



Акустическое воздействие железнодорожного транспорта на селитебные территории города Воронежа

П.А. Суханов, Т.И. Прожорина, А.С. Боева, О.В. Клепиков

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
Университетская площадь, д. 1, г. Воронеж, 394018, Российская Федерация

Резюме

Введение. Неблагоприятное воздействие на человека железнодорожного шума изучается во многих зарубежных и отечественных исследованиях.

Цель исследования: оценка шумового воздействия железнодорожного транспорта и его вклада в создание зоны акустического дискомфорта на селитебных территориях города Воронежа.

Материалы и методы. Проведено 36 измерений уровня шума в 9 мониторинговых точках контроля на территории жилой зоны объектов индивидуального жилищного строительства (частного сектора) на расстояниях 25 – 50 – 75 м от основного источника шума – движения железнодорожного транспорта (пассажирских поездов дальнего и пригородного сообщения). Для измерений использован шумомер «Ассистент» (1-й класс точности). Измерения проводились в ноябре 2023 – январе 2024 года в выходные дни (сб–вс) в дневное и ночное время. Расчетным методом оценен вклад железнодорожного транспорта в уровень комбинированного шума.

Результаты. Натурные измерения показали, что эквивалентный уровень шума вдоль железнодорожного полотна в дневное время превышает гигиенические нормативы на 1,4–1,7 дБА без железнодорожного движения и обусловлен наличием автомагистрали на удалении 70 м и на 14–18,6 дБА при движении железнодорожных составов; ночью – на 2,2–3,2 дБА – без железнодорожного движения, и на 25–29,9 дБА – при движении железнодорожных составов. В результате объект исследования в течение суток при отсутствии движения железнодорожного транспорта находится в зоне шумового воздействия выше ПДУ на 30 % своей территории, во время прохождения пассажирских поездов дальнего сообщения и пассажирских электропоездов пригородного сообщения зона дискомфорта днем возрастает до 60 %, ночью – до 100 %.

Заключение. Снижение шума, производимого железнодорожным транспортом, в нашем случае может быть достигнуто путем установки дополнительных светопрозрачных шумозащитных экранов, озеленением придомовой территории, отделяющей селитебную застройку от железнодорожных путей, древесно-кустарниковой растительностью. В общем случае при проектировании железнодорожных путей сообщения и объектов их инфраструктуры необходимо предусматривать санитарно-защитные разрывы с современными шумозащитными мерами.

Ключевые слова: железнодорожный шум, комбинированный шум, мониторинг, зона акустического дискомфорта.

Для цитирования: Суханов П.А., Прожорина Т.И., Боева А.С., Клепиков О.В. Акустическое воздействие железнодорожного транспорта на селитебные территории города Воронежа // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 3. С. 23–32. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-3-23-32

Acoustic Impact of Rail Transport on Residential Areas of the City of Voronezh

Pavel A. Sukhanov, Tatiana I. Prozhorina, Anastasiya S. Boeva, Oleg V. Klepikov

Voronezh State University, 1 University Square, Voronezh, 394018, Russian Federation

Summary

Introduction: Adverse human health effects of railway noise are examined in many foreign and domestic studies.

The purpose of our work was to assess the noise impact of rail transport and its contribution to creating an acoustic discomfort zone in residential areas of the city of Voronezh.

Materials and methods: We took 36 noise measurements at nine monitoring points in the residential area of single-family housing construction at the distances of 25, 50, and 75 meters from the main local source of noise, i.e. railway traffic, including long-distance and suburban passenger trains. The “Assistant” sound level meter (accuracy class 1) was used for measurements taken in November 2023 – January 2024 on weekends (Sat–Sun) in the daytime and at night. Contribution of railway transport to the overall noise level was then estimated.

Results: Field measurements showed that in the daytime, the equivalent noise level along the railway track exceeded hygienic standards by 1.4 to 1.7 dBA in the absence of railway traffic due to the proximity to a highway (70 m) and by 14 to 18.6 dBA in its presence; at night – by 2.2 to 3.2 dBA and by 25 to 29.9 dBA, respectively. This means that during 24 hours, 30 % of the territory of the study object is exposed to higher noise levels in the absence of railway traffic. During the passage of long-distance and commuter trains, the discomfort zone increases to 60 % in the daytime and to 100 % at night.

Conclusions: In our case, railway noise pollution can be reduced by installing additional translucent noise shields, landscaping the adjacent territory to separate residential buildings from railway tracks, and planting trees and shrubs. In general, when designing railway lines and their infrastructure facilities, it is important to envisage sanitary gaps with modern means of protection against noise.

Keywords: railway noise, combined noise, monitoring, acoustic discomfort zone.

Cite as: Sukhanov PA, Prozhorina TI, Boeva AS, Klepikov OV. Acoustic impact of rail transport on residential areas of the city of Voronezh. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(3):23–32. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-3-23-32

Введение. Одним из приоритетных факторов, негативно влияющих на окружающую среду и человека, является шум, создаваемый непосредственно железнодорожным (ж/д) подвижным составом, а также при эксплуатации объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта [1–3].

Среди причин возникновения шума можно выделить следующие: шум от стука стыков рельсов под действием подвижного состава; шум от механизмов локомотива и вагонов; шум от звукового сигнала; аэродинамические воздействия подвижного состава, создающие и усиливающие шумовое воздействие; шум от вентиляционных систем объектов инфраструктуры ж/д транспорта; шум от громкоговорящих систем оповещения на железнодорожной станции; шум от прохождения поездов по железнодорожным мостам [4, 5].

Зарубежные и отечественные исследования воздействия шума от ж/д транспорта на население, проживающее вблизи ж/д путей и станций, показывают, что отсутствие тишины долгое время, особенно ночью, может привести к усталости, а также ухудшению состояния здоровья, риску развития заболеваний сердечно-сосудистой и нервной систем. В частности, в систематическом обзоре и метаанализе, представленном в статье M.G. Smith et al. (2022) по материалам 36 исследований, делается вывод, что группы населения, подвергающиеся воздействию высоких уровней транспортного ночного шума, в том числе и железнодорожного, могут подвергаться большему риску нарушения сна: относительный риск нарушения сна при превышении рекомендаций ВОЗ (свыше 40 дБ) на 10 дБ от воздействия железнодорожного шума составляет 2,97 единицы [6]. В исследованиях M. Ögren et al. (2017), A. Pultznerova et al. (2018) на основе анкетирования жителей, проживающих в районах, подверженных воздействию шума от железной дороги, и инструментальных измерений достоверно показано раздражающее действие ночного шума, эквивалентный уровень которого возле фасадов зданий достигал 72 дБ [7]; при уровне шума 59 дБ вероятность раздражающего действия составляет 20 %, 63 дБ – около 40 % [8]. Наиболее часто респонденты отмечали, что воздействие шума, создаваемого проезжающими поездами, вызывало раздражительность, головную боль, плохую концентрацию внимания и бессонницу.

