

© СМИРНОВ В.В., СКЛЯР Д.Н., 2022

Читать
онлайн
Read
online

Смирнов В.В., Скляр Д.Н.

Разработка методических подходов к проведению мониторинга транспортного шума и его оценка с применением методов акустического моделирования

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 191036, Санкт-Петербург, Россия

Введение. В настоящее время значительное внимание уделяется проблемам шумового загрязнения городских и сельских поселений. Основным источником шума в структуре жалоб на неблагоприятные условия проживания в условиях плотной городской застройки является транспорт.

Материалы и методы. Материалами для выделения наиболее значимых критериев группировки объектов надзора являлись натурные инструментальные измерения уровней шума и результаты акустических расчётов, полученные при построении акустической модели. Натурные измерения уровней шума проводили в г. Санкт-Петербурге на территории жилой застройки. Построение акустических моделей проводили с использованием программ АРМ «Акустика 3D». Параметры источников шума задавали в соответствии с данными, полученными при проведении натурных измерений.

Результаты. При разработке методических подходов определены критерии группировки объектов надзора. В соответствии с выбранными критериями сформированы 8 групп наблюдения. В результате проведённых измерений установлено, что разница в эквивалентных уровнях звука между типовыми точками внутри группы не превышает 2 дБ. Для проверки разработанных критериев проведено акустическое моделирование.

Ограничения исследования. Исследование проводили в течение одного года на территории г. Санкт-Петербурга, оно ограничено одной тысячей измерений.

Заключение. Разработанные критерии позволяют расширить перечень объектов контроля при сокращении трудовых затрат на проведение социально-гигиенического мониторинга с сохранением объективности полученных результатов уровней акустического загрязнения территории.

Ключевые слова: шум; акустическая модель; городская застройка; автотранспорт; мониторинг

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

Для цитирования: Смирнов В.В., Скляр Д.Н. Разработка методических подходов к проведению мониторинга транспортного шума и его оценка с применением методов акустического моделирования. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(8): 872-877. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-8-872-877> <https://www.elibrary.ru/cxziyb>

Для корреспонденции: Смирнов Владимир Васильевич, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. отд. комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург. E-mail: vvsmirnov00042@rambler.ru

Участие авторов: Смирнов В.В. — сбор материала и обработка данных, написание текста; Скляр Д.Н. — сбор материала и обработка данных, написание текста. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 08.06.2022 / Принята: 04.08.2022 / Опубликована: 14.09.2022

Vladimir V. Smirnov, Dmitriy N. Sklyar

Development of methodological approaches to conducting monitoring of traffic noise and its assessment using acoustic modelling methods

North-Western Scientific Center for Hygiene and Public Health, St. Petersburg, 191036, Russian Federation

Introduction. At present, considerable attention is paid to the problems of noise pollution in urban and rural settlements. Transport is the main source of noise in the structure of complaints about unfavourable living conditions in dense urban areas.

Material and methods. Materials for selecting the most significant criteria or grouping the objects of surveillance were in situ instrumental measurements of noise levels and the results of acoustic calculations obtained during the processing of an acoustic model.

In situ measurements of noise levels were made in St. Petersburg on the territory of residential areas.

The acoustic models were built using the software "Acoustics 3D". Noise source parameters were set according to the data obtained during field measurements.

Results. During the development of methodological approaches, the criteria for grouping the objects of surveillance were defined. In accordance with the selected criteria, were formed 8 surveillance groups.

As a result of the measurements, the difference in noise levels between the typical points within the group was no found to exceed 2 dB. To verify the developed criteria here acoustic modelling was performed.

Limitations. On the territory of St. Petersburg over the year, study included one thousand measurements.

Conclusion. The developed criteria make it possible to expand the list of control objects while reducing labour costs for conducting socio-hygienic monitoring, while maintaining the objectivity of the results of the acoustic pollution levels of the territory.

Keywords: noise; acoustic model; urban development; motor vehicles; monitoring

Compliance with ethical standards. The study does not require an opinion from a biomedical ethics committee or other documents.

