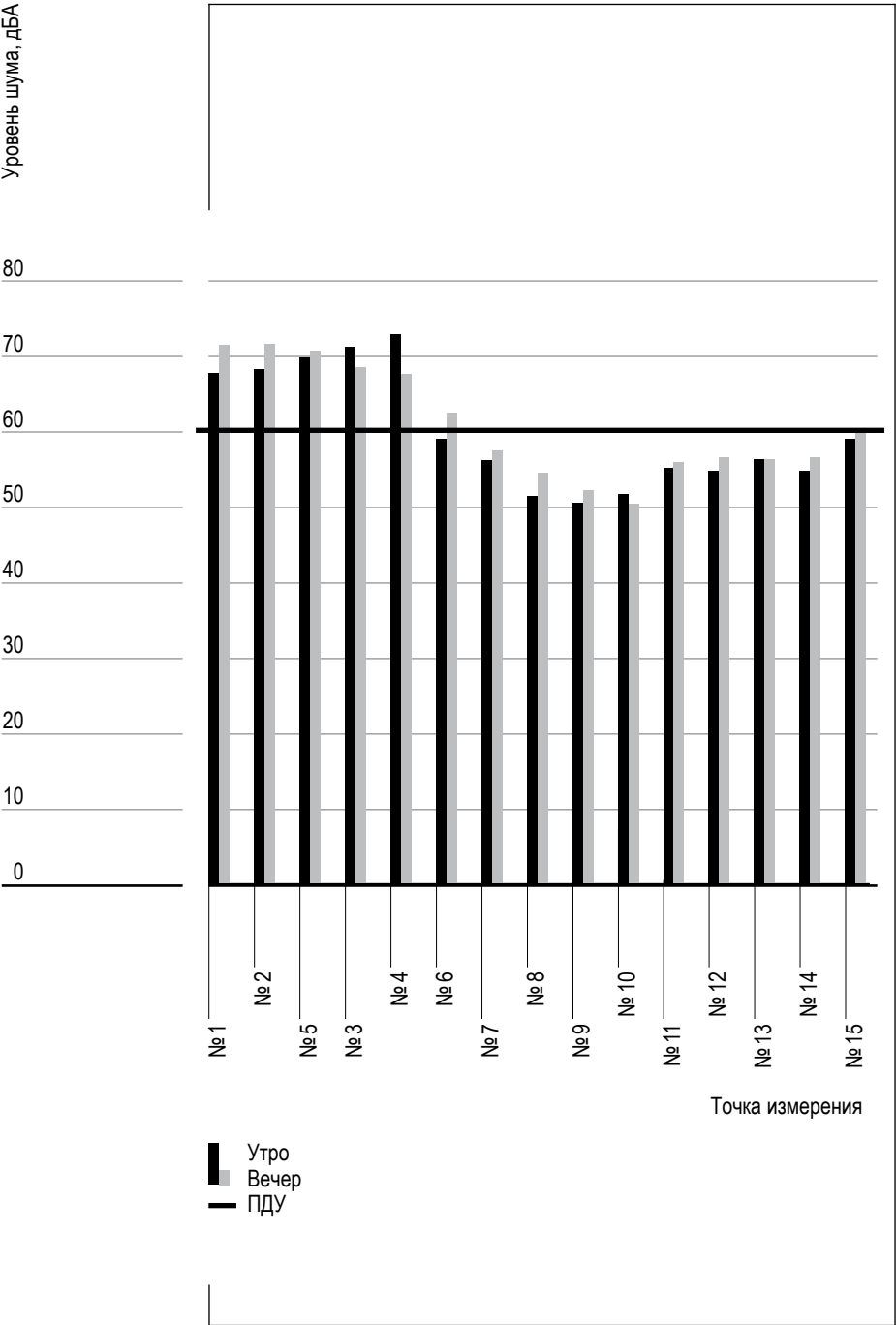


Рис. 6.

Средние значения шумовой нагрузки (ЖК «Российский, декабрь 2022 г.).
Fig. 6. Average values of noise load (residential complex «Rossiysky», December 2022).

