

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА И РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 504.055

DOI: 10.18384/2712-7621-2022-1-40-54

ШУМОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ОТ АВТОТРАНСПОРТА: КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ФАКТОРОВ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Марголина И. Л., Климанова О. А.

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, Российская Федерация,*

Аннотация

Цель. Разработать комплексную модель оценки факторов шумового воздействия от автотранспорта в городской среде.

Процедура и методы. Изучены основные факторы, определяющие шумовое загрязнение от автотранспорта; с использованием количественной (изменения шума в дБ) и качественной шкал, оценена опасность и частота проявления каждого фактора; с учётом балльной оценки определена суммарная значимость каждого из факторов и проведена апробация методики оценки.

Результаты. Определена роль технических, природных и градостроительных факторов шумового воздействия от автотранспорта, предложена формула расчёта значимости каждого фактора, проведён сравнительный анализ проявления факторов на примере конкретных и гипотетических участков, прилегающих к МКАД.

Теоретическая и/или практическая значимость. Подход пригоден для экспресс-оценки факторов шумового воздействия при отсутствии большого массива измерений уровня шума, а также для определения направлений снижения вклада тех или иных факторов в шумовое загрязнение в конкретных точках и зонах городов.

Ключевые слова: шумовое воздействие, автотранспорт, распространение шума, городская среда, природная среда

Благодарности. Работа выполнена в рамках программы развития междисциплинарной научно-образовательной школы МГУ им. М.В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды» и государственного задания по теме «Анализ региональных геоэкологических проблем в условиях глобальных изменений окружающей среды» (№ 121040100322-8).

© СС BY Марголина И. Л., Климанова О. А., 2022.

NOISE POLLUTION FROM AUTOMOBILES: A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF FACTORS IN THE URBAN ENVIRONMENT

I. Margolina, O. Klimanova

Lomonosov Moscow State University

Leninskie Gory 1, Moscow 119991, Russian Federation

Abstract

Aim. The purpose of the paper is to develop a comprehensive model for assessing factors of noise impact from automobiles in the urban environment.

Methodology. The main factors determining noise pollution from motor vehicles are considered; the danger and frequency of manifestation of each factor are estimated in points using a quantitative (noise changes in dB) and qualitative scale; taking into account the point estimation, the total significance of each of the factors is determined and the assessment method is tested.

Results. The role of technical, natural and urban factors of noise impact from vehicles is determined, a formula for calculating the significance of each factor is proposed, and a comparative analysis of the manifestation of factors is carried out on the example of actual and hypothetical sites adjacent to the Moscow Ring Road (Moscow).

Research implications. The approach is suitable for rapid assessment of noise impact factors in the absence of a large array of noise level measurements, as well as for determining ways to reduce the contribution of certain factors to noise pollution in specific points and zones of cities.

Keywords: noise pollution, automobile transport, noise distribution, urban environment, natural environment

Acknowledgments. The work is performed within the framework of the program for the development of the interdisciplinary scientific and educational school of Lomonosov Moscow State University "The Future of the Planet and Global Environmental Changes" and the state assignment on the topic "Analysis of regional geoeological problems in the context of global environmental changes" (No. 121040100322-8).

Введение

Шум от автотранспорта является самым распространённым неблагоприятным видом воздействия городской среды на организм человека [13]. Уже в 1970–1980-е гг. отмечалось, что чрезмерный уровень шума вызывает ухудшение психического и физического здоровья, может повлечь нарушения повседневной деятельности (повлиять на сон, привести к увеличению раздражительности, вызвать потерю слуха, сердечно-сосудистые проблемы, снизить работоспособность) [17; 18]. В связи с этим оценка допустимого

уровня шума и разработка программ действий по борьбе с его негативными последствиями занимают важное место в исследовании комфортности городской среды.

В настоящее время в России действуют санитарные нормативы и правила, определяющие допустимый уровень шума в жилых кварталах и на придомовых территориях¹, а также методические рекомендации по измерению уровня шума от автомобильного

¹ Свод правил: СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с изменением). 2011. 50 с.

транспорта¹. Результаты замеров уровня шума показывают, что в городской среде основными источниками шума являются автомобильный транспорт, дорожная сеть, а также природные и градостроительные особенности территории [2; 7]. Об этой многофакторности свидетельствуют и расхождения, возникающие при сравнении акустических расчётов в компьютерных программах и фактических показателей уровней шума [1; 14].