For citation: Smirnov V.V., Sklyar D.N. Development of methodological approaches to conducting monitoring of traffic noise and its assessment using acoustic modelling methods. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(8): 872-877. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-8-872-877> <https://elibrary.ru/cxziyb> (in Russian)

For correspondence: *Vladimir V. Smirnov*, MD, PhD, Sci., Senior Researcher, Department of Comprehensive Hygienic Assessment of Physical Factors, North-Western Scientific Center for Hygiene and Public Health, St. Petersburg, 191036, Russian Federation. E-mail: vsmirnov00042@rambler.ru

Information about authors:

Smirnov V.V., <https://orcid.org/0000-0002-6627-494X>

Sklyar D.N., <https://orcid.org/0000-0002-6839-2181>

Contribution: *Smirnov V.V.* – collection and processing of material, writing a text; *Sklyar D.N.* – collection and processing of material, writing a text. *All authors* are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: June 6, 2022 / Accepted: August 04, 2022 / Published: September 14, 2022

Введение

В настоящее время значительное внимание уделяется проблемам шумового загрязнения городских и сельских поселений. Это связано с негативным акустическим воздействием на организм человека, которое круглосуточно испытывают жители городов и поселений [1–3]. Источники шума имеют в основном техногенную природу, их число растёт с развитием городской инфраструктуры и увеличением интенсивности транспортных потоков, что приводит к постоянному повышению доли шума в негативном воздействии на здоровье человека [4–7]. Акустическое воздействие различных источников при одинаковых эквивалентных уровнях звука оказывает различное влияние на человека [8–12]. В санитарных правилах и нормах СанПиН 1.2.3685-21* установлены следующие допустимые уровни для территории жилой застройки: в дневное время суток (с 7 до 23 ч) эквивалентный уровень звука – 55 дБА, максимальный уровень звука – 70 дБА; в ночное время суток (с 23 до 7 ч) эквивалентный уровень звука – 45 дБА, максимальный уровень звука – 60 дБА.

В Государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году» уделяется значительное внимание мониторингу физических факторов. Так, согласно докладу, в 2021 г. в структуре жалоб населения на неблагоприятные физические факторы основное место (66,4%) занимал шум. Необходимо также отметить, что расследовано 18 634 жалобы на превышение уровня шума, треть из них оказались обоснованными. Доля измерений шума на территории жилой застройки, не соответствующих санитарным нормам, в 2021 г. составила 17%. Основным источником шума в структуре жалоб на неблагоприятные условия проживания в условиях плотной городской застройки является транспорт [13–15]. Именно поэтому при реализации НИР «Разработка методических подходов риск-ориентированного надзора за шумогенерирующими объектами» основное внимание сфокусировано на данном виде источника.

При проведении мониторинга акустического воздействия на население выбор точек наблюдения, длительность измерительного интервала в точке наблюдения, вычисление средних значений и эквивалентных уровней звука оказывают значительное влияние на полученные результаты [16–18].

В настоящее время в методических документах отсутствуют единые подходы к определению и выбору приоритетных зон и точек мониторинга шума, оценке и обоснованию необходимых периодов наблюдений, результатов, полученных при проведении измерений, с учётом среднестатистических данных для оценки риска для здоровья населения [19–21].

Цель исследования – разработка критериев группировки объектов надзора, определение их влияния на акустическую

картину и проверка методических подходов, заложенных в основу модели оценки акустического загрязнения территорий жилой застройки.

Материалы и методы

Материалами для выделения наиболее значимых критериев являлись натурные инструментальные измерения уровней шума и результаты акустических расчётов, полученные при построении акустической модели.

Натурные измерения уровней шума проводили на территории жилой застройки г. Санкт-Петербурга с учётом градостроительной планировки: в историческом центре (4 группы наблюдения с 12 адресами) и в новых районах (4 группы наблюдения с 12 адресами). Измерения акустического воздействия проводили не менее чем в трёх точках наблюдения шума по каждому адресу, по три раза в каждой точке. Продолжительность одного измерения составляла не менее 5 мин. Высота установки микрофона – $1,5 \pm 0,1$ м от уровня поверхности земли. Условия проведения измерений соответствовали требованиям, указанным в эксплуатационной документации средств измерений. В процессе измерений регистрировали эквивалентный и максимальный уровни звука от источников шума. Одновременно с проведением измерений уровней звука определяли интенсивность, состав и скорость движения автотранспорта при его прохождении в обоих направлениях. Исследования проводили в соответствии с Руководством по эксплуатации «Шумомер-виброметр, анализатор спектра Экофизика 110А» ПДКУ.411000.001.02РЭ (приложение МИ ПКФ-12-006 «Однократные прямые измерения уровней звука, звукового давления и вибрации приборами серий ОКТАВА и ЭКОФИЗИКА. Методика выполнения измерений»). Измерения осуществляли с использованием шумомеров с цифровой обработкой сигнала моделей ЭКОФИЗИКА-110А. Для проверки работоспособности измерительного тракта шумомеров применяли калибратор акустический SV30А.