Результаты работ M.S. Ragettli (2015), A.L. Brown et al. (2017) также свидетельствуют о неблагоприятном влиянии ж/д шума на состояние здоровья жителей, проживающих вблизи ж/д путей [9, 10]. При этом из числа заболеваний, причинами которых наряду с другими факторами может являться транспортный шум, в том числе железнодорожный, отмечаются болезни сердечно-сосудистой и нервной систем как в зарубежных [11–14], так и отечественных работах [15, 16].

Некоторые исследования, в частности N. Vincens et al. (2022), M.L. Cantuaria et al. (2023), указывают на наличие влияния ж/д шума на распространенность диабета и ожирения [17, 18], рака молочной железы [19], хотя такие результаты, по нашему мнению,

еще требуют верификации на основе проведения метаанализа по мере накопления данных.

В этой связи оценка уровня железнодорожного шума на территории жилой застройки является актуальной гигиенической задачей.

Цель исследования: оценка шумового воздействия железнодорожного транспорта и его вклада в создание зоны акустического дискомфорта на селитебных территориях города Воронежа.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования выбрана жилая зона объектов индивидуального жилищного строительства (частного сектора), расположенная в городе Воронеже, в микрорайоне Березовая роща по ул. Фронтальной с переулками, общей площадью 1,0 га, состоящая из одно- и двухэтажной застройки. Исследовался участок индивидуального жилищного строительства длиной 120 м (параллельно ж/д полотну).

Железнодорожное полотно, по которому активно курсируют пассажирские поезда дальнего и пригородного сообщения, расположено в непосредственной близости от жилых домов (25–30 м) и имеет следующие характеристики: тип шпал – железобетонные, тип пути – бесстыковой. На участке имеется остановочная платформа (о.п.) «Березовая роща» для поездов пригородного сообщения. Примерно в 70 м от исследуемого участка железной дороги параллельно проходит одна из загруженных магистралей города – улица Ломоносова, относящаяся к категории 1В (обычная, не скоростная дорога, с общим количеством полос движения в двух направлениях – 4, центральной разделительной полосой, с расчетной пропускной способностью более 14 тыс. автомобилей в сутки). По классификации, предложенной Н.Н. Мининой (2012), такая автомагистраль характеризуется как шумная и относится к 3-му классу шумности [24].

Таким образом, на жилую зону ул. Фронтальной оказывают влияние одновременно два мощных источника шума (автомобильный и ж/д транспорт), поэтому исследуемая селитебная территория нуждается в контроле уровня акустической нагрузки.

В ходе исследования влияния ж/д шума на акустический фон жилой городской застройки в период ноябрь 2023 – январь 2024 года проведены измерения уровня комбинированного шума (автотранспортный и ж/д) в 9 мониторинговых точках контроля (м. т. к.), количество которых подобрано таким образом, чтобы полностью покрыть территорию объекта исследования и проанализировать вклад движения ж/д транспорта в уровень шума по мере удаления жилых домов от железнодорожного полотна (25 – 50 – 75 м) (рис. 1).

В зоне расположения м. т. к. № 1–3 имеется шумозащитный экран из профилированного металлического листа высотой 2 м и длиной до 50 м, который заканчивается на границе остановочной платформы.

Измерительная часть работы выполнена сотрудниками кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета. Для измерения уровня шума использован шумомера «Ассистент» (1-й класс

точности). Измерения и анализ результатов проводились в соответствии с требованиями нормативных документов^{1,2}.

В качестве шумовой характеристики движения ж/д транспорта установлен эквивалентный уровень шума (дБА), измеренный на расстоянии 25 м от оси ближнего к точке измерения магистрального железнодорожного пути и на высоте 1,5 м над уровнем головки рельса. Для проходящего поезда шум измеряют до тех пор, пока уровень звука по меньшей мере снизится на 10 дБА относительно наибольшего мгновенного уровня звука в момент прохода поезда мимо точки измерения.

Всего выполнено 36 измерений (по 18 замеров днем и ночью) для двух видов подвижного состава (пассажирские поезда дальнего следования и поезда пригородного сообщения на электрической тяге) в выходные дни в разное время суток.

Дневной шум измерялся с 16:00 до 18:00 часов, ночной шум – с 06:00 до 06:50 часов. Следует отметить, что выбор времени выполнения измерений связан с расписанием движения поездов. Известно, что ночным считается шум, измеренный с 23:00 до 07:00 часов. Однако пригородные поезда прекращают свое движение в 22:00 часа, а возобновляют в 06:00 часов, поэтому ночной шум электропоездов измерялся в раннее утреннее время с 06:00 до 07:00 часов.

Выбор выходных дней (суббота и воскресенье) связан с тем, чтобы снизить влияние автотранспортного шума при оценке шумового фактора от движения поездов, т. к. в выходные дни поток автомобилей значительно меньше. В связи с тем что при оценке уровня шума железнодорожного транспорта полностью исключить автотранспортный шум в исследуемых точках не представляется возможным, оценивался комбинированный шум.

Вместе с тем при измерении уровня ж/д шума невозможно полностью отделить его от шума автотранспортного, поэтому после проведения измерений определение значений уровня ж/д шума производили расчетным путем по адаптированной формуле, опубликованной в статье А.Л. Пономарева и соавт. (2022) [25]:

$$L_{ж/д} = 10 \times \lg (10^{0,1 \cdot L_{общ}} - 10^{0,1 \cdot L_{авт}}),$$

где $L_{ж/д}$ – уровень шума от железнодорожного транспорта, дБА;

$L_{общ}$ – общий (комбинированный) шум, дБА;

$L_{авт}$ – уровень шума от автомобильного транспорта, дБА.