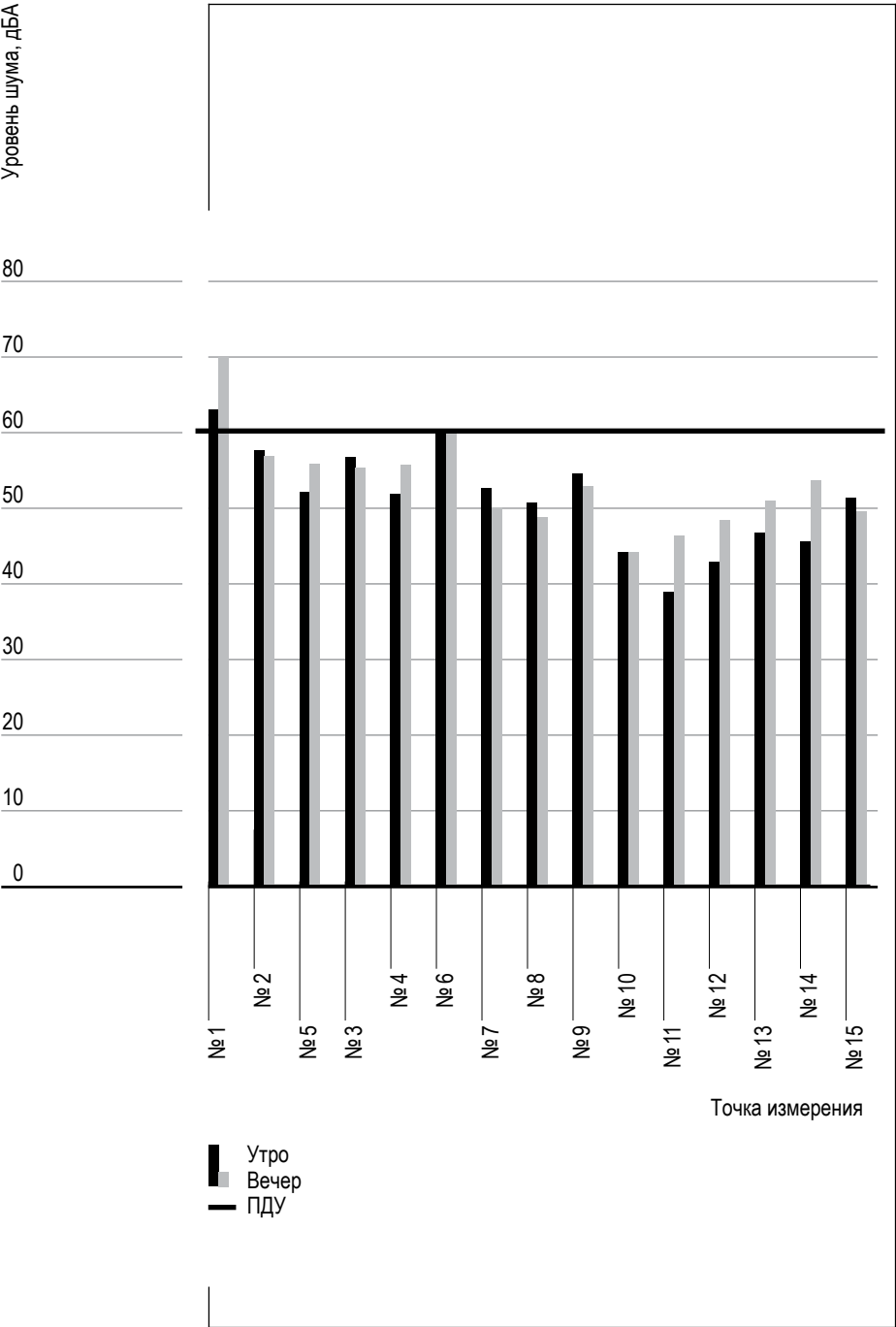


Рис. 7. Средние значения шумовой нагрузки (ЖК «Российский, февраль 2023 г.).
Fig. 7. Average values of noise load (residential complex «Rossiyskiy», February 2022).

рый используется в изучении технических, экологических и иных систем [14]. Благодаря своей универсальности и способности прогнозировать наблюдаемые явления, моделирование часто применяется в исследованиях и может быть использовано в отношении транспортного шума. С помощью полученных данных в ходе измерения шумового загрязнения и изучения транспортного потока была сформирована математическая модель, которая может использоваться для расчета уровня шума без специальных приборов.

Для построения модели был использован метод аппроксимации. Математическая модель была создана для лиственного и безлиственного периода, что демонстрируют ниже представленные графики (рис. 8, 9).

