

© Леванчук А.В., Копытенкова О.И., Афанасьева Т.А., 2020

УДК 613.5: 625

Гигиеническое обоснование методов снижения акустической нагрузки в жилых помещениях

А.В. Леванчук¹, О.И. Копытенкова^{1,2}, Т.А. Афанасьева¹

¹ФГБОУ «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», Московский пр., д. 9, г. Санкт-Петербург, 190031, Российская Федерация

²ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 2-я Советская ул., д. 4, Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

Резюме: *Введение.* Транспортные потоки являются причиной шумового дискомфорта на 75–80 % территорий городов. Автомобильные и железнодорожные линейные объекты, располагаясь возле жилой застройки, формируют в ней уровень шума, превышающий существующие нормы на 5–30 дБ. В Российской Федерации в зоне сверхнормативной акустической нагрузки от транспортных потоков проживает примерно 20–25 % населения. В настоящее время существуют методы снижения акустической нагрузки на территории жилой застройки, тем не менее число жалоб на сверхнормативное воздействие шума в жилых помещениях постоянно растет. *Цель исследования.* Выполнить гигиеническое обоснование дополнительного метода снижения акустической нагрузки в жилых помещениях на основе изучения и анализа уровня акустического дискомфорта. *Методы исследования.* Измерение, оценка и анализ уровня шума вдоль автомобильных и железнодорожных линейных объектов и в реверберационной камере проведено в соответствии с действующей нормативно-технической документацией. *Использован шумомер-виброметр, анализатор спектра «ЭКОФИЗИКА-110А».* Обработка материала проведена с использованием программного обеспечения «Signal+/110 Utilities». Проведено исследование характеристик звукоизоляции воздушного шума ставнями из полиэстера с огнезащитными свойствами. *Результаты исследования.* Результаты свидетельствуют о превышении шума на территории жилой застройки, в районе линейных объектов транспортной инфраструктуры. Автомобильные транспортные потоки формируют акустическую нагрузку в диапазоне 71–84 дБА, потоки городского железнодорожного транспорта (трамваи) – 61–80 дБА, проход единичного железнодорожного транспортного средства создает шум на уровне 66–77 дБА. Превышение гигиенических нормативов может достигать 32–39 дБА в ночное время. Выделен материал, обладающий наилучшими свойствами звукоизоляции, показавший эффективность на уровне 5 дБА. *Заключение.* На территории жилой застройки в районах развитой улично-дорожной автомобильной сети городов и линейных объектов железнодорожного транспорта в настоящее время наблюдается ситуация, характеризуемая как акустический дискомфорт. Существующие методы шумоизоляции и шумоподавления недостаточно эффективны или не могут быть использованы в сложившейся градостроительной ситуации для снижения риска негативных реакций организма человека на сверхнормативное воздействие шума в жилых помещениях, особенно в ночное время. Снижение акустической нагрузки на 5дБА позволит уменьшить риск негативных реакций организма человека на воздействие шума. **Ключевые слова:** шум; акустическая нагрузка, транспортные потоки, шумозащитные мероприятия. **Для цитирования:** Леванчук А.В., Копытенкова О.И., Афанасьева Т.А. Гигиеническое обоснование методов снижения акустической нагрузки в жилых помещениях // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 10 (331). С. 46–51. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-46-51>

Hygienic Substantiation of Acoustic Load Reduction Methods for Residential Premises

A.V. Levanchuk¹, O.I. Kopytenkova^{1,2}, T.A. Afanasieva¹

¹Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University,
9 Moskovsky Avenue, 190031, Saint Petersburg, Russian Federation

²North-West Public Health Research Center, 4 2nd Sovetskaya Street, 191036, Saint Petersburg, Russian Federation

Summary. *Introduction:* Traffic flows cause noise discomfort in 75–80 % of urban territories. Automobile and railway subjects located near residential buildings generate indoor noise levels that exceed current standards by 5–30 dB. Approximately 20–25% of the Russian population live in areas of excessive traffic-related acoustic load. Despite the existing methods of acoustic load reduction in residential quarters, the number of complaints about high noise exposures in residential buildings keeps growing. Our objectives was to give a hygienic substantiation of an additional method of acoustic load reduction in residential premises based on the results of analyzing the level of acoustic discomfort. *Materials and methods:* Measurements, assessment and analysis of the noise level along automobile roads and railways and in the reverberation chamber were carried out in accordance with the current regulatory and technical documentation using a noise/vibration meter and spectrum analyzer “EKOFIKAZ-110A”. Data was processed using the Signal+/110 Utilities software. We studied characteristics of sound insulation of airborne noise with polyester shutters with fire retardant impregnation. *Results:* The results showed that high noise exposure levels in residential areas with transport infrastructure. Automobile traffic flows form an acoustic load in the range of 71–84 dBA, urban railway traffic flows (trams) – 61–80 dBA, and a train – 66–77 dBA. The excess of hygienic standards at night can reach 32 to 39 dBA. The material with the best sound insulation properties was selected showing an efficiency of 5 dBA. *Conclusions:* Acoustic discomfort is now registered in urban residential areas with developed automobile and railroad networks. Available methods of soundproofing and noise mitigation are not effective enough or may not be used in the current urban development situation to reduce the risk of negative reactions of the human body to excessive noise exposures in residential premises, especially at night. A 5 dBA acoustic load reduction can lower the risk of negative reactions of the human body to noise exposures.