Для определения вклада ж/д транспорта в уровень общего шума необходимо путем логарифмического вычитания из комбинированного шума отнять рассчитанный уровень ж/д шума по формуле:

$$K_{ж/д} = 100 - \lg(L_{общ}/L_{ж/д}) \times 100\%,$$

где $K_{ж/д}$ – вклад уровня шума от железнодорожного транспорта, %;

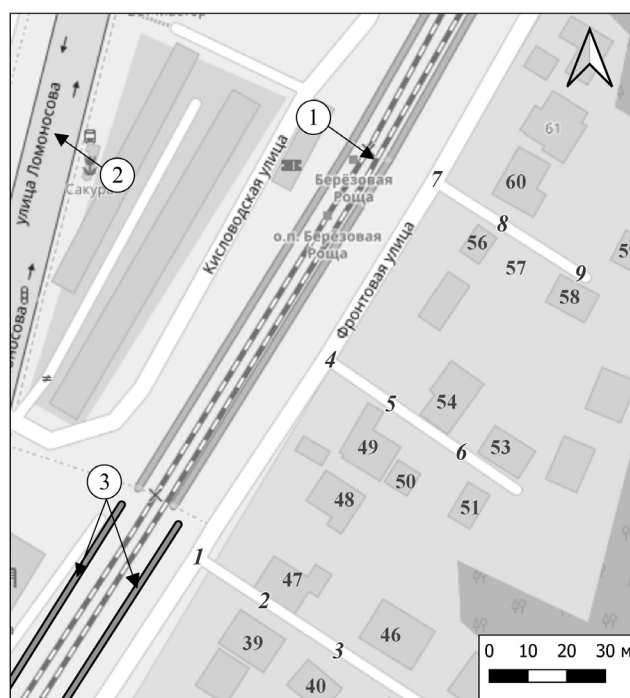
$L_{общ}$ – общий (комбинированный) шум, дБА;

$L_{ж/д}$ – уровень шума от железнодорожного транспорта, дБА.

По данным изменения уровня шумового воздействия составлены карты акустической нагрузки на территории объекта исследования. Построение карт акустической нагрузки осуществлялось в картографической программе Quantum GIS³.

Работа одобрена экспертной комиссией факультета географии, геоэкологии и туризма ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» (закключение от 30.01.2024).

Результаты. Анализ результатов выполненных измерений шумового фактора показал, что в связи с удаленностью ул. Ломоносова от оцениваемой



3. номер точки мониторинга уровня шума / number of the noise level monitoring point

1 железнодородное полотно (источник железнодорожного шума) / railway track (source of railway noise)

2 дорожное полотно - ул. Ломоносова (источник автотранспортного шума) / roadbed - Lomonosov St. (source of motor vehicle noise)

3 шумопоглощающие сооружения / Noise-absorbing structures

Рис. 1. Карта-схема расположения мониторинговых точек контроля для измерений уровня шума (в качестве подложки использовались карты из бесплатного сервиса Open Street Map⁴)

Fig. 1. The map chart showing location of noise measurement points (images from OpenStreetMap, a free, open geographic database, were used as a substrate)

¹ ГОСТ 31296.2–2006 «Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности». Часть 2.

² СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 г. № 2).

³ <https://qgis.org/ru/site/> Свободная географическая информационная система с открытым кодом, поддерживаемая международным сообществом разработчиков и пользователей.

⁴ <https://www.openstreetmap.org> [условия использования, предоставляемые Open Street Map Foundation (OSMF)].

территории индивидуальной жилой застройки уровень автотранспортного шума в течение суток практически находится в пределах нормы, за исключением м. т. к. (№ 1, 4, 7), в которых ПДУ в дневное время превышен на 1,4–1,7 дБА, в ночное – на 2,2–3,2 дБА. При прохождении поездов уровень шума резко увеличивается с 54,9–56,7 до 69,0–73,6 дБА (табл. 1 и 2).

Установлено, что в ночное время уровень комбинированного шума (при прохождении поезда) выше, чем днем. В дневное время вдоль ж/д полотна

уровень шума регистрировался в интервале от 69 до 73,6 дБА, что превышает ПДУ на 14–18,6 дБА (ПДУ = 55 дБА). В ночное время эквивалентный уровень шума находится в интервале от 70 до 74,9 дБА, что превышает установленные нормативы на 25–29,9 дБА (ПДУ = 45 дБА).

В зависимости от вида проходящих поездов, уровень шума от ж/д транспорта превышает установленные нормативы на 16,8–18,6 дБА (для пассажирских поездов дальнего сообщения) и на 14–15,3 дБА (для пассажирских поездов пригородного

Таблица 1. Уровни автотранспортного и комбинированного шума в зависимости от типа подвижного состава в дневное время

Table 1. Motor vehicle and combined noise levels depending on rail traffic in the daytime

№	№ м. т. к. / NMP No.	Местоположение мониторинговой точки контроля (м. т. к.) / Location of the noise measurement point (NMP)	Расстояние от ж/д полотна, м / Distance to the railway track, m	Движение железнодорожного транспорта / Rail traffic				Уровень экви- валентного шума от ж/д транспорта, дБА (расчет- ный метод) / Estimated rail traffic equivalent noise level, dBA	Вклад ж/д транспорта в уровень ком- бинированного шума (расчет- ный метод), % / Estimated contribution of rail traffic to the combined noise level, %
				нет / no		да / yes			
				Уровень экви- валентного шума от авто- транспорта, дБА / Equivalent noise level from motor vehicles, dBA	Превышение ПДУ автотран- спортного шума, дБА / Fold excess of the maximum permissible level, dBA	Уровень экви- валентного комбинирован- ного шума, дБА / Equivalent combined noise level, dBA	Превышение ПДУ комби- нированного шума, дБА / Fold excess of the maximum permissible level, dBA		
Пассажирские поезда дальнего сообщения / Long-distance passenger trains									
1	1	вдоль ж/д полотна (за экраном) / along the railway track (behind the screen)	25	54,9	—	71,8	16,8	71,7	99,95
2	2	ул. Фронтальная между д. 40 и д. 46 / between 40 and 46, Frontovaya Street	50	48,8	—	59,2	4,2	58,8	99,69
3	3	ул. Фронтальная между д. 41 и д. 45 / between 41 and 45, Frontovaya Street	75	45,0	—	53,4	—	52,7	99,45
4	4	вдоль ж/д полотна / along the railway track	25	56,4	1,4	73,5	18,5	73,4	99,95
5	5	ул. Фронтальная между д. 49 и д. 54 / between 49 and 54, Frontovaya Street	50	50,5	—	60,4	5,4	59,9	99,66
6	6	ул. Фронтальная между д. 50 и д. 53 / between 50 and 53, Frontovaya Street	75	46,7	—	54,2	—	53,3	99,31
7	7	вдоль ж/д полотна / along the railway track	25	56,7	1,7	73,6	18,6	73,5	99,95
8	8	ул. Фронтальная между д. 57 и д. 60 / between 57 and 60, Frontovaya Street	50	50,9	—	60,3	5,3	59,8	99,62
9	9	ул. Фронтальная между д. 58 и д. 59 / between 58 and 59, Frontovaya Street	75	46,6	—	54,5	—	53,7	99,38
Пассажирские поезда пригородного сообщения (с остановкой) / Commuter trains (making a stop)									
10	1	вдоль ж/д полотна (за экраном) / along the railway track (behind the screen)	25	54,9	—	69,0	14,0	68,8	99,89
11	2	ул. Фронтальная между д. 40 и д. 46 / between 40 and 46, Frontovaya Street	50	48,8	—	57,2	2,7	56,5	99,48
12	3	ул. Фронтальная между д. 41 и д. 45 / between 41 and 45, Frontovaya Street	75	45,0	—	50,0	—	48,3	98,54
13	4	вдоль ж/д полотна / along the railway track	25	56,4	1,4	70,3	15,3	70,1	99,89
14	5	ул. Фронтальная между д. 49 и д. 54 / between 49 and 54, Frontovaya Street	50	50,5	—	58,4	3,4	57,6	99,42
15	6	ул. Фронтальная между д. 50 и д. 53 / between 50 and 53, Frontovaya Street	75	46,7	—	51,7	—	50,0	98,59
16	7	вдоль ж/д полотна / along the railway track	25	56,7	1,7	70,1	15,1	69,9	99,87
17	8	ул. Фронтальная между д. 57 и д. 60 / between 57 and 60, Frontovaya Street	50	50,9	—	58,2	3,2	57,3	99,33
18	9	ул. Фронтальная между д. 58 и д. 59 / between 58 and 59, Frontovaya Street	75	46,6	—	51,6	—	49,9	98,59