Как видно из рисунков 7 и 8, очевидна зависимость между распространением шума при наличии и отсутствии листвы. До значения потока в 400 автомобилей в час уровень шума растет на представленных графиках равномерно. Однако дальше значения шума в безлиственный период начинает сильно увеличиваться относительно лиственных измерений. Таким образом листва становится естественной преградой распространения шума.

Согласно исследованиям, растительность (особенно древесно-кустарниковая) может быть физическим барьером и снижать уровень шумовой нагрузки [15, 16, 17]. Зная плотность транспортного потока, математическая модель может способствовать обоснованию того, когда требуется озеленение трассы, а в каких случаях следует применять другие способы защиты от шума (например, установка шумозащитных экранов).

В целях снижения шумовой нагрузки рекомендуется высадка придорожных полос озеленения. Для эффективности озеленения нужно учитывать несколько аспектов: рядность, ширина полосы, породы деревьев и кустарников. Так, многие исследователи отмечают, что оптимальная ширина полосы озеленения должна быть около 10–30 м и состоять не менее чем из 3 рядов деревьев в шахматном порядке и 2 рядов кустарников. Придорожная полоса озеленения с шириной 40 м и хорошо развитой кустарниковой и древесной растительностью может снижать уровень шума на 17–23 дБ [18, 19, 20]. Из пород деревьев рекомендуется высадка березы повислой и рябины промежуточной, а также можно использовать хвойные по-