Keywords: noise, acoustic load, traffic flows, noise control measures.

For citation: Levanchuk AV, Kopytenkova OI, Afanasieva TA. Hygienic substantiation of acoustic load reduction methods for residential premises. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020; (10(331)):46–51. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-46-51>

Author information: Kopytenkova O.I., <https://orcid.org/0000-0001-8412-5457>.

Введение. Современный этап существования городов с развитой транспортной инфраструктурой характеризуется наличием территорий со сверхнормативным уровнем акустической нагрузки на жилую застройку¹, сформирован-

ной транспортными потоками. По данным Роспотребнадзора, уровень шума на ряде территорий превышает гигиенические нормативы на 34 дБА в дневное время суток и на 43 дБА в ночное время² (в 5–7 раз выше нормы).

¹ Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019. 844 с.

² Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году».

В городах, где автомобильные и железнодорожные линейные объекты располагаются непосредственно возле жилой застройки, уровень шума в жилой застройке превышает существующие нормы³ на 5–30 дБ [1–6]. Транспортные потоки являются причиной шумового дискомфорта на 75–80 % территорий городов [7–11]. По данным, приведенным в Транспортной стратегии Российской Федерации³, в зоне сверхнормативной акустической нагрузки от транспортных потоков проживает примерно 20–25 % населения.

В настоящее время существуют методы снижения акустической нагрузки на территории жилой застройки [12–22], тем не менее, число жалоб на сверхнормативное воздействие шума в жилых помещениях постоянно растет^{4,5,6,7} [23, 25–28].

Цель исследования. Выполнить гигиеническое обоснование дополнительного метода снижения акустической нагрузки в жилых помещениях на основе изучения и анализа уровня акустического дискомфорта.

Методы исследования. Измерение, оценку и анализ уровня шума вдоль автомобильных и

железнодорожных линейных объектов проводили в соответствии с действующей нормативно-технической документацией^{8,9,10,11,12,13}. Измерения проводены в дневное и ночное время суток на открытой территории.

Кроме того, выполнены экспериментальные исследования в реверберационной камере. Измеряли уровни звукового давления в октавных полосах (дБ) и уровни звука (дБА). Определяли значения звукоизоляции R, индекса звукоизоляции Rw воздушного шума. В качестве средства измерения использован шумомер-вибромметр, анализатор спектра «ЭКОФИЗИКА-110А». Измерения проведены в соответствии с требованиями актуальной нормативной документации^{14,15}. Обработка материала проведена с использованием программного обеспечения «Signal+/110 Utilities».

Результаты. Результаты измерения внешнего шума автомобильных транспортных потоков приведены в табл. 1, результаты измерения параметров железнодорожных транспортных средств — в табл. 2 и 3.

Таблица 1. Результаты измерения эквивалентного уровня шума автомобильных транспортных потоков на расстоянии 7,5 м от оси крайней полосы

Table 1. Results of measuring equivalent noise levels of automobile traffic flows at a distance of 7.5 m from the axis of the outer lane

Категория дороги / Road category	Число полос движения / Number of lanes	Эквивалентный уровень шума, дБА / Equivalent noise level, dBA
Улично-дорожная сеть местного значения, до 500 авт./ч. / Local road network, up to 500 vehicles per hour (VPH)	2	71–73
	4	73–75
Улично-дорожная сеть районного значения, магистральные улицы, 500–1000 авт./ч. / District road network, main streets, 500–1,000 VPH	2	73–75
	4	74–76
Магистральные улицы общегородского значения, 1000–3000 авт./ч. / Main streets of citywide significance, 1,000–3,000 VPH	4	75–77
	6	76–78
	8	77–79
Магистральные улицы общегородского значения с непрерывным движением, 3000–4000 авт./ч. / Main streets of citywide significance with continuous traffic, 3,000–4,000 VPH	4	77–79
	6	78–80
	8	79–81
Магистрали с регулярным автомобильным движением, 3000–4500 авт./ч. / Highways with regular automobile traffic 3,000–4,500 VPH	2	72–74
	4	74–76
	6	77–79
Скоростные магистральные дороги, 3000–9000 авт./ч. / Speed highways, 3,000–9,000 VPH	4	80–83
	6	81–83
	8	82–84

³ Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года.