Построение акустических моделей проводили с использованием программы АРМ «Акустика 3D» версия 3.0 (разработчик ООО «Технопроект», Россия), свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012612812. В качестве топографической основы для построения трёхмерной модели объектов использовали векторную карту города геоинформационных систем (ГИС). Параметры источников шума задавали в соответствии с данными, полученными при проведении натурных измерений.

По результатам натурных измерений и моделирования проводили уточнение методических подходов, заложенных в основу модели оценки акустического загрязнения территорий жилой застройки, и вклада в него по каждому из разработанных критериев.

Результаты

При разработке методических подходов сформированы критерии группировки объектов надзора, среди которых можно выделить следующие: тип градостроительной застройки (сложившаяся ситуация – исторический центр,

* СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 г. № 2. Зарегистрированы в Минюсте России 29.01.2021 г. № 62296.

Таблица 1 / Table 1

Характеристика критериев по группам наблюдения в районах Санкт-Петербурга
Characteristics of the criteria by observation group in the districts of St. Petersburg

Характеристика критериев Characteristics of the criteria	Районы Санкт-Петербурга / Districts of Saint Petersburg							
	исторического центра / historical center				новые / new			
	Группа наблюдения / Observation group							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Число полос движения проезжей части Number of lanes of the roadway	2	3	2	2	4	6	6	6
Расстояние от бровки дорожного полотна до зданий, м Distance from the edge of the roadway to the buildings, m	4	5	7	9	17	30	35	40
Ширина улиц и дорог, м / Street and road width, m	12	12	12	15	25	40	40	30
Зелёные насаждения: / Green spaces:								
тип / Type	—	кустарник bushes	кустарник bushes	кустарник bushes	кустарник bushes	кустарник bushes	деревья, кустарники trees, bushes	деревья, кустарники trees, bushes
ширина, м / Width, m	—	3	3	3	6	8	15	20
число рядов / Number of rows	—	1	1	1	2	4	3	4

Таблица 2 / Table 2

Характеристика групп наблюдений по однотипным зонам
Characteristics of observation groups gathered by types

Группа наблюдения Observation group	Расстояние от здания / ширина тротуара / оси движения, м Distance from the building / sidewalk width / traffic axis, m	№ зоны Zone num.	Интенсивность, ед./ч Traffic intensity, unit/hour			Скорость потока, км/ч Traffic flow speed, km/hour		Состав транспортного потока, % Traffic flow structure, %		
			200	200–1000	> 1000	< 40	40–60	легковой cars	грузовой trucks	другие other
			1	1.5 / 1.5 / 1.0	1	+	–	–	+	–
		2	+	–	–	+	–	98	1	1
		3	+	–	–	+	–	98	1	1
2	2.0 / 2.0 / 1.0	1	–	+	–	+	–	97	2	1
		2	–	+	–	+	–	98	1	1
		3	–	+	–	+	–	97	2	1
3	2.0 / 3.0 / 2.0	1	–	+	–	+	–	97	2	1
		2	–	+	–	+	–	97	2	1
		3	–	+	–	+	–	98	1	1
4	2.0 / 4.0 / 3.0	1	–	+	–	–	+	92	5	3
		2	–	+	–	–	+	92	5	3
		3	–	+	–	–	+	92	5	3
5	2.0 / 6.0 / > 9.0	1	–	–	+	–	+	95	3	2
		2	–	–	+	–	+	96	3	1
		3	–	–	+	–	+	97	2	1
6	2.0 / > 6.0 / > 9.0	1	–	–	+	–	+	97	2	1
		2	–	–	+	–	+	97	2	1
		3	–	–	+	–	+	98	1	1
7	2.0 / > 6.0 / > 9.0 / газон (green lawn) > 15.0	1	–	–	+	–	+	97	2	1
		2	–	–	+	–	+	97	2	1
		3	–	–	+	–	+	98	1	1
8	2.0 / > 6.0 / > 9.0 / газон (green lawn) > 15.0 трамвай (tram tracks)	1	–	–	+	–	+	96	2	2
		2	–	–	+	–	+	96	2	2
		3	–	–	+	–	+	96	2	2