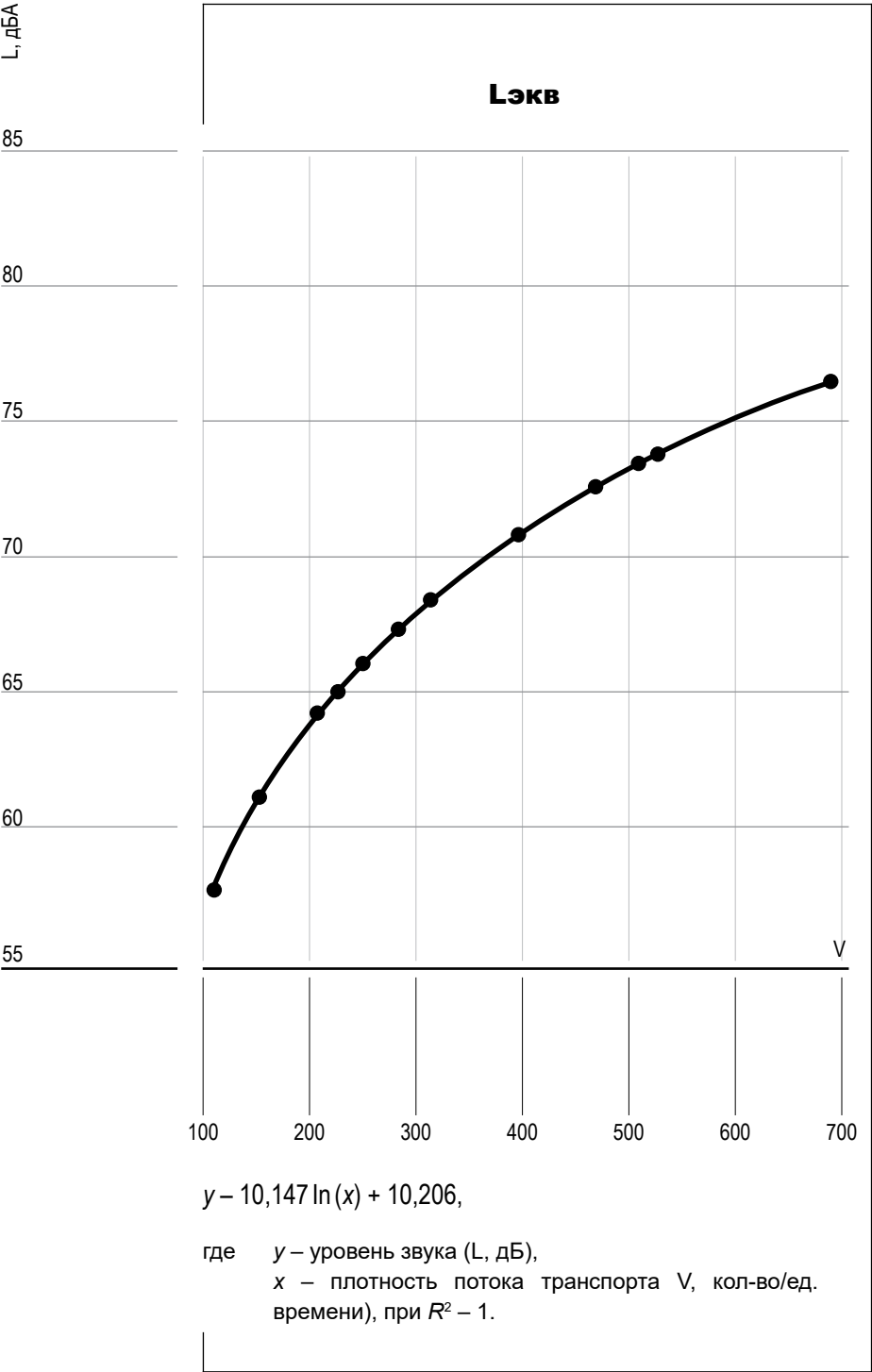


Рис. 8. Изменение шумовой нагрузки в безлиственный период.
Fig. 8. Change in noise load during the leafless period.

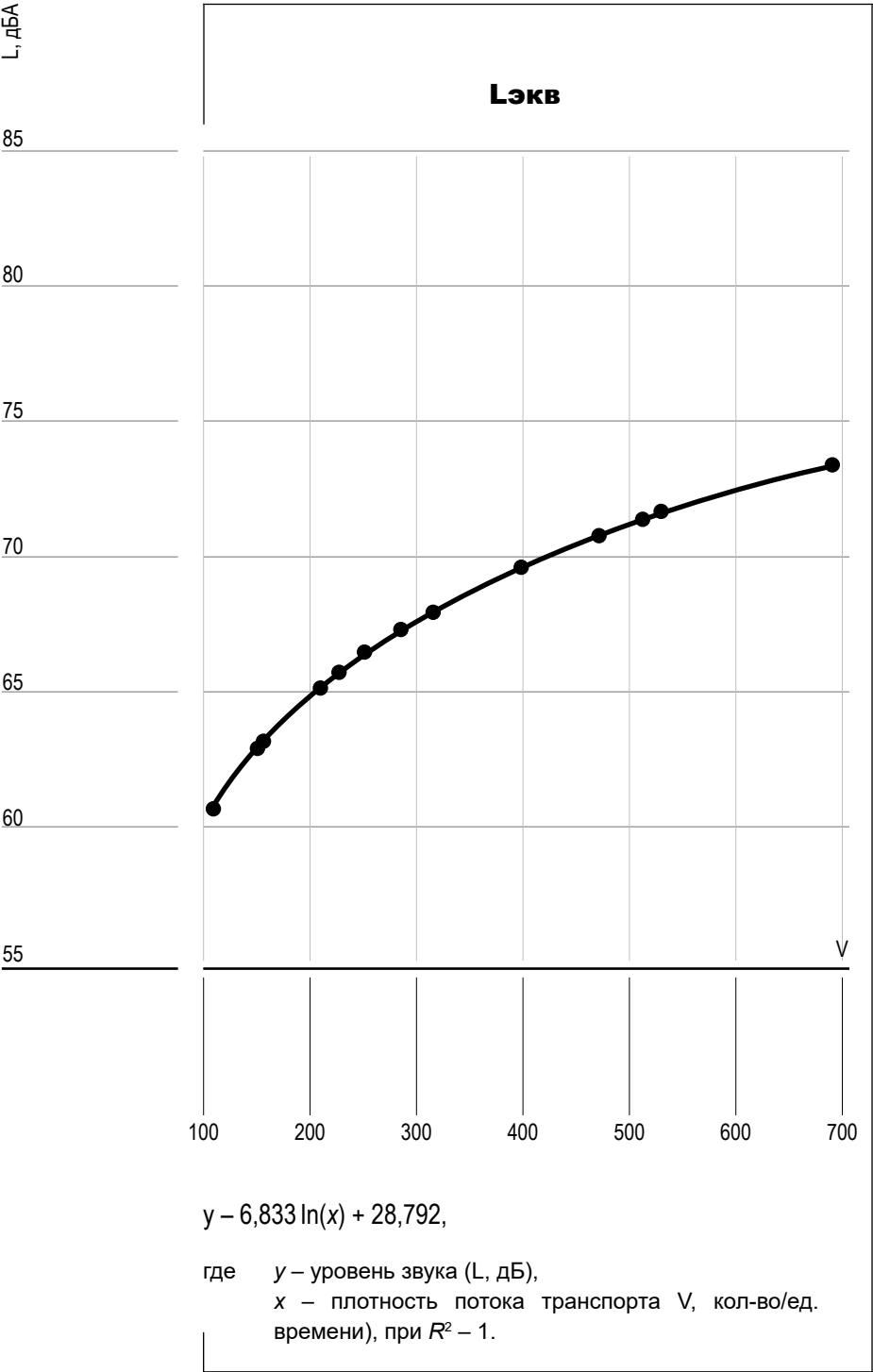


Рис. 9.