⁴ Копытенкова О.И., Афанасьева Т.А., Курепин Д.Е. и др. База данных величина риска утраты здоровья населением при воздействии шума транспортных потоков // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2019622091, 15.11.2019. Заявка № 2019622030 от 06.11.2019.

⁵ Копытенкова О.И., Афанасьева Т.А., Курепин Д.Е. и др. База данных величина риска негативных реакций населения на воздействие шума транспортных потоков по показателям раздражения и вероятности предъявления жалоб // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2019622092, 15.11.2019. Заявка № 2019622027 от 06.11.2019.

⁶ Леванчук А.В., Курепин Д.Е. Использование геоинформационного метода для решения проблемы воздействия шума транспортных потоков на окружающую среду // В сборнике: Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2018). материалы VI Международной научно-практической конференции. 2018. С. 89–93.

⁷ Копытенкова О.И., Курепин Д.Е., Леванчук А.В. и др. База данных спектральных характеристик источников шума железнодорожного транспорта // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2017620441, 18.04.2017. Заявка № 2017620154 от 27.02.2017.

⁸ МУК 4.3.2194–07 «Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях».

⁹ ГОСТ 20444–2014 «Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики».

¹⁰ СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах в жилых помещениях, общественных зданий и территорий жилой застройки».

¹¹ СП 51.13330.2011 «Защита от шума». Актуализированная редакция СНиП 23–03–2003 (с Изменением № 1).

¹² ГОСТ 12090–80 «Частоты для акустических измерений. Предпочтительные ряды».

¹³ ГОСТ 31296.2–2006 «Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности». Часть 2. Определение уровней звукового давления (ISO 1996–2:2007).

¹⁴ ГОСТ Р ИСО 10140–1–2012 «Акустика. Лабораторные измерения звукоизоляции элементов зданий». Часть 1. Правила испытаний строительных изделий определенного вида.

¹⁵ ГОСТ Р ИСО 10140–2–2012 «Акустика. Лабораторные измерения звукоизоляции элементов зданий». Часть 2. Измерение звукоизоляции воздушного шума.

Таблица 2. Результаты измерения внешнего шума трамваев на расстоянии 7,5 м во время прохождения по улично-дорожной сети

Table 2. Results of measuring external noise from passing trams at a distance of 7.5 m

Тип верхнего строения пути / Type of the top structure of the way	Эквивалентный уровень шума (дБА) / Equivalent noise level (dBA)							
	При интенсивности движения потока трамваев, ед./ч / Tram flow intensity, VPH							
	6	8	10	12	16	20	26	30
Монолитно-бетонное / Monolithic concrete	69	71	72	72	74	74	77	80
Шпально-щебеночное / Ballast (crushed stone) and sleeper	65	66	68	68	69	72	73	74
Шпально-щебеночное на монолитной основе / Ballast and sleeper on a monolithic basis	61	63	66	66	67	69	70	71
Шпалы на песочной основе / Sand-based sleepers	61	62	64	65	66	68	70	71

Таблица 3. Результаты измерения внешнего шума железнодорожного транспорта на расстоянии 25 м во время движения поезда

Table 3. Results of measuring external noise from passing trains at a distance of 25 m