новые районы города); тип здания по используемым материалам основных конструкций (кирпичный, монолитно-кирпичный, монолитный и пр.); высотность зданий (малоэтажные – менее 5 этажей, среднеэтажные – 5–8 этажей, многоэтажные – более 8 этажей); состояние дорожного покрытия (ровное, с рытвинами); число полос движения проезжей части (2, 3, 4 и более); расстояние от бровки дорожного полотна до зданий, м; ширина улиц и дорог (магистральные улицы – 40–80 м, улицы местного значения – 15–25 м); наличие зелёных насаждений; ширина полосы зелёных насаждений; число рядов зелёных насаждений; тип зелёных насаждений (деревья или кустарники); наличие шумозащитных экранов. Вклад по каждому из критериев в общую шумовую картину рассматривали по результатам проведения натуральных измерений.

В соответствии с выбранными критериями были сформированы 8 групп наблюдения. В районах исторически сложившегося центра города с кирпичными среднеэтажны-

ми зданиями выделено 4 группы (табл. 1), в новых районах Санкт-Петербурга с многоэтажными зданиями, имеющими монолитные основные конструкции, также выделено 4 группы (см. табл. 1). Во всех группах дорожное покрытие ровное, без рытвин, акустические экраны отсутствуют.

Для проверки приемлемости методических подходов и уточнения критериев выбраны двадцать четыре адреса, которые в соответствии с типом застройки и характеристиками транспортного потока объединили в восемь обособленных групп – по три адреса в каждой.

В районах города точки наблюдения объединяли в группы с учётом расстояния от конструкций здания, оси движения и ширины тротуара, интенсивности транспортного потока (ед./ч), скорости движения транспортного потока (км/ч), состава транспортного потока (%), типа застройки, типа дорожного покрытия, наличия зелёных насаждений у зданий. Сформированы 8 основных групп наблюдения по 24 городским адресам (табл. 2).

Таблица 3 / Table 3

Результаты измерений и расчётов в точках наблюдения Noise levels measurement and calculation at observation points

№ группы Group num.	№ точки, место измерений Site number, measurement site	Измеренные уровни звука, дБА Measured sound levels, dBA		Расчётные уровни звука, дБА Calculated sound levels, dBA	
		эквивалентные $L_{\Delta\text{экв}}$ equivalent $L_{\Delta\text{eq}}$	максимальные $L_{\Delta\text{макс}}$ maximum $L_{\Delta\text{max}}$	эквивалентные $L_{\Delta\text{экв}}$ equivalent $L_{\Delta\text{eq}}$	максимальные $L_{\Delta\text{макс}}$ maximum $L_{\Delta\text{max}}$
1	1 ул. Дегтярная / Degtyarnaya st.	72.9	83.5	73.7	79.1
	2 Свечной пер. / Svechnoy lane	73.0	80.7	75.0	80.1
	3 ул. Пушкинская / Pushkinskaya st.	74.3	82.1	73.9	79.4
	Среднее / Mean value	73.6	82.1	74.2	79.6
2	1 Свечной пер. / Svechnoy lane	71.7	80.2	73.6	83.0
	2 ул. Мясная / Myasnaya st.	72.6	79.8	74.9	79.4
	3 ул. 8-я Советская / 8 th Sovetskaya st.	73.4	81.6	74.2	78.0
	Среднее / Mean value	72.6	81.6	74.3	80.7
3	1 ул. Достоевского / Dostoevsky st.	69.2	81.3	72.7	81.2
	2 ул. Разъезжая / Razezjaya st.	70.1	78.9	73.6	80.3
	3 ул. Колокольная / Kolokolnaya st.	71.5	81.5	73.0	80.3
	Среднее / Mean value	70.3	81.5	73.1	80.9
4	1 наб. реки Пряжки / Pryazhka River Embankment	68.1	77.6	75.4	82.1
	2 ул. Писарева / Pisareva st.	68.8	81.1	74.6	81.9
	3 Нарвский пр. / Narvsky ave.	68.4	79.5	74.4	81.3
	Среднее / Mean value	68.4	81.1	74.8	81.8
5	1 ул. Софийская / Sofiyskaya st.	61.2	72.3	69.0	69.0
	2 ул. Софийская / Sofiyskaya st.	61.4	71.9	69.2	69.3
	3 Ленинский пр. / Leninsky ave.	61.8	72.4	68.6	68.6
	Среднее / Mean	61.7	72.4	68.9	69.0
6	1 ул. Бухарестская / Bukharestskaya st.	58.6	71.8	66.9	75.1
	2 пр. Просвещения / Prosveshcheniya ave.	58.1	71.6	66.7	70.8
	3 пр. Испытателей / Ispytateley ave.	58.9	72.1	67.4	71.5
	Среднее / Mean value	58.8	72.1	67.0	72.9
7	1 пр. Маршала Жукова / Marshala Zhukova ave.	59.5	71.8	65.7	66.0
	2 ул. Партизана Германа / Partizana Germana st.	59.1	71.4	66.5	66.5
	3 Дачный пр. / Dachniy ave.	58.9	72.2	66.1	66.2
	Среднее / Mean value	59.2	72.2	66.1	66.2
8	1 ул. Димитрова / Dimitrova st.	58.0	71.0	65.4	70.4
	2 пр. Маршала Казакова / Marshala Kazakova ave.	57.7	71.1	66.2	72.5
	3 пр. Солидарности / Solidarnosti ave.	58.1	71.8	65.8	71.1
	Среднее / Mean value	57.9	71.8	65.8	71.4