Изменение шумовой нагрузки в лиственный период.
Fig. 9. Change in noise load during the deciduous period.

роды (ель, лиственница) и распространенный тополь пирамидальный [15, 16, 21].

Заключение

Город Ставрополь продолжает свое активное развитие, которое проявляется в росте численности населения. Это влечет за собой появление новых жилых комплексов, которые в дальнейшем образуют отдельные микрорайоны со своей инфраструктурой. Жилые комплексы «Перспективный» и «Российский» расположены в Промышленном районе – самом интенсивно растущем районе города. В связи с их развитием важным аспектом становится правильная планировка, которая позволит этим жилым комплексам быть не только социально-экономически привлекательными, но и экологически благополучными для проживания в них. Важной проблемой является недостаточное озеленение этих территорий, направленное не только на улучшение качества воздушной среды, но и снижение шумовой нагрузки. Также недостаточная пропускная способность автодорог и постоянно увеличивающееся количество автотранспорта приводят к постоянным и продолжительным пробкам.

Анализ графиков значений шумовой нагрузки показал, что территория ЖК «Перспективный» испытывает частое воздействие от превышения предельно допустимых значений шумовой нагрузки. Это связано с близостью проезжей части к домам и недостаточным озеленением, включающим в себя чаще всего один ряд невысоких хвойных деревьев. Около ЖК «Российский» непосредственно у домов не было зафиксировано превышений. Но на тротуаре вдоль Юго-Западного обхода очень часто уровень шума достигает 70 и более дБА.

Список источников

1. Шишелова Т. И. Малыгина Ю. С. Нгуен С. Д. Влияние шума на организм человека // Успехи современного естествознания. 2009. № 8. С. 14–15.
2. Иванова А. С. Влияние параметров придорожных лесных полос на снижение шума вблизи автомобильных дорог (на примере Саратовского правобережья): дис. ... канд. биол. наук. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова, 2014. 118 с.

3. Управление Федеральной службы государственной статистики по Северо-Кавказскому федеральному округу. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения 23.11.2023).
4. Marusceac V, Ciotlaus M. Optimizing urban landscapes in regard to noise pollution // *Procedia Manufacturing*, Volume 32, 2019. P. 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.197>.
5. СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054209> (дата обращения: 23.11.2023).
6. ОДМ 218.011-98 «Автомобильные дороги общего пользования. Методические рекомендации по озеленению автомобильных дорог» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006888> (дата обращения: 23.11.2023).
7. ГОСТ 23337-2014 «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200114242> (дата обращения: 23.11.2023).
8. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 23.11.2023).
9. Чудинова О. Н., Тумуреева Н. Н., Санжиева С. Е. Воздействие шума от автомобильного транспорта на городскую среду // *Вестник КрасГАУ*. 2017. №9(132). С. 93–99.
10. Кусаинова Г. С., Земляная А. В. Оценка воздействия шума от автомобильного транспорта на городскую среду // *Безопасность городской среды: Материалы VII Международной научно-практической конференции, Омск, 20–22 ноября 2019 года*. Минобрнаука России, ОмГТУ; под общей редакцией Е. Ю. Тюменцевой. Омск: Омский государственный технический университет, 2020. С. 367–371.
11. Экологический паспорт г. Ставрополя. Ландшафт. Ставрополь: Орфей, 1995. 78 с.
12. Weijun Y, Jinying H, Canming H, Ming C. Evaluation of urban traffic noise pollution based on noise maps. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2020. Vol. 87. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102516>
13. Ziqin L, Canming H, Ming C. Urban road traffic noise spa-