Таблица 2. Уровни автотранспортного и комбинированного шума в зависимости от типа подвижного состава в ночное время**Table 2. Motor vehicle and combined noise levels depending on rail traffic at night**

№	№ м. т. к. / NMP No.	Местоположение мониторинговой точки контроля (м. т. к.) / Location of the noise measurement point (NMP)	Расстояние от ж/д полотна, м / Distance to the railway track, m	Движение железнодорожного транспорта / Rail traffic				Уровень эквивалентного шума от ж/д транспорта, дБА (расчетный метод) / Estimated rail traffic equivalent noise level, dBA	Вклад ж/д транспорта в уровень комбинированного шума (расчетный метод), % / Estimated contribution of rail traffic to the combined noise level, %
				нет / no		да / yes			
				Уровень эквивалентного шума от автотранспорта, дБА / Equivalent noise level from motor vehicles, dBA	Превышение ПДУ автотранспортного шума, дБА / Fold excess of the maximum permissible level, dBA	Уровень эквивалентного комбинированного шума, дБА / Equivalent combined noise level, dBA	Превышение ПДУ комбинированного шума, дБА / Fold excess of the maximum permissible level, dBA		
Пассажирские поезда дальнего сообщения / Long-distance passenger trains									
1	1	вдоль ж/д полотна (за экраном) / along the railway track (behind the screen)	25	47,2	2,2	72,6	27,6	72,6	99,99
2	2	ул. Фронтальная между д. 40 и д. 46 / between 40 and 46, Frontovaya Street	50	38,9	—	61,2	16,2	61,2	99,98
3	3	ул. Фронтальная между д. 41 и д. 45 / between 41 and 45, Frontovaya Street	75	32,2	—	55,1	10,1	55,1	99,98
4	4	вдоль ж/д полотна / along the railway track	25	48,2	3,2	74,9	29,9	74,9	99,99
5	5	ул. Фронтальная между д. 49 и д. 54 / between 49 and 54, Frontovaya Street	50	38,8	—	63,0	18,0	63,0	99,99
6	6	ул. Фронтальная между д. 50 и д. 53 / between 50 and 53, Frontovaya Street	75	33,1	—	56,7	11,7	56,7	99,99
7	7	вдоль ж/д полотна / along the railway track	25	48,1	3,1	74,7	29,7	74,7	99,99
8	8	ул. Фронтальная между д. 57 и д. 60 / between 57 and 60, Frontovaya Street	50	39,0	—	62,2	17,2	62,2	99,99
9	9	ул. Фронтальная между д. 58 и д. 59 / between 58 and 59, Frontovaya Street	75	33,6	—	56,1	11,1	56,1	99,98
Пассажирские поезда пригородного сообщения (с остановкой) / Commuter trains (making a stop)									
10	1	вдоль ж/д полотна (за экраном) / along the railway track (behind the screen)	25	47,2	2,2	70,0	25,0	70,0	99,99
11	2	ул. Фронтальная между д. 40 и д. 46 / between 40 and 46, Frontovaya Street	50	38,9	—	57,8	12,8	57,7	99,96
12	3	ул. Фронтальная между д. 41 и д. 45 / between 41 and 44, Frontovaya Street	75	32,2	—	50,5	5,5	50,4	99,94
13	4	вдоль ж/д полотна / along the railway track	25	48,2	3,2	72,0	27,0	72,0	99,99
14	5	ул. Фронтальная между д. 49 и д. 54 / between 49 and 54, Frontovaya Street	50	38,8	—	59,4	14,4	59,4	99,97
15	6	ул. Фронтальная между д. 50 и д. 53 / between 50 and 53, Frontovaya Street	75	33,1	—	52,5	7,5	52,4	99,96
16	7	вдоль ж/д полотна / along the railway track	25	48,1	3,1	71,9	26,9	71,9	99,99
17	8	ул. Фронтальная между д. 57 и д. 60 / between 57 and 60, Frontovaya Street	50	39,0	—	59,7	14,7	59,7	99,97
18	9	ул. Фронтальная между д. 58 и д. 59 / between 58 and 59, Frontovaya Street	75	33,6	—	52,0	7,0	51,9	99,95

сообщения с остановкой на платформе на 1–2 мин). Разница ж/д шума объясняется тем, что масса подвижного состава пассажирского поезда дальнего сообщения больше (13–18 вагонов), а пассажирских поездов пригородного сообщения (электропоездов) – меньше (4–8 вагонов). Кроме того, более продолжительный шум накапливается.