В результате проведённых измерений было установлено, что разница в эквивалентных уровнях звука между типовыми точками внутри группы не превышает 2 дБ.

В зависимости от типа градостроительной застройки изученная акустическая обстановка имеет различную компонентную структуру. Так, для территорий исторической жилой застройки с шириной тротуара от 1,5 до 4 м и преобладанием легковых автомобилей в транспортном потоке характерны эквивалентные уровни звука от 68,1 до 74,3 дБА. В то же время для спланированных с учётом требований современного законодательства новых районов, где ширина тротуара составляет не менее 6 м и имеются зелёные насаждения, в двух метрах от ограждающих конструкций установлена величина эквивалентного уровня шумового воздействия от 57,7 до 61,8 дБА. При этом стоит отметить, что каждый из критериев имеет разную степень влияния на уровень шумового воздействия. В историческом центре с плотной застройкой и узкими улицами, малыми расстояниями от ограждающих конструкций здания до бровки проезжей части основной вклад в шумовую картину вносят интенсивность движения транспорта, скорость движения транспортного потока, состав транспортного потока. При этом критерий наличия зелёных насаждений практически не влияет на результирующие уровни шума. В зонах современной городской застройки, характеризующихся широкими улицами, большими расстояниями между проезжей частью и ограждающими конструкциями зданий, состав транспортного потока в меньшей степени определяет акустическую картину, а влияние критерия наличия зелёных насаждений становится заметнее (табл. 3).

На основании проведённых натуральных измерений при оценке акустической обстановки выделены следующие параметры, вносящие наибольший вклад в создание транспортного шума: скорость и интенсивность движения транспортного потока; состав транспортного потока (легковой, грузовой, другие типы автомобилей); тип застройки (исторический центр, новые районы, жилые и административные здания, промышленные и административные здания); тип дорожного покрытия; наличие зелёных насаждений у зданий.

Для проверки разработанных критериев, заложенных в основу модели оценки акустического загрязнения территорий жилой застройки, проведено акустическое моделирование.

Построенные модели акустического воздействия соответствовали каждому конкретному адресу группы наблюдения с учётом градостроительной планировки территории и полученных в процессе натуральных измерений характеристик источников шума.

Результаты акустического моделирования представлены в табл. 4.

Обсуждение

В настоящее время мониторинг шума выполняется в соответствии с ГОСТ Р 53187-2008 «Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий». В нём приведены ал-

горитмы определения показателей шума, их предельные значения, особенности мониторинга шума от различных типов транспорта, порядок выполнения измерений и обработки полученных данных. Однако в данном документе имеются недоработки, существенно усложняющие его применение на практике: в нём не рассмотрена процедура выбора и группировки объектов надзора, что может привести к необходимости проведения неосуществимого объёма измерений. Для решения этой задачи в ГОСТ Р 53187-2008 рекомендуется как можно шире применять расчётные методы, но не описаны параметры источников шума, которые следует учесть при составлении акустических моделей. Перечисленные недостатки приводят к усложнению процедуры мониторинга и снижению достоверности полученных результатов.