Тип поезда, количество вагонов / Type of train, number of cars	Характер движения поезда / Nature of train movement	Октава со средними геометрическими частотами, Гц / Octave with average geometric frequencies, Hz									Эквивалентный уровень шума, дБА / Equivalent noise level (dBA)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
		Эквивалентные уровни звукового давления, Leq окт дБ / Equivalent sound pressure levels, Leq oct dB									
Пассажирский, 16 вагонов / Passenger, 16	Ровный участок / Flat segment	70,3	71,3	68,4	68,5	69,3	67,3	62,5	61,8	52,0	71,8
«Сапсан», 10 / Sapsan, 10	Ровный участок / Flat segment	72,7	71,2	72,4	68,2	70,2	70,5	68,3	55,9	72,7	76,2
«Сапсан», 20 / Sapsan, 10	Ровный участок / Flat segment	75,5	76,5	75,3	72,9	71,5	70,5	71,1	70,2	67,2	77,5
«Аллегро», 7 / Allegro, 7	Ровный участок / Flat segment	81,3	80,5	80,3	74,4	71,3	71,4	70,9	67,5	53,4	77
«Ласточка», 5 / Lastochka, 5	Ровный участок / Flat segment	76,0	78,2	77,5	67,1	68,6	73,2	71,5	65,1	50,2	76,9
Электропоезд, 8–10 / Electric train, 8–10	Торможение / Braking	70,3	70,2	68,3	65,6	64,8	63,3	62,5	60,5	48,3	69,1
	Разгон / Acceleration	65,1	67,9	67,5	60,2	61,3	64,3	63,1	58,4	41,3	68,6
	Ровный участок / Flat segment	63,4	64,3	65,2	63,1	62,7	61,5	58,4	57,5	42,3	66,3
Грузовой поезд, 61 / Freight train, 61	Ровный участок / Flat segment	91,6	90,0	80,4	67,6	70,1	71,4	72,4	67,1	52,8	77,4
58 вагонов / 58 cars	Ровный участок / Flat segment	85,2	86,4	81,5	79,5	76,4	67,8	62,6	65,5	51,3	77,1

В настоящем исследовании использован термин «шум внешнего источника» (ШВИ), который представляет собой шум линейного объекта железнодорожного транспорта или автомобильного транспортного потока по улично-дорожной сети (УДС) населенных пунктов. Результаты исследования позволили установить, что измеренные уровни внешнего шума от транспортных потоков значительно превышают гигиенические нормативы как в ночное, так и в дневное время суток. Снижение ШВИ в сложившейся градостроительной ситуации происходит за счет естественных причин (увеличение расстояния от источника, естественные преграды, поглощение и отражение поверхностью территории, состояние атмосферы и др.). Кроме того, разработаны и применяются различные методы защиты от шума зданий и непосредственно прилегающих к ним территорий [12–22]: организационные мероприятия регулирования транспортных потоков, совершенствование железнодорожного подвижного состава, верхнего строения пути и автомобильных дорог (общие мероприятия); зоны санитарного разрыва, шумозащитные экраны, полосы зеленых насаждений, шумозащитные оконные блоки (специфические мероприятия).

Результаты исследований отечественных и зарубежных авторов [1–11, 13–28] показали, что при интенсивном движении автомобильных и железнодорожных транспортных потоков

существующие меры шумозащиты даже на расстоянии до 200–500 м от источника не снижают акустической нагрузки в жилых помещениях до гигиенических нормативов, особенно в ночное время. Увеличение расстояния от источника затрудняет транспортную доступность, социально и экономически нецелесообразно. Кроме того, транспортные средства проектируются и производятся с использованием наилучших доступных технологий, а сложившаяся градостроительная ситуация не позволяет создать полосы зеленых насаждений достаточной ширины, акустические экраны не обладают достаточной эффективностью в условиях высокоэтажной застройки, оконные блоки имеют ограниченную звукоизоляцию. Вместе с тем применение всего комплекса перечисленных мероприятий позволит значительно понизить интенсивность шума в жилых помещениях. Однако в ряде ситуаций использование шумозащитных мероприятий, за исключением шумозащитного остекления, невозможно (например, жилые дома на территории с густой улично-дорожной сетью). Эффективность ряда мероприятий, направленных на снижение шума транспортных потоков, приведена в табл. 4.

В ряде ситуаций использование всего комплекса шумозащитных мероприятий затруднено. Для снижения акустической нагрузки на жилые (спальные) помещения в ночное время рассмотрена возможность использования тканевых

жалюзи (специально закрепленных ставней). Экспериментальная оценка эффективности для жилых и общественных зданий звукоизоляции внешнего воздушного шума специально закрепленными тканевыми ставнями проведена в звукомерной реверберационной камере. Испытано 6 опытных образцов, сплетенных с использованием нитей различного качества по двум различным технологиям. Результаты испытания представлены в табл. 5.

Обсуждение результатов. Результаты исследования позволили получить реальные характеристики шума, излучаемого автомобильными транспортными потоками различной интенсивности, рассчитать характеристики для потока городского железнодорожного транспорта (трамваи) и получить исходные данные для расчетов акустической нагрузки железнодорожными транспортными потоками. Результаты свидетельствуют о значительном превышении шума на территории жилой застройки, расположенной в районе линейных объектов транспортной инфраструктуры. Так, автомобильные транспортные потоки формируют акустическую нагрузку в диапазоне 71–84 дБА, потоки городского железнодорожного транспорта (трамваи) – 61–80 дБА, проход единичного железнодорожного транспортного средства создает шум на уровне 66–77 дБА. Шум транспортных потоков значительно превышает гигиенические нормативы эквивалентного уровня 55 дБА для дневного периода и 45 – для ночного периода суток. Превышение может достигать 32–39 дБА в ночное время.