Экран, установленный вдоль ж/д полотна, незначительно снижает уровень комбинированного шума – на 1,5–2 дБА.

Наблюдается закономерное снижение уровня комбинированного шума, в том числе от ж/д транспорта, с увеличением расстояния от железной дороги до жилой застройки примерно на 12–13,5 дБА на расстоянии 50 м и на 18,2–20,4 дБА на расстоянии 75 м от ж/д полотна.

В дневное время комбинированный шум превышает ПДУ вдоль ж/д полотна (25 м) и на территории жилых домов (50 м), на расстоянии 75 м шумовая нагрузка в пределах нормы. Однако в ночное время комбинированный шум превышает

ПДУ на всей территории индивидуальной жилой застройки (25 – 50 – 75 м).

Установлено, что вклад шума от ж/д транспорта при прохождении подвижного состава в общее акустическое состояние территории составляет от 99,31 до 99,99 %.

Оценка акустического воздействия комбинированного шума (автотранспортный + железнодорожный) на селитебную территорию города Воронежа показала, что жители, проживающие вблизи ж/д полотна (на расстоянии до 25 м) в момент прохождения поездов, испытывают большой дискомфорт, особенно в ночное время. Это объясняется тем, что, с одной стороны, ночью затихают или вовсе исчезают посторонние шумы, а с другой – ночной воздух более холодный, значит и более плотный, звуки в таком воздухе более слышны.

По данным изменения уровня шумового воздействия с помощью программного обеспечения Quantum GIS составлены карты акустической нагрузки на территории объекта исследования (рис. 2, 3).

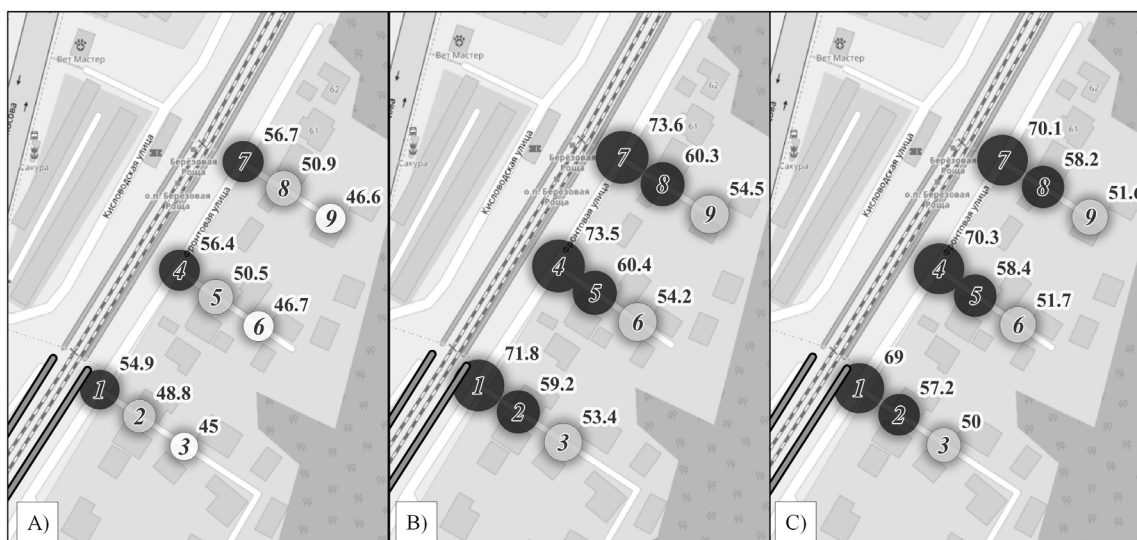
Полученные карты позволяют оценить влияние комбинированного шума на селитебную зону по мере удаления от источника акустического воздействия.

Анализ шумового состояния в дневное время показал, что в периоды отсутствия железнодорожного движения большая часть исследуемой территории находится в зоне акустического комфорта, лишь 30 % участка подвержена повышенному воздействию шума от автотранспорта. При прохождении железнодорожных составов через

селитебную территорию зона дискомфорта возрастает до 60 %.

В ночное время в периоды отсутствия железнодорожного движения, аналогично дневному времени, зона дискомфорта составляет 30 %. Железнодорожный транспорт при прохождении через селитебные территории образует 100 % зону дискомфорта.

Обсуждение. Исследования показывают, что существенное влияние на распространение звуковой волны от железнодорожного транспорта в городской черте оказывает тип городской застройки и проведение шумозащитных мероприятий (установка шумозащитных экранов вдоль ж/д путей, организация озелененных санитарных разрывов между ж/д путями и жилой застройкой [20–22], а из числа реализуемых в современном строительстве ж/д путей – использование рельсов без стыков и шумо-виброгасящих матов из композитных полимерных материалов под ж/д полотном [23]. Учитывая материалы данных исследований и наш опыт, при планировании измерений уровня железнодорожного шума в условиях города в общем случае следует иметь в виду следующие методические моменты: 1) при измерении ж/д шума необходимо учитывать тип шпал (железобетонные или деревянные) и тип пути (бесстыковой или звеньевой), от которых зависит создаваемый уровень шумовой нагрузки; 2) шум от ж/д транспорта формируется поездами различного вида пассажирскими и грузовыми (или товарными); в пассажирских перевозках различают



А) автотранспортный шум; В) шум от автотранспорта и пассажирских поездов;

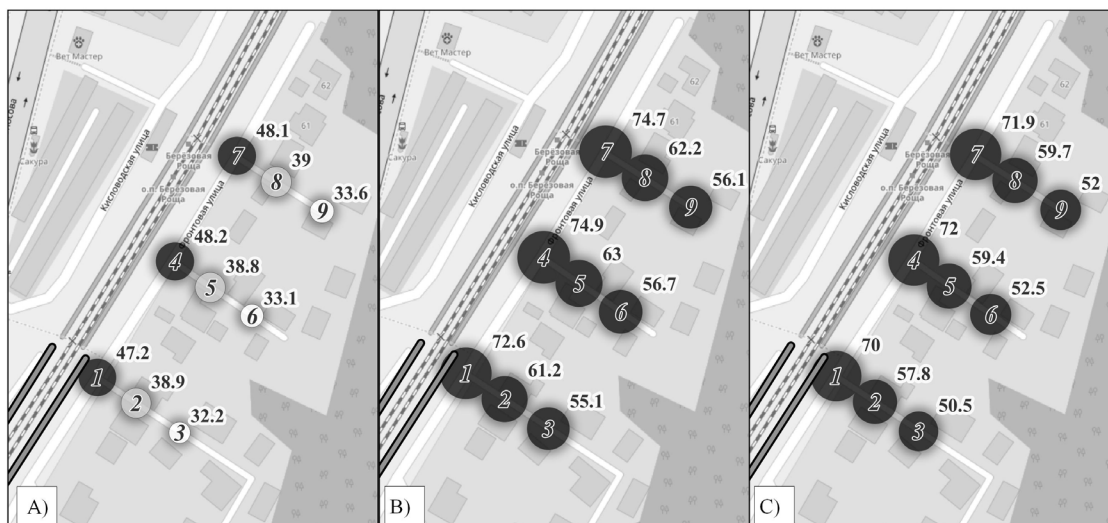
С) шум от автотранспорта и пригородных электропоездов