С точки зрения географа, актуальный уровень шумового загрязнения в городе от автотранспорта может быть представлен как результат совместного действия факторов возникновения и распространения шума в географически разнородной пространственной среде. В практике планирования городской среды для моделирования уровня шума от автотранспорта используются специальные модули для геоинформационных систем – для открытого ПО – OpenNoise (плагин для QGIS) или программное обеспечение CadnaA and SoundPLAN (распространяется на платной основе). Однако использование таких программ часто ограничено как технологическими возможностями, так и недостаточностью исходных данных для всей исследуемой территории. В связи с этим возникает необходимость экспертной экспресс-оценки факторов шумового загрязнения с целью выделения в городе зон с их однотипным сочетанием.

Разработка концептуальной модели такой оценки, которая могла бы быть использована в различных природных и градостроительных ситуациях для

выделения зон с однотипным сочетанием факторов шумового загрязнения, и явилась целью данной работы, в ходе которой решались следующие задачи:

1. анализ факторов возникновения и распространения шума от автотранспорта в городской среде;
2. определение их значимости;
3. выделение предельных и типовых ситуаций сочетания различных групп выявленных факторов;
4. апробация алгоритма на примере отдельных территорий в г. Москве.

Факторы возникновения и распространения шума от автотранспорта в городской среде

Анализ публикаций по тематике шумового загрязнения в отечественной и зарубежной литературе позволил выделить 3 основные группы факторов: автотранспортные, природные и градостроительные.

Автотранспортные факторы включают технические и дорожные особенности, определяющие как уровень шума самого источника, так и шума, связанного с перемещением автомобиля по проезжей части. Основной вклад в уровень шума работающего автомобиля вносят звук двигателя и система выпуска отработавших газов², определяемая типом глушителя и его исправностью [5]. Существующие нормативы³ регламентируют допустимый уровень шума выпускной системы двигателей различных видов автотран-

¹ ГОСТР 52231–2004 «Внешний шум автомобилей в эксплуатации. Допустимые уровни и методы измерений».

² Виды, устройство и принципы работы глушителей // ТехАвтоПорт: [сайт]. URL: <https://techautoport.ru/dvigatel/vypusknaya-sistema/glushitel.html> (дата обращения: 10.03.2022).

³ ГОСТР 52231–2004 «Внешний шум автомобилей в эксплуатации. Допустимые уровни и методы измерений».

спорта: легковых автомобилей, автобусов и грузового транспорта. Наиболее заметное увеличение уровня шума от движущегося автомобиля связано с использованием шипованных покрышек [7]. При одинаковых интенсивности и составе автотранспортного потока уровень шума в регионах с устойчивым снежным покровом в зимний период будет выше, чем в летний.

Технические свойства автодорожного полотна связаны с типом и характеристикой покрытия, по которому движется транспорт. Чем более гладким является дорожное полотно, тем меньше будет уровень шума от автотранспорта при прочих равных условиях [7]. Уровень шума определяется и интенсивностью транспортного потока. Во время максимальной загруженности автодорог интенсивность транспортного потока зависит также и от количества полос движения. Наибольшую интенсивность транспортного потока имеют автомагистрали вблизи крупных городов и окружные магистрали, такие, как МКАД в Москве и КАД в Санкт-Петербурге, с 10–12 полосами движения. Максимальное шумовое воздействие оказывается на жилые территории, непосредственно примыкающие к подобным магистралям [19].

Интенсивность транспортного потока для автодорог общественного пользования непостоянна, она изменяется в зависимости от типа населённого пункта. Рассматриваемые в литературе временные закономерности изменения интенсивности транспортных потоков [2] позволяют составить следующую классификацию ритмов:

- суточный – максимальные вечерние и дневные часы-пик, минимальные значения в ночное и дневное время;

- недельный – максимальная интенсивность в рабочие дни, минимальная – в выходные;

- сезонный – наиболее характерный для курортных городов: многократное увеличение интенсивности транспортных потоков в сезон отпусков, а также симметричное уменьшение транспортных потоков вне сезона; в административных и деловых центрах происходит противоположная динамика: уменьшение интенсивности транспортных потоков в период праздников и отпусков.

Влияние состава транспортного потока на уровень шума определяется процентным соотношением легкового, грузового транспорта и автобусов. Уровень шума будет усиливаться при увеличении доли грузового транспорта¹.

Увеличение скорости транспортного потока приводит к увеличению уровня шума [7]. Поскольку скоростной режим на дорогах в пределах населённых пунктов ограничен 40–60 км/ч, то основное увеличение шумового воздействия приходится на жилые территории, расположенные в непосредственной близости от автомагистралей с ограничениями в скоростном режиме 110–130 км/ч.

