

УДК 502.5, 504.055

Научная статья

<https://doi.org/10.32603/2071-8985-2023-16-4-16-29>**ГИС оценки влияния дорожного транспорта
на шумовое загрязнение городских территорий****Н. И. Куракина¹✉, Р. А. Мышко¹, А. А. Турыгина²**¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия² Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия✉ nkurakina@gmail.com

Аннотация. Рассматриваются вопросы создания геоинформационной системы оценки шумового загрязнения городской территории от дорожного транспорта при различных условиях. Изучены факторы, которые могут оказывать влияние на транспортный шум. Спланирован измерительный эксперимент, выбраны и обоснованы точки контроля, исходя из потребности анализа таких факторов, как уровень трафика, транспорт, особенности движения, количество полос, прилегающая территория. Проведен измерительный эксперимент с помощью шумометра в выбранных точках в различное время на территории Васильевского острова. Вся информация о точках: местоположение, показания уровня шума и условия систематизированы на базе ГИС ArcGis Desktop. Сформированы две базы данных, одна из которых – Monitor, несет в себе общую информацию и содержит точки контроля, отражаемые на карте, вторая база данных – Analys, содержит информацию о зависимостях и факторах. На основе полученных данных проанализированы различные факторы и по результатам анализа построены тематические карты, наглядно показывающие влияние дорожного транспорта на загрязнение городских территорий при различных условиях. Созданная геоинформационная система позволяет выявить наиболее опасные участки с целью выработки рекомендаций по предотвращению негативных воздействий шума на здоровье и жизнедеятельность людей и природы.

Ключевые слова: шумовое загрязнение, дорожный транспорт, измерительный эксперимент, ГИС

Для цитирования: Куракина Н. И., Мышко Р. А., Турыгина А. А. ГИС оценки влияния дорожного транспорта на шумовое загрязнение городских территорий // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2023. Т. 16, № 4. С. 16–29. doi: 10.32603/2071-8985-2023-16-4-16-29.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Original article

GIS for Assessing the Impact of Road Transport on Noise Pollution in Urban Territories**N. I. Kurakina¹✉, R. A. Myshko¹, A. A. Turygina²**¹ Saint Petersburg Electrotechnical University, Saint Petersburg, Russia² ITMO University, Saint Petersburg, Russia✉ nkurakina@gmail.com

Abstract. The article deals with the creation of a geographic information system (GIS) for assessing the noise pollution of an urban area from road transport under various conditions. The factors that can influence traffic noise are studied. A measurement experiment was planned, and control points were selected and justified tak-

ing the following factors into account: traffic level, transport, traffic features, number of lanes, adjacent territory. A measurement experiment was carried out using a noise meter at selected points at different times on the territory of Vasilyevsky Island. All information about the points, including location, noise level readings and conditions, are systematized on the basis of GIS ArcGis Desktop. Two databases were compiled: the Monitor database contains general information and contains control points reflected on the map; the Analys database contains information about dependencies and factors. Based on the data obtained and their analysis, various factors were analyzed and thematic maps were constructed. These maps clearly show the impact of road transport on the pollution of urban areas under various conditions. The created geoinformation system makes it possible to identify the most dangerous areas in order to develop recommendations for preventing the negative effects of noise on the health and life of people and nature.

Keywords: noise pollution, road transport, measurement experiment, GIS

For citation: Kurakina N. I., Myshko R. A., Turygina A. A. GIS for Assessing the Impact of Road Transport on Noise Pollution in Urban Territories // LETI Transactions on Electrical Engineering & Computer Science. 2023. Vol. 16, no. 4. P. 16–29. doi: 10.32603/2071-8985-2023-16-4-16-29.

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

Введение. Шум в большом городе становится неотъемлемой частью жизни человека. Теперь житель города сталкивается с шумовым загрязнением, не только оказавшись рядом с дорогой, но и даже находясь дома. Многие люди не задумываются, что шум создает значительную нагрузку на их нервную систему [1]: он может увеличивать в крови количество гормонов стресса – кортизола, адреналина и норадреналина. Некоторые люди, проживающие в домах рядом с проезжей частью, страдают бессонницей, что также усугубляет их состояние. В связи с этим Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует снижать уровень звука, создаваемого транспортом [2].