Проведенные ранее исследования [1–10] показали, что в настоящее время существуют

и достаточно активно используются различные шумозащитные мероприятия. Однако их эффективность в населенных пунктах ограничена сложившейся градостроительной ситуацией, отсутствием технической и технологической возможности. Наиболее эффективным способом шумоизоляции жилых помещений (до 27–30 дБА) можно считать современные шумозащитные оконные блоки с клапанами проветривания. Использование в настоящее время оконных блоков, не относящихся к классу шумозащитных, в условиях высоких показателей шума на территории жилой застройки не решает проблему сверхнормативного акустического воздействия на население, проживающее в районах расположения транспортной инфраструктуры.

Для снижения уровня акустического дискомфорта в помещениях дополнительно к звукоизоляции оконных блоков целесообразно использовать ставни из полиэстера с огнезащитой, плотностью материала 425 г/м², сотканного по технологии «вафля», которые пропускают воздух, задерживают пылевые частицы и имеют индекс звукоизоляции воздушного шума 5 дБА.

Выводы. На территории жилой застройки в районах развитой улично-дорожной автомобильной сети городов и вблизи линейных объектов железнодорожного транспорта в настоящее время наблюдается ситуация, характеризующаяся как акустический дискомфорт.

Существующие методы шумоизоляции и шумоподавления недостаточно эффективны для снижения риска негативных реакций организма человека на сверхнормативное воздействие шума в жилых помещениях, особенно в ночное

Таблица 4. Эффективность мероприятий, направленных на снижение шума транспортных потоков

Table 4. Effectiveness of traffic noise mitigation measures

Мероприятия, направленные на снижение шума транспортных потоков / Traffic noise mitigation measures	Эффективность снижения уровня шума, (дБА)/ Efficiency of noise level reduction (dBA)
Организационные / Organization	
Ограничение скорости движения / Setting speed limits	3–4
Изменение характера движения (перенос остановочных пунктов, светофоров и др.) / Changing the road infrastructure (moving stops, traffic lights, etc.)	4–5
Перенос путей передвижения грузовых автомобилей / Transferring freight movement paths	6–7
Строительно-планировочные / Construction and planning	
Улучшение конструкции проезжей части дороги и верхнего строения пути / Improving the roadway structure and the upper structure of the railway	3–5
Создание полосы зеленых насаждений / Creating a green space strip	3–6
Строительство шумозащитных (акустических) экранов / Constructing noise-proof (acoustic) screens	15–17
Использование шумозащитных оконных блоков / Using sound insulating windows	22–30

Таблица 5. Результаты исследования эффективности звукоизоляции внешнего воздушного шума тканевыми ставнями

Table 5. Results of testing the effectiveness of sound insulation of fabric shutters

Номер образца / Sample number	Технология плетения / Weaving technique	Плотность, г/м ² / Density, g/m ²	Материал/отделка / Fabric/impregnation	Индекс звукоизоляции воздушного шума, (RW), дБ / Index of sound insulation of airborne noise, (RW), dB
Образец 1 / Sample 1	1 (простая) / (simple)	379	Полиэстер/ без отделки / Polyester/ without finish	2
Образец 2 / Sample 2	1 (простая) / (simple)	429	Полиэстер/огнезащитная / Polyester/flame retardant	2
Образец 3 / Sample 3	2 (вафля) / (waffle)	329	Полиэстер/огнезащитная / Polyester/flame retardant	1
Образец 4 / Sample 4	2 (вафля) / (waffle)	359	Полиэстер/огнезащитная / Polyester/flame retardant	2
Образец 5 / Sample 5	2 (вафля) / (waffle)	369	Полиэстер/огнезащитная // Polyester/flame retardant	4
Образец 6 / Sample 6	2 (вафля) / (waffle)	425	Полиэстер/огнезащитная / Polyester/flame retardant	5

время суток, или не могут быть использованы в сложившейся градостроительной ситуации.

Проведено исследование характеристик звукоизоляции воздушного шума ставнями из полиэстера с огнезащитными свойствами. Выделен материал, обладающий наилучшими свойствами звукоизоляции, показавший эффективность на уровне 5 дБА. Снижение акустической нагрузки на 5 дБА позволит уменьшить риск негативных реакций организма человека на воздействие шума.