Настоящее исследование было проведено в течение года во всех характерных с точки зрения акустической обстановки районах Санкт-Петербурга, число выполненных измерений – одна тысяча.

Результаты показали, что измеренные эквивалентные уровни звука отличаются от расчётных на постоянную величину для соответствующей градостроительной ситуации. В группах наблюдения № 1, 2, 3 в районах исторического центра со сложившейся застройкой результаты натуральных измерений эквивалентных уровней звука отличаются от расчётных значений на постоянную величину в 1–2 дБ, что укладывается в диапазон неопределённости измерений. Анализ полученных результатов в группе исторического центра № 4 с большой интенсивностью движения и во всех группах (№ 5–8) новых районов показал, что отклонение расчётных величин эквивалентных уровней звука от измеренных значений достигает 6–8 дБ. Данное расхождение, по-видимому, может быть объяснено несовершенством расчётных методик и заложенными в них допусками и упрощениями акустической модели. В то же время получение постоянной величины расхождения между расчётными и измеренными уровнями звука говорит о постоянстве вклада по каждому из разработанных критериев, что позволяет при получении значения уровня акустического загрязнения территории аппроксимировать его на схожие по характеристикам территории.

Заключение

При проведении натуральных измерений и акустического моделирования выявлены критерии, вклад по которым в шумовую картину объектов исследований является наиболее значительным. Это позволило уменьшить число критериев и упростить процесс формирования групп наблюдения.

Данные критерии позволяют расширить перечень объектов контроля при сокращении трудовых затрат на проведение социально-гигиенического мониторинга при сохранении объективности полученных результатов уровней акустического загрязнения территории.

Литература

1. Макулов В.В. Шум в городе. *Аллея науки*. 2018; 8(11): 390–3.
2. Потапова Е.В., Соколова О.Е., Курганская С.В. Шум городов. *Современные научные исследования и разработки*. 2016; 7(7): 196–8.
3. Дробязко Е.Г., Зырянов С.Б. Проблема городского шума. В кн.: *Инновационные технологии в аграрном производстве. Материалы международной научно-практической конференции*. Екатеринбург; 2020: 194–6.
4. Голенков В.А., Васильева В.В. Комплексная оценка воздействия автотранспорта на акустическую среду городских территорий. В кн.: *Информационные технологии и инновации на транспорте. Материалы международной научно-практической конференции*. Орел; 2015: 168–78.
5. Молотков С.А., Кулакова Е.В. Шумовое воздействие транспорта на окружающую среду. В кн.: *Техносферная безопасность в АПК. Сборник материалов всероссийской научной конференции*. Орел; 2018: 140–6.
6. Кондрашова И.Н., Кондыкова Н.Н., Тяпкина А.П. Влияние транспортных средств на акустическую среду городов. *Мир транспорта и технологических машин*. 2019; (2): 104–9.
7. Зуев А.В., Федотова И.В., Некрасова М.М. Влияние транспортных потоков на акустический режим прилегающей территории. *Автомобиль. Дорога. Инфраструктура*. 2017; (1): 11.
8. Горин В.А., Клименко В.В., Полозюк В.А. Оценка транспортного шума в крупном городе и мероприятия по его снижению. *Электронный сетевой политехнический журнал «Научные труды КубГТУ»*. 2019; (2): 38–42.
9. Клепиков О.В., Степкин Ю.И., Хорпякова Т.В. Автотранспортный шум в городе и связанный с ним риск для здоровья населения. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. 2018; (3): 50–5.
10. Кошурников Д.Н. Динамическая оценка риска для здоровья населения крупного промышленного города в результате шумового воздействия. В кн.: *Защита от повышенного шума и вибрации. Сборник докладов V всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. СПб.; 2015: 246–55.