Рис. 2. Картосхемы уровня шума в дневное время суток

A) motor vehicle noise; B) noise from motor vehicles and passenger trains;

C) noise from motor vehicles and commuter trains

Fig. 2. Maps of daytime noise levels



Условные обозначения / Symbols:

шумозащитные сооружения /
noise-absorbing structures

32.2

номер точки мониторинга (3)
с указанием значения уровня шума (32.2) /
the number of the monitoring point (3)
indicating the value of the noise level (32.2)

уровень шума, дБА / noise level, dBA

30 - 35;

35 - 45;

45 - 75.

А) автотранспортный шум; В) шум от автотранспорта и пассажирских поездов;

С) шум от автотранспорта и пригородных электропоездов

Рис. 3. Картосхемы уровня шума в ночное время суток

A) motor vehicle noise; B) noise from motor vehicles and passenger trains;

C) noise from motor vehicles and suburban electric trains

Fig. 3. Maps of nighttime noise levels

скоростные, скорые и пассажирские подвижные составы в зависимости от скорости их движения; дальние и пригородные в зависимости от расстояния следования, что обусловлено массой и длиной подвижного состава. Поэтому при измерениях ж/д шума необходимо учитывать различные типы поездов. Последнее подтверждается исследованиями О.И. Копытенковой и соавт. (2019), установившей в частности, что на расстоянии 25 м от железнодорожного полотна для грузового подвижного состава, а также скоростных электропоездов типа «Сапсана», «Ласточки», «Аллегро» эквивалентный уровень звука составляет до 77 дБА, максимальный – до 83 дБА, для пассажирских поездов эквивалентный уровень звука составлял до 71 дБА, для электропоездов пригородного сообщения – 66–69 дБА [26].

Установить фактическую долю вклада ж/д транспорта в общую акустическую нагрузку на селитебные территории города, примыкающие к ж/д путям, достаточно сложно, так следует учитывать, что шум от автотранспорта носит практически постоянный характер, а ж/д шум возникает периодически. В этой связи, как аргументированно предложено Пономаревым А.Л. и соавт. (2022), возможно дополнение результатов натурных измерений расчетным методом, позволяющим оценить вклад в формирование шумовой нагрузки конкретного источника из нескольких [25]. Этот подход использован и в нашем исследовании.

Закключение. Результаты исследования показали значимость проведения мониторинговых работ на селитебных территориях города Воронежа по определению уровня шумовой нагрузки при формировании зоны акустического дискомфорта. Натурные измерения показали, что эквивалентный уровень шума вдоль железнодорожного полотна в дневное время превышает гигиенические нормативы на 1,4–1,7 дБА – без ж/д движения, и на 14–18,6 дБА при движении ж/д составов, а ночью – на 2,2–3,2 дБА – без ж/д движения, и на 25–29,9 дБА – при движении ж/д составов. В результате объект исследования в течение суток при отсутствии ж/д транспорта находится в зоне шумового воздействия выше ПДУ на 30 % своей территории, во время прохождения пассажирских поездов дальнего сообщения и пассажирских электропоездов пригородного сообщения зона дискомфорта днем возрастает до 60 %, ночью – до 100 %.

Интенсивность шума зависит от скорости движения и вида подвижного состава. При снижении скорости движения поезда можно уменьшить уровень шума. Поэтому скорость поездов, если подвижной состав находится в черте города, ограничена. Снижение шума, производимого железнодорожным транспортом, в нашем случае может быть достигнуто путем установки дополнительных светопрозрачных шумозащитных экранов, озеленением придомовой территории, отделяющей селитебную застройку от ж/д путей, древесно-кустарниковой