Режим движения транспортного потока является ещё одним фактором в увеличении шумовой нагрузки от автотранспорта: при неравномерном движении автомобиля возникают дополнительные шумы, связанные с возрастанием уровня шума от двигателя при разгоне и возникновением дополнительного шума при торможении, при срабатывании тормозной системы [4].

¹ ГОСТ Р 52231–2004 «Внешний шум автомобилей в эксплуатации. Допустимые уровни и методы измерений».

Природные (средообразующие) факторы обусловлены, главным образом, метеорологическими и ландшафтным условиями, определяющими распространение шума и шумопоглощения в окружающей среде [12].

Метеорологические условия определяются температурой и влажностью воздуха, направлением и скоростью ветра. Согласно экспериментальным и теоретическим расчётам при 0°C скорость звука принимают за 331 м/с, но при увеличении температуры воздуха и влажности скорость звука возрастает [11]. Ветер оказывает значительное влияние на перераспределение шумового воздействия – наибольшее приходится на наветренные относительно источника шума территории, в то время как подветренные оказываются в шумовой «тени» [21].

Ландшафтные условия определяются рельефом, характером подстилающей поверхности и типом растительности. На прямой видимости в отсутствие преград происходит беспрепятственное распространение звуковых волн, холмистый рельеф создаёт преграды для прямого распространения. Однако в горных районах шумовое воздействие от автодорог максимально на прямой видимости источника шума. Подстилающая поверхность обладает шумопоглощающими свойствами, оказывая влияние на распространение шума.

Выделяются пористые и гладкие поверхности¹. К пористым поверхностям, способным поглощать шум, препятствуя его распространению, относятся поверхности, занятые свежей пашней,

травянистой растительностью, покрытые мхом или рыхлым снегом. К гладким поверхностям, не оказывающим эффекта шумопоглощения, относятся мощёные и асфальтовые поверхности, поверхности, покрытые льдом, а также водная гладь.

Растительность обладает высокой шумопоглощающей способностью по отношению к шуму от автотранспорта [3]. Шумозащитный эффект придорожных растительных комплексов определяется ярусностью, шириной придорожной полосы, а также продолжительностью облиствленного периода [8; 20]. Максимальный шумозащитный эффект оказывают многоярусные вечнозеленые растительные сообщества с кустарничково-моховым или травянистым покровом.

Градостроительные факторы распространения шума имеют строительную и планировочную составляющие.

Строительные факторы обусловлены типом здания: этажностью и использованием шумозащитных строительных конструкций.

Этажность зданий напрямую влияет на оказываемое шумовое воздействие. С высотой уровень шума увеличивается, при этом, в зависимости от расположения здания относительно автодороги и зелёных насаждений, скачок в увеличении шума возникает на уровне 7–10 этажей [9]. Наибольший шум возникает на верхних этажах зданий с этажностью более 16–18, поскольку на прямой видимости оказываются различные участки автодорог с движущимся автотранспортом [15].

Шумозащитные свойства строительных конструкций обусловлены применением материалов, обладающих эффектом шумоподавления,

¹ ГОСТ 31295.2-2005 «Шум. Затухание звука при распространении на местности». Межгосударственный стандарт.

а также использованием в оконных проёмах конструкций многослойного стеклопакета. Хорошим шумоподавляющим барьером служат широко используемые в настоящее время застеклённые балконы и лоджии [6].

Факторы, связанные с планировочными решениями¹, определяются плотностью и конфигурацией жилой застройки и наличием зданий или сооружений, выполняющих шумозащитные функции [16]. Увеличение плотности застройки на территории уменьшает оказываемое шумовое воздействие на территорию в целом. При этом здания башенного типа в наименьшей степени влияют на уменьшение уровня шума внутри жилого квартала. Особая роль в уменьшении шума связана с наличием древесной растительности на внутри дворовых территориях, полностью скрывающие здания. Такой шумоподавляющий эффект наиболее ярко проявляется при 4–5-этажном строительстве и фиксируется внутри так называемых хрущёвских пятиэтажек [9]. К объектам, выполняющим шумозащитную функцию, можно отнести: шумозащитные экраны, лесозащитные полосы, а также расположенные вдоль автомобильных дорог здания и сооружения. При расположении здания вдоль автомагистрали происходит значительная дифференциация шумового воздействия. На фронтальную часть, обращённую к автодороге, будет оказываться основное воздействие, в то время как противоположная окажется в шумовой тени [10].

¹ ОДМ 218.2.013-2011. Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам.