Original article

11. Волошенкова Н.С., Волошенкова Г.С., Абрамова Н.А., Берестова Е.Г. Шумовое воздействие автомобильного транспорта на человека. В кн.: *Инновации в науке и образовании. Материалы международной (заочной) научно-практической конференции. Научное (непериодическое) электронное издание*. Нефтекамск; 2016: 31–5.
12. Лагутина Н.В., Новиков А.В., Сумарукова О.В. Оценка изменения уровня шума от наземного транспорта г. Москвы. В кн.: *Защита от повышенного шума и вибрации. Сборник докладов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. СПб.; 2019: 534–42.
13. 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; 98(6): 671–6. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-6-671-676>
14. Ковалев А.О. Анализ шумового воздействия как важный аспект мониторинга качества жизни населения. *Вестник современных исследований*. 2018; 7(1): 292–3.
15. Парсаев Е.В., Тетерина И.А. Шум городских транспортных потоков: обзор методов измерения. В кн.: *Образование. Транспорт. Инновации. Строительство. Сборник научных трудов национальной научно-практической конференции*. Омск; 2018: 312–5.
16. Городничев С.С., Левшина К.В., Васильева В.В. Мониторинг состояния акустической среды городской территории. В кн.: *Современные автомобильные материалы и технологии (саммит – 2019). Сборник статей XI международной научно-технической конференции*. Курск; 2019: 58–62.
17. Кошурников Д.Н. Объемная модель акустического воздействия транспортного шума как инструмент планирования городской территории. В кн.: *Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения. Материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием*. Пермь; 2020: 415–22.
18. Иванова Ю.П., Иванова О.О. Архитектурно-планировочные методы защиты от транспортного шума на территории городов. *Инновационные научные исследования*. 2021; (1–1): 96–101. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4459074>
19. Фоменко Г.А., Бородин А.Е., Халаки В.А., Перфильев А.А. Риск-ориентированный подход к оценке экологической безопасности в условиях повышенного транспортного шума (на примере города Ярославля). В кн.: *Современная экология: образование, наука, практика. Материалы международной научно-практической конференции*. Саратов; 2017: 120–3.
20. Волкодаева М.В., Ильина Я.А. Об измерении шумового воздействия автотранспортных потоков (на примере Санкт-Петербурга). В кн.: *Техническая наука: Современный взгляд на изучение актуальных проблем. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции*. Астрахань; 2016: 110–5.
21. Шерстюченко О.А. Оценка акустического воздействия транспорта и пути снижения шумовой нагрузки. В кн.: Savva L.I., Marasanov A.I., Podoprigrora A.V., Gurnovich T.G., ред. *Proceedings of Materials the International Scientific Conference «Science, Technology and Life – 2015»*. Киров; 2016: 176–85.