растительностью. В общем случае при проектировании железнодорожных путей сообщения и объектов их инфраструктуры необходимо предусматривать санитарно-защитные разрывы с современными шумозащитными мерами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колчин М.В. Влияние шума железнодорожного транспорта на человека и экосистему // *Аллея науки*. 2022. Т. 1. № 2 (65). С. 54–57.
2. Абубекирова А.Ш., Тынгыш А.Ж., Масенов К.Б. Влияние железнодорожных транспортов на окружающую среду // *The Scientific Heritage*. 2021. № 63-1 (63). С. 5–7. doi: 10.24412/9215-0365-2021-63-1-5-7
3. Репницын В.М., Ладыгин М.Е. Воздействие шума и вибраций железнодорожного и авиационного транспорта на здоровье человека // *Бюллетень Северного государственного медицинского университета*. 2023. № 2 (50). С. 72–77.
4. Лыков А.С., Гомелев В.В., Яицков И.А. Основные источники шумового дискомфорта, возникающего при работе железнодорожного транспорта // *Труды Ростовского государственного университета путей сообщения*. 2021. № 3 (56). С. 20–22.
5. Баланов И.А., Лыков А.С., Гомелев В.В. Классификация источников шума подвижного состава // *Труды Ростовского государственного университета путей сообщения*. 2022. № 1 (58). С. 7–13.
6. Smith MG, Cordoza M, Basner M. Environmental noise and effects on sleep: An update to the WHO Systematic Review and Meta-Analysis. *Environ Health Perspect*. 2022;130(7):76001. doi: 10.1289/EHP10197
7. Ögren M, Gidlöf-Gunnarsson A, Smith M, Gustavsson S, Persson Wayne K. Comparison of annoyance from railway noise and railway vibration. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(7):805. doi: 10.3390/ijerph14070805
8. Pultznerova A, Eva P, Kucharova D, Argalasova L. Railway noise annoyance on the railway track in Northwest Slovakia. *Noise Health*. 2018;20(94):90-100. doi: 10.4103/nah.NAH_59_17
9. Ragetti MS, Goudreau S, Plante C, Perron S, Fournier M, Smargiassi A. Annoyance from road traffic, trains, airplanes and from total environmental noise levels. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;13(1):90. doi: 10.3390/ijerph13010090
10. Brown AL, van Kamp I. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A systematic review of transport noise interventions and their impacts on health. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(8):873. doi: 10.3390/ijerph14080873
11. Héritier H, Vienneau D, Foraster M, et al; SNC study group. Transportation noise exposure and cardiovascular mortality: A nationwide cohort study from Switzerland. *Eur J Epidemiol*. 2017;32(4):307-315. doi: 10.1007/s10654-017-0234-2
12. Pyko A, Roswall N, Ögren M, et al. Long-term exposure to transportation noise and ischemic heart disease: A pooled analysis of nine Scandinavian cohorts. *Environ Health Perspect*. 2023;131(1):17003. doi: 10.1289/EHP10745
13. Petri D, Licitra G, Vigotti MA, Fredianelli L. Effects of exposure to road, railway, airport and recreational noise on blood pressure and hypertension. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(17):9145. doi: 10.3390/ijerph18179145
14. Fu X, Wang L, Yuan L, et al. Long-term exposure to traffic noise and risk of incident cardiovascular diseases: A systematic review and dose-response meta-analysis. *J Urban Health*. 2023;100(4):788-801. doi: 10.1007/s11524-023-00769-0
15. Салыхова А.И. Акустическое воздействие железнодорожного транспорта на человека // *Матрица научного познания*. 2023. № 5-2. С. 683–685.
16. Буторина М.В., Куклин Д.А., Васильев А.П., Шабарова А.В. Риск-ориентированный подход к оценке шума железнодорожного транспорта // *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. 2019. № 1 (73). С. 28–33.
17. Vincens N, Persson Wayne K. Railway noise and diabetes among residents living close to the railways in Västra Götaland, Sweden: Cross-sectional mediation analysis on obesity indicators. *Environ Res*. 2022;212(Pt B):113477. doi: 10.1016/j.envres.2022.113477
18. Cantuaria ML, Pedersen ER, Poulsen AH, et al. Transportation noise and risk of tinnitus: A nationwide cohort study from Denmark. *Environ Health Perspect*. 2023;131(2):27001. doi: 10.1289/EHP11248
19. Sørensen M, Poulsen AH, Kroman N, et al. Road and railway noise and risk for breast cancer: A nationwide study covering Denmark. *Environ Res*. 2021;195:110739. doi: 10.1016/j.envres.2021.110739
20. Есева Е.А., Беленюк И.Ф., Маракулина С.П., Гончарук А.Г. Акустическая защита жилой среды вблизи железных дорог // *Путь и путевое хозяйство*. 2023. № 3. С. 22–23.
21. Май И.В., Кошурников Д.Н. Сценарное прогнозирование шумовой нагрузки в задачах пространственного городского планирования и застройки // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика*. 2021. № 1 (41). С. 46–57. doi: 10.15593/2409-5125/2021.01.04
22. Копытенкова О.И., Афанасьева Т.А., Бурнашов Л.Б., Кузнецова Е.Б. Гигиеническая оценка мер снижения сверхнормативного акустического воздействия на жилые территории // *Гигиена и санитария*. 2019. Т. 98. № 6. С. 671–676. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-671-676
23. Локтев А.А., Илларионова Л.А., Соколов А.А. Оценка влияния числа подвижных источников на шум и вибрации в городской среде вблизи транспортных магистралей // *Транспорт. Транспортные сооружения. Экология*. 2023. № 3. С. 75–84. doi: 10.15593/24111678/2023.03.08
24. Минина Н.Н. Классификация автомобильных дорог по шуму и расчет шума автотранспорта // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2012. Т. 14. № 1-3. С. 909–912.
25. Пономарев А.Л., Уланова Т.С., Молок О.А., Одегов А.А. Метод измерения шума и оценка вклада крупного промышленного предприятия в шумовую обстановку селитебной территории // *Здоровье населения и среда обитания*. 2022. Т. 30. № 12. С. 59–65. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-12-59-65
26. Копытенкова О.И., Афанасьева Т.А. Эффективность снижения шума от железнодорожного транспорта акустическими экранами // *Гигиена и санитария*. 2023. Т. 102. № 8. С. 764–767. doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-8-764-767

REFERENCES

1. Kolchin MV. [The impact of railway noise on humans and the ecosystem.] *Alleya Nauki*. 2022;1(2(65)):54-57. (In Russ.)
2. Abubekirova A, Tyngysh A, Massenov K. The impact of rail transport on the environment. *The Scientific Heritage*. 2021;(63-1(63)):5-7. (In Russ.) doi: 10.24412/9215-0365-2021-63-1-5-7

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-3-23-32>
Original Research Article