Информация о вкладе авторов: Концепция и дизайн исследования — Леванчук А.В.; сбор и обработка материала, статистическая обработка — Копытенкова О.И.; написание текста — Афанасьева Т.А.

Финансирование. Работа не имела спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы (пп. 14–16, 25–27 см. References)

1. Жигаев Д.С., Ананьев В.Ю., Кiku П.Ф. Гигиеническая оценка действия шума с использованием социологических и акустических исследований (на примере г. Владивостока) // *Здоровье населения и среда обитания*. 2014. № 7 (256). С. 34–36.
2. Копытенкова О.И. Оценка риска воздействия физических факторов окружающей среды при организации здравоохранения урбанизированной территории // *Реформы Здравоохранения Российской Федерации. Современное состояние, перспективы развития*. Под ред. И.М. Акулина, О.В. Мироненко. СПб.: Издательство Акулина И.М., 2017. С. 50–52.
3. Гагарин С.А., Рожихин Н.С., Романов Л.И. Трамвай как источник низкочастотного звука и инфразвука // *Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле*. 2015. Т. 25. № 4. С. 7–13.
4. Копытенкова О.И., Курепин Д.Е., Фридман К.Б. и др. Подходы при изучении воздействия шума железнодорожного транспорта на основе методологии оценки риска // *Гигиена и санитария*. 2017. Т. 96. № 7. С. 675–681.
5. Курепин, Д.Е., Леванчук А.В., Киселев А.В. и др. Методические подходы к оценке риска от сверхнормативного акустического воздействия при строительстве и эксплуатации железных дорог // *Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы безопасности и анализа риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания»*. Пермь: ФНЦ МПТ УРЗН. С. 43–46.
6. Леванчук А.В., Курепин Д.Е. Гигиеническая оценка шума автомобильного транспорта в зависимости от расстояния и высоты от источника шума // *Интернет-журнал «Науковедение»*. 2014. № 6 (25). С. 21. [Электронный ресурс]. URL: <http://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-6-14> (дата обращения 25.09.2020).
7. Айдинов Г.Т., Марченко Б.И., Софяникова Л.В. и др. Применение многомерных статистических методов при выполнении задач совершенствования информационно-аналитического обеспечения системы социально-гигиенического мониторинга // *Здоровье населения и среда обитания*. 2015. № 7 (268). С. 4–8.
8. Лебедев К.Ю., Копытенкова О.И., Выхучейская Д.С. и др. Гигиенические аспекты градостроительной деятельности на приаэродомных территориях // *Здоровье населения и среда обитания*. 2019. № 10 (319). С. 46–49. DOI: <http://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-319-10-46-49>
9. Зинкин В.П., Рыженков С.К., Солдатов С.К. и др. Гигиеническая обстановка на территориях примыкающих к глассе аэродрома // *Здоровье населения и среда обитания*. 2014. № 6 (255). С. 38–40.
10. Зинкин В.П., Солдатов С.К., Шишов А.А. и др. Состояние здоровья и заболеваемость населения, подвергающегося кумулятивному воздействию авиационного шума // *Здоровье населения и среда обитания*. 2014. № 3 (252). С. 12–14.
11. Грибина Г.А., Илюшина Е.С., Ермолаева Е.Л. и др. Влияние шумового фактора на психоэмоциональное состояние человека // *Современные научные исследования и инновации*. 2017. № 6 (74). С. 99.
12. Иванов Н.И. Концепция снижения шума в РФ // *Защита от повышенного шума и вибрации: доклады V Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием*; под ред. Н.И. Иванова. СПб.: ООО «Ай-синг», 2015. С. 12–24.
13. Буторина М.В., Куклин Д.А., Инновационные направления защиты от шума // *Мир дорог*. 2019. № 118. С. 47–50.
14. Шабарова А.В., Куклин Д.А., Буторина М.В. Оценка воздействия рельсового транспорта на территории жилой застройки // В сборнике: *Защита от повышенного шума и вибрации*. СПб.: Балтийский государственный технический университет «Военмех», 2017. С. 441–446.
15. Буторина М.В., Куклин Д.А., Матвеев П.В. и др. Оценка шума железнодорожного транспорта и разработка шумозащитных мероприятий // *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. 2019. № 2 (74). С. 57–65.
16. Буторина М.В., Куклин Д.А. Классификация железнодорожных линий по уровням шума и шумозащитные мероприятия // *Путь и путевое хозяйство*. 2019. № 9. С. 26–29.
17. Буторина М.В., Куклин Д.А., Васильев А.П., и др. Риск-ориентированный подход к оценке шума железнодорожного транспорта // *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. 2019. № 1 (73). С. 28–33.
18. Курепин Д.Е., Леванчук А.В. Использование методологии оценки риска здоровью в практике регламентирования акустического воздействия // В сборнике: *Актуальные вопросы организации контроля и надзора за физическими факторами. Материалы Всероссийской научно-практической конференции*. Под редакцией А.Ю. Поповой. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2017. С. 215–218.
19. Титова Т.С., Копытенкова О.И., Курепин Д.Е. Об объективной оценке акустического воздействия // *Железнодорожный транспорт*. 2017. № 5. С. 75–77.
20. Курепин Д.Е. Использование методики оценки риска здоровью населения для обеспечения акустической безопасности территорий в зоне транспортировки полезных ископаемых // В сборнике: *Актуальные проблемы безопасности и анализа риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания. Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием в 2-х томах*. Под редакцией А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Пермь: Книжный формат, 2016. С. 293–298.
21. Кузьмицкий А.М., Никифоров А.В., Иванов А.В. и др. Практические аспекты автоматизации расчетов транспортного шума в программе АРМ «АКУСТИКА» 3D // В сборнике: *Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2014)*. Материалы IV Международной научно-практической конференции. СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I, 2014. С. 96–100.
22. Леванчук А.В., Курепин Д.Е. Использование геоинформационного метода для решения проблемы воздействия шума транспортных потоков на окружающую среду // В сборнике: *Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2018)*. материалы VI Международной научно-практической конференции. СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I, 2018. С. 89–93.