Анализ проявления всех групп факторов показывает, что значительное шумовое воздействие от автотранспорта оказывается на прилегающие к автотрассам жилые территории, граничащие с открытыми поверхностями (водные объекты, заасфальтированные или скальные территории), при этом максимальный уровень шума фиксируется со стороны автотрассы на верхних этажах многоэтажных зданий, расположенных вдоль скоростных автомагистралей с интенсивным неравномерным потоком грузового транспорта.

Балльная оценка факторов формирования шумового загрязнения

Оценка вклада каждого из факторов в уровень шумового загрязнения (*Influence* – *INF*) рассчитывается исходя из его встречаемости в пределах города и опасности. Величина воздействия фактора прямо пропорциональна встречаемости (*V*) и опасности (*D*), т. е. в общем случае:

$$INF = V \cdot D$$

В данном исследовании, носящем оценочный характер, встречаемость и опасность измеряются в баллах и принимают целые значения. Для частоты встречаемости предлагается следующая шкала значений: 0 – отсутствие; 1 – минимальная; 2 – средняя, 3 – максимальная.

Опасность может принимать как положительные, если фактор увеличивает шумовое воздействие, так и отрицательные значения – если фактор препятствует шумовому воздействию. Модуль данного показателя имеет

шкалу, характеризующую эффект от проявления рассматриваемого фактора, знак ($\pm$) определяет направление влияния фактора: 0 – нет проявления, (± 1) – незначительное проявление, (± 2) – среднее значимое, (± 3) – наиболее значимое.

Группа автотранспортных факторов увеличивает шумовое воздействие, поэтому показатель опасности этих факторов имеет положительные значения, а нулевое значение определяется при отсутствии автотранспорта или в тех случаях, когда поток автотранспорта остановился и выключен двигатель. Оценка значений опасности для факторов этой группы сопоставима с изменением уровня шума при их проявлении. Опираясь на величины

изменения уровня шума¹, к незначительным факторам (1 балл) можно отнести увеличение уровня шума от источника до 5 дБА, 2 балла – от 5 до 10 дБА, 3 балла более 10 дБА.

Таким образом, в целом для группы автотранспортных факторов воздействие (INFauto) определяется как:

$$\text{INFauto} = \sum_{i=1}^n (V_i D_i) \quad (1),$$

где: V_i , D_i – показатели встречаемости и опасности для каждого i фактора (табл. 1).

¹ ГОСТ Р 52231–2004 «Внешний шум автомобилей в эксплуатации. Допустимые уровни и методы измерений».

Таблица 1 / Table 1

Воздействие автотранспортных факторов на уровень шума / The impact of motor transport factors on noise level

Фактор i	Уровень шума		Величина воздействия при максимальном негативном проявлении в городе, балл		
	Min	Max	Встречаемость V_i	Опасность D_i	Воздействие INFavto_i
Интенсивность транспортного потока	невысокая	высокая	3	3	9
Состав транспортного потока	легковые автомобили	грузовые автомобили	3	2	6
Скорость потока км/ч	40–60 (ограничения для населённых пунктов)	110–130 (ограничения для автомагистралей)	3	2	6
Равномерность движения транспортного потока	равномерное	неравномерное	3	1	3
Система шумоподавления (глушитель)	резонансная	прямоточная	1	3	3
Покрышки	мягкие нешипованные, неглубокий протектор	жёсткие, шипованные, глубокий протектор	2	1	2
Покрытие дорожного полотна	гладкое	ребристое	1	1	1

Источник: составлено авторами

Анализ факторов, связанных с источником шума (автотранспортом), показывает, что наибольшее шумовое воздействие оказывается интенсивным потоком грузового транспорта на шипованной резине, движущимся неравномерно. При той же интенсивности и скорости движения равномерно движущийся поток легковых автомобилей на нешипованной резине оказывает меньшее воздействие.

Аналогично автотранспортным (1) определяется воздействие для групп природных (INFnature) и градостроительных (INFurban) факторов (табл. 2–3).

Группа природных факторов определяет распространение шума от источника воздействия. Следовательно, в этой группе проявление фактора

может как способствовать его распространению – иметь положительные значения, так и препятствовать – иметь отрицательные значения (табл. 2).

Аналогично природным группам градостроительных факторов определяет шумозащитные условия, которые способствуют (положительные значения) или препятствуют (отрицательные значения) шумовому воздействию (табл. 3).