References

1. Makulov V.V. Noise in the city. *Alleya nauki*. 2018; 8(11): 390–3. (in Russian)
2. Potapova E.V., Sokolova O.E., Kurganskaya S.V. Noise of cities. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i razrabotki*. 2016; 7(7): 196–8. (in Russian)
3. Drobnyak E.G., Zyryanov S.B. The problem of urban noise. In: *Innovative Technologies in Agricultural Production. Materials of the Interregional Scientific and Practical Conference [Innovatsionnye tekhnologii v agrarnom proizvodstve. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. Ekaterinburg; 2020: 194–6. (in Russian)
4. Golenkov V.A., Vasil'eva V.V. Comprehensive assessment of the impact of motor transport on the acoustic environment of urban areas. In: *Information Technologies and Innovations in Transport. Materials of the International Scientific and Practical Conference [Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. Orel; 2015: 168–78. (in Russian)
5. Molotkov S.A., Kulakova E.V. Noise impact of transport on the environment. In: *Technosphere Safety in the Agro-Industrial Complex. Collection of Materials of the All-Russian Scientific Conference [Tekhnosfermaya bezopasnost' v APK. Sbornik materialov vsrossiyskoy nauchnoy konferentsii]*. Orel; 2018: 140–6. (in Russian)
6. Kondrashova I.N., Kondyokova N.N., Tyapkina A.P. The effect of vehicles on acoustic city environment. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2019; (2): 104–9. (in Russian)
7. Zuev A.V., Fedotova I.V., Nekrasova M.M. Impact of traffic flow upon acoustic regimen in areas near highways. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2017; (1): 11. (in Russian)
8. Gorin V.A., Klimenko V.V., Polozuyuk V.A. Assessment of traffic noise in a large city and measures for its reduction. *Elektronnyy setevoy politematischeskiy zhurnal "Nauchnye trudy KubGTU"*. 2019; (2): 38–42. (in Russian)
9. Klepikov O.V., Stepkin Yu.I., Khorpyakova T.V. Traffic noise in the city and the associated risk to public health. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. 2018; (3): 50–5. (in Russian)
10. Koshurnikov D.N. Dynamic assessment of the risk to the health of the population of a large industrial city as a result of noise exposure. In: *Protection Against Increased Noise and Vibration. Collection of Reports at the V All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [Zashchita ot povyshennogo shuma i vibratsii. Sbornik dokladov V vsrossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem]*. St. Petersburg; 2015: 246–55. (in Russian)
11. Voloshenkova N.S., Voloshenkova G.S., Abramova N.A., Berestova E.G. Noise impact of motor transport on humans. In: *Innovations in Science and education. Materials of the international (correspondence) scientific and practical conference. Scientific (non-periodic) electronic publication [Innovatsii v nauke i obrazovanii. Materialy mezhdunarodnoy (zaочноy) nauchno-prakticheskoy konferentsii. Nauchnoe (nepериодическое) электронное издание]*. Нефтекамск; 2016: 31–5. (in Russian)
12. Lagutina N.V., Novikov A.V., Sumarukova O.V. Assessment of changes in the noise level from ground transport in Moscow. In: *Protection Against Increased Noise and Vibration. Collection of reports at the VII All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [Zashchita ot povyshennogo shuma i vibratsii. Sbornik dokladov VII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem]*. St. Petersburg; 2015: 534–42. (in Russian)
13. Kopytenkova O.I., Afanas'eva T.A., Burnashov L.B., Kuznetsova E.B. Hygienic assessment of interventions for reducing excessive acoustic impact on residential areas. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(6): 671–6. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-6-671-676> (in Russian)
14. Kovalev A.O. Analysis of noise impact as an important aspect of monitoring the quality of life of the population. *Vestnik sovremennykh issledovaniy*. 2018; 7(1): 292–3. (in Russian)
15. Parsaev E.V., Teterina I.A. Noise of urban transport flows: a review of measurement methods. In: *Education. Transport. Innovation. Construction. Collection of Scientific Papers of the National Scientific and Practical Conference [Образование. Транспорт. Инновации. Строитель'ство. Sbornik nauchnykh trudov natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. Омск; 2018: 312–5. (in Russian)
16. Gorodnichev S.S., Levshina K.V., Vasil'eva V.V. Monitoring of the state of the acoustic environment of the urban territory. In: *Modern Automotive Materials and Technologies (summit – 2019). Collection of Articles of the XI International Scientific and Technical Conference [Sovremennye avtomobil'nye materialy i tekhnologii (sammit – 2019). Sbornik statey XI mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii]*. Kursk; 2019: 58–62. (in Russian)
17. Koshurnikov D.N. A three-dimensional model of the acoustic impact of traffic noise as a tool for planning an urban area. In: *Fundamental and Applied Aspects of Public Health Risk Analysis. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Internet Conference of Young Scientists and Specialists of Rosпотребнадзор with International Participation [Fundamental'nye i prikladnye aspekty analiza riska zdorov'yu naseleniya. Materialy vsrossiyskoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii molodykh uchennykh i spetsialistov Rosпотребнадзора s mezhdunarodnym uchastiem]*. Perm'; 2020: 415–22. (in Russian)
18. Ivanova Yu.P., Ivanova O.O. Architectural and planning methods of protection against transport noise in the territory of cities. *Innovatsionnye nauchnye issledovaniya*. 2021; (1–1): 96–101. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4459074> (in Russian)
19. Fomenko G.A., Borodkin A.E., Khalaki V.A., Perfil'ev A.A. Risk-based approach to assessing environmental safety in conditions of increased traffic noise (on the example of the city of Yaroslavl). In: *Modern Ecology: Education, Science, Practice. Materials of the International Scientific and Practical Conference [Sovremennaya ekologiya: obrazovanie, nauka, praktika. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. Saratov; 2017: 120–3. (in Russian)
20. Volkodaeva M.V., Il'ina Ya.A. On measuring the noise impact of road traffic flows (on the example of St. Petersburg). In: *Technical Sciences: A Modern View of the Study of Current Problems. Collection of Scientific Papers on the Results of the International Scientific and Practical Conference [Tekhnicheskie nauki: Sovremennyy vzglyad na izuchenie aktual'nykh problem. Sbornik nauchnykh trudov po itogam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. Astrakhan'; 2016: 110–5. (in Russian)
21. Sherstyuchenko O.A. Assessment of the acoustic impact of transport and ways to reduce the noise load. In: Savva L.I., Marasanov A.I., Podoprigrora A.V., Gurnovich T.G., eds. *Proceedings of Materials the International Scientific Conference «Science, Technology and Life – 2015»*. Киров; 2016: 176–85. (in Russian)