References

1. Zhigaev DS, Anan'ev VY, Kiku PF. Hygienic assessment of noise using social and acoustic research (for example Vladivostok). *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2014; (7(256)):34–36. (In Russian).

2. Kopytenkova OI. [Risk assessment of exposure to physical environmental factors in the organization of health care in an urban area]. In: *Healthcare Reform in the Russian Federation. Current state, development prospects: Proceedings of the 4th Annual Conference with international participation, St. Petersburg*, Akulin IM, Mironenko OV, editors. Saint Petersburg: Akulin IM Publ., 2017. P. 50-52. (In Russian).
3. Gagarin SA, Rozhihin NS, Romanov LI. Tram as a source of low frequency sound and infrasound. *Vestnik Udmurtskogo Universiteta. Seriya "Biologiya. Nauki o Zemle."* 2015; 25(4):7-13. (In Russian).
4. Kopytenkova OI, Kurepin DE, Fridman KB, et al. Methodical approach and assessment of noise impact of rail transport on the basis of the use of risk assessment methodology. *Gigiena i Sanitariya*. 2017; 96(7):675-681. (In Russian). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-7-675-681>
5. Kurepin DE, Levanchuk AV, Kiselev AV, et al. [Method approaches to risk assessment from excess acoustic impact in the construction and operation of railways.] In: *Current problems of safety and health risk analysis from exposure to environmental factors: Proceedings of the 6th All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Perm*. Popova AY, Zaitseva NV, editors. Perm: FNTs MPT URZN Publ., 2015. P. 43-46. (In Russian).
6. Levanchuk AV, Kurepin DE. Hygienic assessment of noise road transport depending on the distance and height from the noise source. *Internet-zhurnal "Naukovedenie"*. 2014; (6(25)):21. (In Russian). DOI: <http://dx.doi.org/10.15862/21TVN614>
7. Aydinov GT, Marchenko BI, Sofyanikova LV, et al. The application of multidimensional statistical methods in the tasks of improving of information and analytical providing of the system socio-hygienic monitoring. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2015; (7(268)):4-8. (In Russian).
8. Lebedev KYu, Kopytenkova OI, Vyucheiskaya DS, et al. Hygienic aspects of urban planning on the aerodrome environs. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019; (10(319)):46-49. (In Russian). DOI: <http://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-319-10-46-49>
9. Zinkin VN, Ryzhenkov SP, Soldatov SK, et al. Hygienic situation on the territory adjacent to the airport glide path. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2014; (6(255)):38-40. (In Russian).
10. Zinkin VN, Soldatov SK, Shishov AA, et al. Health and disease population the cumulative impact of aircraft noise. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2014; (3(252)):12-14. (In Russian).
11. Gribina GA, Ilyushina ES, Ermolaeva EL, et al. [Influence of the noise factor on human psycho-emotional state.] *Sovremennye Nauchnye Issledovaniya i Innovatsii*. 2017; (6(74)):99. (In Russian).
12. Ivanov NI. [The concept of noise reduction in the Russian Federation.] In: *Protection against excessive noise and vibration: Proceedings of the 5th All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, St. Petersburg*. Ivanov NI, editor. Saint Petersburg: Icing Publ., 2015. P. 12-24. (In Russian).
13. Butorina MV, Kuklin DA. [Innovative directions of noise protection.] *Mir Dorog*. 2019; (118):47-50. (In Russian).
14. Environmental Noise Guidelines for the European Region. WHO Regional Office for Europe. 2018. P. 161.
15. Barcelo Perez C, Piceiro RG. Potential effect caused by urban noise in housewives from Havana City. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiologia*. 2008. 46(2).
16. Akerstedt T, Nilsson PM. Sleep as restitution: an introduction. *J Intern Med*. 2003; 254(1):6-12. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2796.2003.01195.x>