Суммарное воздействие факторов (INFsum) определяется, как:

$$\text{INFsum} = \text{INFavto} + \text{INFnature} + \text{INFurban} \quad (2)$$

При наихудших условиях проявления автотранспортных, природных и градостроительных факторов в отсутствии шумозащитных объектов

Таблица 2 / Table 2

Роль природных факторов в распространении шума от автотранспорта / The role of natural factors in the propagation of noise from automobiles

Фактор	Распространение шума		Воздействие в окружающей среде (балл)		
	Min	Max	Встречаемость V_i	Опасность D_i	Воздействие INFnature_i
Подстилающая поверхность	Кустарничково-травянистый покров	Водная гладь, скальные породы	2	± 3	± 6
Рельеф	Холмистая территория	Участок с прямой видимостью	2	± 2	± 4
Температура	Низкие температуры	Высокие температуры	3	± 1	± 3
Влажность	Сухой воздух	Влажный воздух	2	± 1	± 2
Осадки (снег, дождь)	Снег (пушистый)	Дождь	2	± 1	± 2
Растительность (древесно-кустарниковая)	Многоярусные вечнозеленые лесные сообщества	Отсутствие растительности Гладкоствольные леса (без подроста и подлеска)	2	± 1	± 2

Источник: составлено авторами

Таблица 3 / Table 3

Роль градостроительных факторов в распространении шума / The role of urban factors in the noise propagation

Фактор	Шумовое воздействие		Оценка шумозащитных условий (балл)		
	Min	Max	Встречаемость V_i	Опасность D_i	Воздействие INF_{urban_i}
Этажность	Первые этажи зданий	Верхние этажи зданий	3	± 2	± 6
Ориентация здания по отношению к автодороге	Тыловая сторона (задний фасад)	Фронтальная сторона (передний фасад)	3	± 3	± 9
Шумопоглощающие строительные конструкции	Используются	Не используются	2	-2	-4
Плотность застройки	Высокая	Низкая	1	± 2	± 2
Растительность внутридворовая	Наличие	Отсутствие	2	-2	-4
Шумозащитные объекты	Наличие	Отсутствие	2	-3	-6

Источник: составлено авторами

показатель суммарного воздействия $INF_{sum}=66$, при тех же проявлениях автотранспортных факторов, но благоприятных градостроительных и природных – $INF_{sum}=(-20)$. Следовательно, возможный разброс значений воздействий при интенсивном неравномерном потоке грузового автотранспорта составляет 86 баллов, что позволяет проводить дифференциацию территорий по роли факторов с применением пространственного анализа и предложением комплекса мероприятий по улучшению ситуации.

Апробация предложенного алгоритма оценки

Предложенный алгоритм использован для сравнения факторов, формирующих уровень шума на территориях, расположенных вдоль одной магистрали, в данном случае

Московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД). Это позволяет принять наиболее очевидные по проявлению автотранспортные факторы равными и не рассматривать их при проведении сравнительной оценки. Для базовой оценки шумового воздействия, связанного с движущимся автотранспортным потоком по МКАД, взята гипотетическая территория, прилегающая к трассе, для которой все анализируемые факторы имеют максимальное проявление, а также 4 реальных ситуации (рис. 1).

Согласно карте шумового загрязнения¹, составленной на основе расчётных данных, уровень шума на всех рассматриваемых участках территории превышает ПДУ в 55 дБА. Применение

¹ Экологический атлас Москвы / рук. проекта И. Н. Ильина. М.: ГУП НИИПИ Генплана г. Москвы, 2000. 96 с.



Рис. 1 / Fig. 1. Анализируемые ситуации по проявлению факторов шумового воздействия / Situations demonstrating the noise impact factors

Источник: фото авторов

предложенной методики оценки факторов позволяет соотносить участки территорий по масштабу оказываемого шумового воздействия, а также выявить необходимость в формировании

дополнительных условий для увеличения или уменьшения роли факторов. Расчётные оценки проявления природных и градостроительных факторов представлены в табл. 4.