- tiotemporal distribution mapping using multisource data. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2020. Vol. 82. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102323>
14. Звонарев С. В. Основы математического моделирования: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. 112 с.
 15. Цесарь Е. Г. Снижение шумового загрязнения в городах с использованием ассимиляционного потенциала природной среды // Защита от повышенного шума и вибрации: Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 23–25 марта 2021 года. Под ред. Н. И. Иванова. Санкт-Петербург: Институт акустических конструкций, 2021. С. 199–202.
 16. Цветкова А. В., Калинина И. К. Обоснование широкого использования зеленых насаждений, как средство защиты от шумового загрязнения городских поселений (на примере Южно-Сахалинска) // Региональная экология. 2013. № 1–2(34). С. 153–158.
 17. Лазарева Г. А., Буфалова М. А., Жмылев П. Ю. Оценка влияния зеленых насаждений на распространение шума от автотранспорта // Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие»: Материалы конференций: Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция; Всероссийская (национальная) научная конференция; Санкт-Петербург, 10–13 февраля 2022 года. Санкт-Петербург: Нацразвитие, 2022. С. 106–108.
 18. Курбанбаев А. Б., Саткыналиев К. Т., Алыкулов К. К. Зеленые насаждения как метод защиты от шума // Материаловедение. 2022. № 2(37). С. 26–31.
 19. Милина М. Ю., Тарусова М. С., Васильева В. В., Ставцева А. А. Роль зеленых насаждений в защите от транспортного шума в городах // Молодежь и наука: шаг к успеху: сб. науч. трудов. Курск, Юго-Западный государственный университет, 2019. С. 185–187.
 20. Бобра Т. В., Каменева М. Ю., Свербилова А. А. Анализ шумового загрязнения городской среды Симферополя // Дни науки КФУ им. В. И. Вернадского: Сборник тезисов участников V научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых, Симферополь, 01 ноября 2019 года. Симферополь: Симферополь, 2019. С. 3–5.

21. Балакин В.В., Сидоренко В.Ф. Шумозащитная эффективность разделительных полос озеленения на объектах транспортной инфраструктуры // Национальная ассоциация ученых. 2015. №9–1(14). С. 110–112.

References

1. Shishelova TI, Malygina YS, Nguyen XD. The effect of noise on the human body. The successes of modern natural science. 2009;(8):14–15 (In Russ.).
2. Ivanova AS. Influence of parameters of roadside forest strips on noise reduction near highways (on the example of the Saratov right bank): diss. ... cand. biol. sciences. Saratov: Saratov State Vavilov Agrarian University; 2014. 118 p. (In Russ.).
3. Department of the Federal State Statistics Service for the North Caucasus Federal District. Available from: <https://rosstat.gov.ru> [Accessed 23 November 2023] (In Russ.).
4. Marusceac V, Ciotlaus M. Optimizing urban landscapes in regard to noise pollution. *Procedia Manufacturing*. 2019;(32):161-166. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.197> [Accessed 23 November 2023].
5. SP 42.13330.2016 “Urban planning. Planning and construction of urban and rural settlements”. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/456054209> [Accessed 23 November 2023] (In Russ.).
6. ODM 218.011-98 “Public highways. methodical recommendations on landscaping of highways”. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200006888> [Accessed 23 November 2023] (In Russ.).
7. GOST 23337-2014 “Noise. Methods of measuring noise in residential areas and in residential and public buildings”. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200114242> [Accessed 23 November 2023] (In Russ.).
8. SanPiN 1.2.3685-21 “Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans”. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> [Accessed 23 November 2023] (In Russ.).
9. Chudinova ON, Tumureeva NN, Sanzhieva SE. The impact of noise from motor transport on the urban environment. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2017;9(132):93-99. (In Russ.).