17. Shabarova AV, Kuklin DA, Butorina MV. [Assessment of the impact of rail transport on the territory of residential development.] In: *Protection against excessive noise and vibration: Proceedings of the 6th All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, St. Petersburg*. Ivanov NI, editor. Saint Petersburg: Baltic State Technical University VOENMEKH Publ., 2017. P. 441-446. (In Russian).
18. Butorina MV, Kuklin DA, Matveev PV, et al. Estimation of railway transport noise and development of noise protective measures. *Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putei Soobshcheniya*. 2019; (2(74)):57-65. (In Russian).
19. Butorina MV, Kuklin DA. Classification of railroads by noise levels and noise protection. *Put' i Putevye Khozyaistvo*. 2019; (9):26-29. (In Russian).
20. Butorina MV, Kuklin DA, Vasiliev AP, et al. Risk-oriented approach to estimation of railway noise. *Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putei Soobshcheniya*. 2019; (1(73)):28-33. (In Russian).
21. Kurepin DE, Levanchuk AV. [Use of the methodology of health risk assessment in the practice of regulating acoustic exposure.] In: *Current issues of organizing control and surveillance over physical factors: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference*. Popova AY, editor. Moscow: Dashkov & Co. Publ., 2017. Pp. 215-218. (In Russian).
22. Titova TS, Kopytenkova OI, Kurepin DE. [On objective assessment of acoustic exposure.] *Zheleznodorozhnyi Transport*. 2017; (5):75-77. (In Russian).
23. Kurepin DE. [Application of the methodology of health risk assessment to ensuring acoustic safety of territories in the area of transportation of minerals.] In: *Current problems of safety and health risk analysis from exposure to environmental factors: Proceedings of the 7th All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation*. Popova AY, Zaitseva NV, editors. Perm: Knizhnyi Format Publ., 2016. Vol. 1. P. 293-298. (In Russian).
24. Kuzmitsky AM, Nikiforov AV, Ivanov AV, et al. [Practical aspects of automation of transport noise calculations in the AWP program «ACOUSTICS» 3 D.] In: *Technospheric and environmental safety on transport (TEBTRANS-2014): Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference*. Saint Petersburg: Peterburgskii Gosudarstvennyi Universitet Putei Soobshcheniya Imperatora Aleksandra I Publ., 2014. P. 96-100. (In Russian).
25. Crombie R, Clark C, Stansfeld SA. Environmental noise exposure, early biological risk and mental health in nine to ten year old children: a cross-sectional field study. *Environ Health*. 2011; 10:39. DOI: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-39>
26. Brink M. Parameters of well-being and subjective health and their relationship with residential traffic noise exposure – a representative evaluation in Switzerland. *Environ Int*. 2011; 37(4):723-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.02.011>
27. Halonen JI, Lanki T, Yli-Tuomi T, et al. Associations of traffic noise with self-rated health and psychotropic medication use. *Scand J Work Environ Health*. 2014; 40(3):235-43. DOI: <https://doi.org/10.5271/sjweh.3408>
28. Levanchuk AV, Kurepin DE. [Use of a geoinformation method to solving the problem of traffic noise impact on the environment.] In: *Technospheric and environmental safety on transport (TEBTRANS-2018): Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference*. Saint Petersburg: Peterburgskii Gosudarstvennyi Universitet Putei Soobshcheniya Imperatora Aleksandra I Publ., 2018. P. 89-93. (In Russian).

Контактная информация:

Копытенкова Ольга Ивановна, главный научный сотрудник отдела оценки риска здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья»
e-mail: 5726164@mail.ru

Corresponding author:

Olga I. Kopytenkova, Chief Researcher, Department of Public Health Risk Assessment, North-West Public Health Research Center of Rosпотребнадзор
e-mail: 5726164@mail.ru