Таблица 4 / Table 4

Расчёт суммарного воздействия факторов, определяющих уровень шума / Calculation of the total impact of factors determining the noise level

Фактор	МКАД, условная территория (гипотетически)	МКАД, Балашиха ЖК «Штаб квартира» (А)	МКАД, ЖК «Восточный ветер» (Б)	МКАД, ЖК «Стрешнево» (В)	МКАД, 49 км пос. Мещерский (Г)
Подстилающая поверхность	6	6	0	6	-6
Рельеф	4	0	0	4	0
Растительность (древесно-кустарниковая)	2	2	2	-2	-2
Этажность	6	6	6	6	0
Ориентация здания по отношению к автодороге	9	9	9	9	9
Плотность застройки	-2	2	2	2	-2

Окончание табл. 4

Фактор	МКАД, условная территория (гипотетически)	МКАД, Балашиха ЖК «Штаб-квартира» (А)	МКАД, ЖК «Восточный ветер» (Б)	МКАД, ЖК «Стрешнево» (В)	МКАД, 49 км пос. Мещерский (Г)
Растительность внутридворовая	-4	0	-4	-4	-4
Шумозащитные объекты	-6	0	-6	-6	-6
Суммарное воздействие факторов	15	25	9	15	-11

Источник: составлено авторами

Наихудшая ситуация складывается на территории ЖК «Штаб-квартира». В этом комплексе проявляются практически все факторы, способствующие увеличению распространения шума, в то время как факторы, уменьшающие и препятствующие воздействию, не присутствуют. Суммарное воздействие факторов для этой территории в 1,5 раза превосходит гипотетическую ситуацию. Следовательно, потенциал природных и защитных факторов полностью не реализован, что позволяет изменить проявление факторов и увеличить их роль в уменьшении шумового воздействия. Противоположная картина складывается в пос. Мещерский, примыкающем к МКАД на 49 км. На территории посёлка проявляется комплекс факторов, препятствующих распространения шума, и, следовательно, уменьшающих его воздействия. Отрицательное суммарное воздействие факторов указывает на наличие определённого резерва в шумозащите по отношению к оказываемому воздействию.

Заключение

Исследования показали, что шумовое загрязнение в каждой конкретной точке городской среды определяется в

ходе совместного действия автотранспортных, природных и градостроительных факторов, каждый из которых может иметь разную интенсивность. По-видимому, из всех индикаторов комфортности городской среды уровень шумового загрязнения – наиболее динамичен и изменчив в пространстве, поэтому его компьютерное моделирование даже при условии большого числа измерений может не давать репрезентативных результатов.

В этих условиях важную роль играет аналитическая оценка вклада каждого из факторов – его суммарного влияния, которое прямо пропорционально его встречаемости и опасности. Понимание роли каждого из факторов даёт ответ на вопросы о возможных средствах борьбы с шумовым воздействием в городской черте.

Так, в ходе анализа реальных ситуаций в природной и городской средах установлено, что природные и градостроительные факторы могут как увеличивать, так и снижать шумовое воздействие, а значения опасности фактора принимать отрицательные значения, компенсируя тем самым неблагоприятное воздействие автотранспортных факторов.

Применение разработанной оценки демонстрирует, что недостаточное использование возможностей снижения шума при проектировании жилых кварталов на территориях, прилегающих к крупным автомагистралям, делает реальную ситуацию шумового загрязнения ещё более неблагоприятной, чем она определяется воздействием автотранспортных факторов.

Предложенная модель может быть использована для экспресс-оценки факторов шумового воздействия при отсутствии большого массива измерений уровня шума, а также для определения направлений снижения вклада тех или иных факторов в шумовое загрязнение в конкретных точках и зонах городов.

Статья поступила в редакцию 17.12.2021

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев В. А. Сравнение шумовых характеристик автотранспортных потоков, полученных расчётным путём и в результате натурных измерений // Акустика среды обитания : сборник трудов Третьей Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов / под ред. А. И. Комкина. Москва, 18 мая 2018 года. М: Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2018. 274 с.
2. Васильев В. А., Ксенофонтова В. К. Шум автомобильного транспорта // Noise Theory and Practice. 2020. № 1. С. 66–76.
3. Гордеев Ю. А., Кулагин А. А. Зависимость шумозащитных свойств зеленых насаждений от времени года // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1 (3). С. 736–740.
4. Горецкая А. Г., Марголина И. Л., Мороз А. В. Особенности шумового воздействия автотранспорта в городской среде // Экологические системы и приборы. 2017. № 6. С. 19–23.
5. Захаров Е. А., Шумский С. Н. Экологические проблемы автомобильного транспорта. Волгоград: РПК «Политех», 2007. 106 с.
6. Захаров Ю. И., Карнаух Е. С. Основные методы защиты городской среды от транспортного шума // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2012. № 9. С. 21–25.
7. Классификация автомобильных дорог по уровням шума / М. В. Буторина, Н. В. Тюрина, Н. И. Иванов, В. А. Санников // Noise Theory and practice. 2021. № 6. С. 22–32.
8. Кулакова Е. А., Штепа А. А., Чернодубов А. И. Защитные лесные полосы вдоль автомобильных дорог // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. № 4. С. 46–50.
9. Особенности вертикального изменения уровня шума в городской зоне / И. Л. Марголина, Д. В. Веселов, М. И. Иванцова, К. А. Чевель // Экологические системы и приборы. 2019. № 2. С. 41–46.
10. Сокольская Е. В., Курдюкова Е. А., Ивашкина И. В. Модельная оценка воздействия транспорта на формирование акустического режима жилой застройки и зон отдыха города Тирасполя // Экология урбанизированных территорий. 2021. № 1. С. 33–41.
11. Стретт Дж. В. (лорд Рэлей). Теория звука. Т. 2 / пер. англ. П. Н. Успенского, С. А. Каменецкого. М.: Гостехиздат, 1955. 475 с.
12. Суторихин И. А., Литвиненко С. А. Климатические и природные факторы, влияющие на распространение акустических волн // Известия Алтайского государственного университета. 2011. № 1. С. 197–199.