10. Kusainova GS, Zemlyanaya AV. Assessment of the impact of noise from motor transport on the urban environment. In Urban environment safety: Materials of the VII International Scientific and Practical Conference, Omsk, November 20–22, 2019. Ministry of Education and Science of Russia, OmSTU; Ed. by E. Y. Tyumentseva. Omsk: Omsk State Technical University, 2020;367–371. (In Russ.).
11. Environmental passport of Stavropol. Landscape. Stavropol, Orpheus, 1995. 78 p. (In Russ.).
12. Weijun Y, Jinying H, Canming H, Ming C. Evaluation of urban traffic noise pollution based on noise maps. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2020;87:102516. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102516> [Accessed 23 November 2023].
13. Ziqin L, Canming H, Ming C. Urban road traffic noise spatiotemporal distribution mapping using multisource data. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2020;87. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102323> [Accessed 23 November 2023].
14. Zvonarev SV. Fundamentals of mathematical modeling: textbook. Yekaterinburg: Ural University Pres; 2019. 112 p. (In Russ.).
15. Tsesar TA. Reduction of noise pollution in cities using the assimilation potential of the natural environment. In Protection from increased noise and vibration: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, St. Petersburg, March 23–25, 2021. Edited by N.I. Ivanov. St. Petersburg: Institute of Acoustic Structures, 2021;199–202. (In Russ.).
16. Tsvetkova AV, Kalinina IK. Justification of the widespread use of green spaces as a means of protection from noise pollution of urban settlements (on the example of Yuzhno-Sakhalinsk). Regional'naya ekologiya = Regional ecology. 2013;1-2(34):153–158. (In Russ.).
17. Lazareva GA, Bufalova MA, Zhmylev PY. Assessment of the influence of green spaces on the propagation of noise from vehicles. In Collection of selected articles on the materials of scientific conferences of the National Research Institute "National Development": Conference materials: All-Russian (National) scientific and practical conference; All-Russian (National) Scientific Conference; St. Petersburg, 10–13 Feb-

- ruary 2022. St. Petersburg: HNRI "National development", 2022;106–108. (In Russ.).
18. Kurbanbayev AB, Satkynaliev KT, Alikulov KK. Green spaces as a method of noise protection. *Materialovedenie* = Materials Science. 2022;2(37):26–31. (In Russ.).
 19. Milina MY, Tarasova MS, Vasilyeva VV, Stavtseva AA. The role of green spaces in protection from traffic noise in cities. Youth and science: a step to success: collection of scientific works. Kursk, SouthWest State University, 2019;185–187. (In Russ.).
 20. Bobra TV, Kameneva MY, Sverbilova AA. Analysis of noise pollution of the Simferopol urban environment. «Days of Science of the KFU named after V.I. Vernadsky»: The collection of theses of participants of the V scientific and practical conference of faculty, graduate students, students and young scientists, Simferopol, November 01, 2019. Simferopol: Simferopol, 2019; 3–5. (In Russ.).
 21. Balakin VV, Sidorenko VF. Noise-proof efficiency of dividing strips of landscaping at transport infrastructure facilities. *Nacional'naya asociaciya uchenyh* = National Association of Scientists. 2015; 9–1(14):110–112. (In Russ.).

Информация об авторах

- Бегдай Инна Владимировна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры экологии и биогеографии медико-биологического факультета, заведующая НУЛ биогеохимии окружающей среды Северо-Кавказского федерального университета, Scopus: 57202445094. E-mail: algae@mail.ru.
- Харин Константин Викторович** – кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой экологии и биогеографии медико-биологического факультета Северо-Кавказского федерального университета, Researcher ID: I-3917-2016, Scopus: 56177504800. E-mail: k-harin79@mail.ru.
- Крылова Любовь Игоревна** – магистрант кафедры экологии и биогеографии медико-биологического факультета Северо-Кавказского федерального университета, Researcher ID: JUF-4508-2023. E-mail: krylowa00@mail.ru.
- Колбин Михаил Дмитриевич** – студент 4 курса кафедры вычислительной математики и кибернетики факультета математики и компьютерных наук имени профессора Н. И. Червякова

Северо-Кавказского федерального университета, Researcher ID: JUF-5528-2023. E-mail: mrmateriar@gmail.com.

Вклад авторов: Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Information about the authors

- Inna V. Begdai** – Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of Department of Ecology and Biogeography of Faculty of Medicine and Biology, Head of the Scientific and Educational Laboratory of Environmental Biogeochemistry of North-Caucasus Federal University, Scopus: 57202445094. E-mail: algae@mail.ru.
- Konstantin V. Kharin** – Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Head of Chair of the Department of Ecology and Biogeography of Faculty of Medicine and Biology of North-Caucasus Federal University, Researcher ID: I-3917-2016. Scopus: 56177504800.
- Lyubov I. Krylova** – Master degree student of Department of Ecology and Biogeography of the Faculty of Medicine and Biology of North-Caucasus Federal University, Researcher ID: JUF-4508-2023.
- Mikhail D. Kolbin** – 4th year Undergraduate Student of Department of Computational Mathematics and Cybernetics of the Faculty of Mathematics and Computer Sciences named after Prof. Nikolay Chervyakov of North-Caucasus Federal University, Researcher ID: JUF-5528-2023.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.