3. Reprnitsyn VM, Ladygin ME. [The impact of noise and vibrations of railway and aviation transport on human health.] *Byulleten' Severnogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta*. 2023;(2(50)):72-77. (In Russ.)
4. Lykov AS, Gomelov VV, Yaitskov IA. The main sources of noise discomfort occurring during the operation of railway transport. *Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya*. 2021;(3(56)):20-22. (In Russ.)
5. Balanov IA, Lykov AS, Gomelev VV. Classification of rolling stock noise sources. *Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya*. 2022;(1(58)):7-13. (In Russ.)
6. Smith MG, Cordoza M, Basner M. Environmental noise and effects on sleep: An update to the WHO Systematic Review and Meta-Analysis. *Environ Health Perspect*. 2022;130(7):76001. doi: 10.1289/EHP10197
7. Ögren M, Gidlöf-Gunnarsson A, Smith M, Gustavsson S, Persson Wayne K. Comparison of annoyance from railway noise and railway vibration. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(7):805. doi: 10.3390/ijerph14070805
8. Pultznerova A, Eva P, Kucharova D, Argalasova L. Railway noise annoyance on the railway track in North-west Slovakia. *Noise Health*. 2018;20(94):90-100. doi: 10.4103/nah.NAH_59_17
9. Ragettli MS, Goudreau S, Plante C, Perron S, Fournier M, Smargiassi A. Annoyance from road traffic, trains, airplanes and from total environmental noise levels. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;13(1):90. doi: 10.3390/ijerph13010090
10. Brown AL, van Kamp I. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A systematic review of transport noise interventions and their impacts on health. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(8):873. doi: 10.3390/ijerph14080873
11. Héritier H, Vienneau D, Foraster M, et al; SNC study group. Transportation noise exposure and cardiovascular mortality: A nationwide cohort study from Switzerland. *Eur J Epidemiol*. 2017;32(4):307-315. doi: 10.1007/s10654-017-0234-2
12. Pyko A, Roswall N, Ögren M, et al. Long-term exposure to transportation noise and ischemic heart disease: A pooled analysis of nine Scandinavian cohorts. *Environ Health Perspect*. 2023;131(1):17003. doi: 10.1289/EHP10745
13. Petri D, Licitra G, Vigotti MA, Fredianelli L. Effects of exposure to road, railway, airport and recreational noise on blood pressure and hypertension. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(17):9145. doi: 10.3390/ijerph18179145
14. Fu X, Wang L, Yuan L, et al. Long-term exposure to traffic noise and risk of incident cardiovascular diseases: A systematic review and dose-response meta-analysis. *J Urban Health*. 2023;100(4):788-801. doi: 10.1007/s11524-023-00769-0
15. Salakhova AI. Acoustic effects of railway transport on humans. *Matritsa Nauchnogo Poznaniya*. 2023;(5-2):683-685. (In Russ.)
16. Butorina MV, Kuklin DA, Vasilyev AP, Shabarova AV. Risk-oriented approach to estimation of railway noise. *Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya*. 2019;(1(73)):28-33. (In Russ.)
17. Vincens N, Persson Wayne K. Railway noise and diabetes among residents living close to the railways in Västra Götaland, Sweden: Cross-sectional mediation analysis on obesity indicators. *Environ Res*. 2022;212(Pt B):113477. doi: 10.1016/j.envres.2022.113477
18. Cantuaria ML, Pedersen ER, Poulsen AH, et al. Transportation noise and risk of tinnitus: A nationwide cohort study from Denmark. *Environ Health Perspect*. 2023;131(2):27001. doi: 10.1289/EHP11248
19. Sørensen M, Poulsen AH, Kroman N, et al. Road and railway noise and risk for breast cancer: A nationwide study covering Denmark. *Environ Res*. 2021;195:110739. doi: 10.1016/j.envres.2021.110739
20. Yeseva E, Beleniuk I, Marakulina S, Goncharuk A. Acoustic protection of the residential environment near railways. *Put' i Putevye Khozyaystvo*. 2023;(3):22-23. (In Russ.)
21. May I, Koshurnikov D. Scenarios prediction of noise load in the problems of spatial urban planning and development. *Vestnik Permskogo Natsional'nogo Issledovatel'skogo Politekhnikeskogo Universiteta. Prikladnaya Ekologiya. Urbanistika*. 2021;(1(41)):46-57. (In Russ.) doi: 10.15593/2409-5125/2021.01.04
22. Kopytenkova OI, Afanaseva TA, Bumashov LB, Kuznetsova EB. Hygienic assessment of interventions for reducing excessive acoustic impact on residential areas. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(6):671-676. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-671-676
23. Loktev AA, Illarionova LA, Sokolov AA. Assessment of the impact of the number of mobile sources on noise and vibrations in the urban environment near highways. *Transport. Transportnye Sooruzheniya. Ekologiya*. 2023;(3):75-84. (In Russ.) doi: 10.15593/24111678/2023.03.08
24. Minina N. Automobile roads classification and noise prediction. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk*. 2012;14(1-3):909-912. (In Russ.)
25. Ponomarev AL, Ulanova TS, Molok OA, Odegov AA. Environmental noise measurement technique and evaluation of contribution of a large industrial enterprise to noise pollution in the neighboring residential area. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(12):59-65. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-12-59-65
26. Kopytenkova OI, Afanasyeva TA. Efficiency of reduction of noise from railway transport by acoustic screens. *Gigiena i Sanitariya*. 2023;102(8):764-767. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-8-764-767

Сведения об авторах:

Суханов Павел Алексеевич – аспирант кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды; e-mail: suhanov.1990@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6234-8887>.

Прожорина Татьяна Ивановна – к.х.н., доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды; e-mail: coriander@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2808-0802>.

Боева Анастасия Сергеевна – преподаватель кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды; e-mail: nastya.boeva.82@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4793-4607>.

✉ **Клепиков Олег Владимирович** – д.б.н., профессор, профессор кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды; e-mail: klepa1967@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9228-620X>.

Информация о вкладе авторов: проведение измерений, анализ данных, подготовка картографического иллюстрационного материала: *Суханов П.А.*; дизайн исследования, проведение измерений, курирование проведения измерений: *Прожорина Т.И.*; проведение измерений, анализ данных: *Боева А.С.*; подготовка обзора зарубежных и отечественных исследований, проверка, структурирование и редактирование материала: *Клепиков О.В.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 20–17–00172, <https://rscf.ru/project/20-17-00172>.

Конфликт интересов: соавтор статьи Клепиков О.В. является членом редакционного совета научно-практического журнала «Здоровье населения и среда обитания», остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 31.01.24 / Принята к публикации: 09.03.24 / Опубликовано: 29.03.24

Author information:

Pavel A. **Sukhanov**, postgraduate student, Department of Geoecology and Environmental Monitoring; e-mail: sukhanov.1990@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6234-8887>.

Tatiana I. **Prozhorina**, Cand. Sci. (Chem.), Associate Professor, Department of Geoecology and Environmental Monitoring; e-mail: coriander@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2808-0802>.

Anastasiya S. **Boeva**, lecturer, Department of Geoecology and Environmental Monitoring; e-mail: nastya.boeva.82@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4793-4607>.

✉ Oleg V. **Klepikov**, Dr. Sci. (Biol.), Prof.; Professor, Department of Geoecology and Environmental Monitoring; e-mail: klepa1967@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9228-620X>.

Author contribution: measurements, data analysis, preparation of cartographic illustrative material: *Sukhanov P.A.*; study design, measurement supervision: *Prozhorina T.I.*; measurements, data analysis: *Boeva A.S.*; bibliography compilation and referencing, verification, structuring and editing: *Klepikov O.V.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: The research was supported by the Russian Science Foundation, grant No. 20–17–00172, <https://rscf.ru/project/20-17-00172/>.

Conflict of interest: Oleg V. Klepikov is a member of the editorial council of the journal *Public Health and Life Environment*; other authors have no conflicts of interest to declare.

Received: January 31, 2023 / Accepted: March 10, 2024 / Published: March 29, 2024