13. Чудинова О. Н., Тумуреева Н. Н., Санжиева С. Е. Оценка шумового загрязнения городской среды от автотранспорта // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 6. С. 94–98.
14. Расчёт автодорожного шума жилого района Москвы с использованием двух программных средств / И. Л. Шубин, И. Е. Цукерников, Л. А. Тихомиров, А. В. Никифоров // Жилищное строительство. 2013. № 6. С. 2–5.
15. Acoustic amenity analysis for high-rise building along urban expressway: Modeling traffic noise vertical propagation using neural networks / Baoxiang Huang, Zhenkuan Pan, Zunren Liu, Guojia Hou, Huan Yang // Transportation Research Part D. 2017. № 53. P. 63–77.
16. Haibo Wang, Ming Cai, Yifan Yao. A modified 3D algorithm for road traffic noise attenuation calculations in large urban areas // Journal of Environmental Management. 2017. № 196. P. 614–626.
17. Kryter K. D. Community annoyance from aircraft and ground vehicle noise // Journal of the Acoustical Society of America. 1982. № 72. P. 1253–1257.
18. Langdon F. J. Noise nuisance caused by road traffic in residential areas (Part I–II) // Journal of Sound and Vibration. 1976. № 47. P. 243–282.
19. Ouis D. Annoyance from road traffic noise: a review // Journal Environmental Psychology. 2001. № 21. P. 101–120.
20. Renterghem T. Van, Botteldooren D., Verheyen K. Road traffic noise shielding by vegetation belts of limited depth // Journal of Sound and Vibration. 2012. P. 2404–2425.
21. Atmospheric effects associated with highway noise propagation Arizona: Final report 555 / H. Saurenman, J. Chambers, L. Sutherland, R. Bronsdon, H. Forschner. 2005. 179 p.

REFERENCES

1. Vasilev V. A. [Comparison of noise characteristics of motor vehicle flows obtained by calculation and as a result of full-scale measurements]. In: Komkin A. I., ed. *Akustika sredy obitaniya: sbornik trudov III Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov. Moskva, 18 maya 2018 goda* [Acoustics of the habitat: a collection of works of the 3th All-Russian Conference of young scientists and specialists. Moscow, May 18, 2018]. Moscow, Bauman Moscow State Technical University (National Research University) Publ., 2018. 274 p.
2. Vasilev V. A., Ksenofontova V. K. [Road transport noise]. In: *Noise Theory and Practice*, 2020, no. 1, pp. 66–76.
3. Gordeev Yu. A., Kulagin A. A. [The dependence of the noise-protective properties of green spaces on the time of the year]. In: *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk* [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2014, vol. 16, no. 1 (3), pp. 736–740.
4. Goretskaya A. G., Margolina I. L., Moroz A. V. [Features of the noise impact of vehicles in the urban environment]. In: *Ekologicheskie sistemy i pribory* [Environmental systems and instruments], 2017, no. 6, pp. 19–23.
5. Zakharov E. A., Shumsky S. N. *Ekologicheskie problemy avtomobilnogo transporta* [Environmental problems of road transport]. Volgograd, RPK “Politekh” Publ., 2007. 106 p.
6. Zakharov Yu. I., Karnaukh E. S. [The main methods for protecting the urban environment from traffic noise]. In: *Visnik Pridniprovskoi derzhavnoi akademii budivnitstva ta arkhitekturi* [Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture], 2012, no. 9, pp. 21–25.
7. Butorina M. V., Tyurina N. V., Ivanov N. I., Sannikov V. A. [Classification of roads by noise levels]. In: *Noise Theory and practice*, 2021, no. 6, pp. 22–32.

8. Kulakova E. A., Shtepa A. A., Chernodubov A. I. [Protective forest belts along highways]. In: *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Kazan State Agrarian University.], 2018, no. 4, pp. 46–50.
9. Margolina I. L., Veselov D. V., Ivantsova M. I., Chevel K. A. [Peculiarities of vertical change in the noise level in the urban area]. In: *Ekologicheskie sistemy i pribory* [Environmental systems and instruments], 2019, no. 2, pp. 41–46.
10. Sokolskaya E. V., Kurdyukova E. A., Ivashkina I. V. [Model assessment of the impact of transport on the formation of the acoustic regime of residential buildings and recreation areas of the city of Tiraspol]. In: *Ekologiya urbanizirovannykh territorii* [Ecology of urbanized areas], 2021, no. 1, pp. 33–41.
11. Strett J. W. *The theory of sound* (Russ. ed.: Uspensky P. N., Kamenetsky S. A., transl. *Teoriya zvuka*. T. 2. Moscow, Gostekhizdat Publ., 1955. 475 p.).
12. Sutorikhin I. A., Litvinenko S. A. [Climatic and Natural Factors Affecting the Propagation of Acoustic Waves]. In: *Izvestiya Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta* [News of Altai State University], 2011, no. 1, pp. 197–199.
13. Chudinova O. N., Tumureeva N. N., Sanzhieva S. E. [Assessment of noise pollution of the urban environment from vehicles]. In: *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State University], 2017, no. 6, pp. 94–98.
14. Shubin I. L., Tsukernikov I. E., Tikhomirov L. A., Nikiforov A. V. [Calculation of road noise in a residential area of Moscow using two software tools]. In: *Zhilishchnoe stroitelstvo* [Housing construction], 2013, no. 6, pp. 2–5.
15. Baoxiang Huang, Zhenkuan Pan, Zunren Liu, GuojiaHou, Huan Yang Acoustic amenity analysis for high-rise building along urban expressway: Modeling traffic noise vertical propagation using neural networks. In: *Transportation Research Part D*, 2017, no. 53, pp. 63–77.
16. Haibo Wang, Ming Cai, Yifan Yao. A modified 3D algorithm for road traffic noise attenuation calculations in large urban areas. In: *Journal of Environmental Management*, 2017, no. 196, pp. 614–626.
17. Kryter K. D. Community annoyance from aircraft and ground vehicle noise. In: *Journal of the Acoustical Society of America*, 1982, no. 72, pp. 1253–1257.
18. Langdon F. J. Noise nuisance caused by road traffic in residential areas (Part I–II). In: *Journal of Sound and Vibration*, 1976, no. 47, pp. 243–282.
19. Ouis D. Annoyance from road traffic noise: a review. In: *Journal Environmental Psychology*, 2001, no. 21, pp. 101–120.
20. Renterghem T. Van, Botteldooren D., Verheyen K. Road traffic noise shielding by vegetation belts of limited depth. In: *Journal of Sound and Vibration*, 2012, pp. 2404–2425.
21. Saurenman H., Chambers J., Sutherland L., Bronsdon R., Forschner H. *Atmospheric effects associated with highway noise propagation Arizona: Final report 555*. 2005. 179 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Марголина Ирина Леонидовна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник кафедры рационального природопользования географического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова;
e-mail: irina-mgu@mail.ru

Климанова Оксана Александровна – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры физической географии мира и геоэкологии географического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова;
e-mail: oxkl@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Irina L. Margolina – Cand. Sci. (Geographical), Senior Researcher, Department of Environmental Management of the Geographical Faculty, Lomonosov Moscow State University;
e-mail: irina-mgu@mail.ru

Oksana A. Klimanova – Cand. Sci. (Geographical), Assoc. Prof., Department of Physical Geography of the World and Geoecology of the Geographical Faculty, Lomonosov Moscow State University;
e-mail: oxkl@yandex.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Марголина И. Л., Климанова О. А. Шумовое воздействие от автотранспорта: комплексная оценка факторов в городской среде // Географическая среда и живые системы. 2022. № 1. С. 40–54.

DOI: 10.18384/2712-7621-2022-1-40-54

FOR CITATION

Margolina I. L., Klimanova O. A. Noise pollution from automobiles: a comprehensive assessment of factors in the urban environment. In: *Geographical Environment and Living Systems*, 2022, no. 1, pp. 40–54.

DOI: 10.18384/2712-7621-2022-1-40-54