Помимо здравоохранения вопрос о шумовом загрязнении крайне актуален и для урбанистов, которые пытаются понять, каким способом можно уменьшить шумовой след. Загрязнению подвергаются не только проезжая часть и тротуары вдоль нее, но и любые находящиеся вблизи территории – жилые дома, дворы, парки, детские площадки и другие общественные пространства. Социальное взаимодействие людей осложняется, когда они находятся рядом с транспортным потоком, зачастую приходится увеличивать громкость речи, чтобы просто услышать друг друга. Некоторые дороги имеют столь сильный шумовой след, что даже во дворе или дома отсутствует возможность побыть в тишине.

Чтобы понять, насколько отличаются значения уровня шума от рекомендуемых ВОЗ для жителей Санкт-Петербурга, в качестве исследования был выбран Васильевский остров. На примере данного района можно получить картину шумового загрязнения, а также изучить различные свя-

зи между особенностью дороги и значениями уровня звука вдоль нее.

Чтобы наглядно оценить ситуацию и проследить зависимости различных факторов и значения шума, удобно использовать геоинформационную систему (ГИС). С ее помощью можно не только отразить на карте значения шума, но и привязать к каждому значению некую информацию, провести пространственный анализ: на каких дорогах шумовое загрязнение меньше и почему, можно ли уменьшить звуковое давление, если да, то какие способы наиболее эффективны. Если же существует зависимость между классом дороги и ее шумовым следом, то какие особенности дороги могут увеличить или уменьшить шумовое загрязнение.

Данная статья посвящена разработке геоинформационной системы оценки влияния шумового загрязнения от транспорта при различных условиях движения, позволяющей систематизировать разнородные данные, осуществить их анализ, оперативно и наглядно представить сложившуюся экологическую ситуацию на карте.

Влияние транспорта на шумовое загрязнение. Шумом называют некие нежелательные или неприятные для человеческого уха звуки, которые ухудшают восприятие необходимых, полезных сигналов, а также раздражающе воздействуют на организм человека [1]. Шумовое загрязнение – изменение естественной громкости вследствие антропогенного вмешательства.

Человек, проживающий в большом городе, ежедневно сталкивается с проблемой шумового загрязнения. Природа данного явления может быть различна, исходя из чего шум разделяют на

транспортный, бытовой, производственный, промышленный, авиационный, а также шум уличного движения [3]. Бытовой шум появляется вследствие действий человека и работы техники в доме, производственный создается при работе различных механизмов и машин на производстве, а источником промышленного шума служат различные заводы и станции. Шум уличного движения представляет собой совокупность транспортного шума и иных уличных звуков.

Несмотря на разнообразие видов шума, шум транспорта может достигать 80 % от общего городского шума. Из ГОСТа 31330.1–2006 транспортный шум определяется как «Шум, создаваемый в целом движением транспорта по дороге во время испытаний». Транспортный шум – это совокупность звуков, производимых отдельными транспортными средствами, два его главных компонента представляют собой шум силовой установки и шум шин. Звуковое загрязнение появляется вследствие работы двигателя, тормозов и соприкосновения колес с дорожным покрытием.

Уровень звука может значительно варьироваться, поскольку зависит от множества факторов [4]. К основным факторам формирования шумового загрязнения от дорожного транспорта относятся:

- интенсивность транспортного потока – чем больше транспорта движется, тем больше звуков производится;

- скорость транспортного потока – чем выше скорость, тем выше шум двигателя, шума от соприкосновения колес с дорогой и от сопротивления воздуха;

- категории транспортных средств, преобладающие в транспортном потоке, – автобусы, грузовики и другой большегрузный транспорт, создают больше шума, нежели легковые автомобили;

- тип двигателя: электродвигатель – наименее шумный, а дизельный, газотурбинный и т. п. издают гораздо больше шума;

- структура дорожного покрытия – при соприкосновении шин с грунтом шума больше, чем с асфальтированной дорогой.

За последние десять лет уровень шума в городах значительно вырос, примерно на 10–15 дБ [2]. В час пик интенсивность движения бьет рекорды: для районных магистралей значения могут достигать до 2000 машин в час, а для городских – до 6000 машин в час [5]. На данный момент в крупных городах России транспортный шум может составлять 90–100 дБ, а ночью даже не по-

нижаться до 70 дБ. Порядка 35 млн граждан России подвержены шумовому загрязнению от транспорта.

Если на производстве уровень шума устанавливается сводом правил 51.13330.2011, то для дорожного шума есть «Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам», которые имеют лишь рекомендательный характер, а значит, необязательны к исполнению [6].

Пешеходы, водители, а также люди, находящиеся на близком расстоянии от дороги, постоянно подвергаются воздействию транспортного шума. ВОЗ настоятельно рекомендует снижать уровень суточного шума от дорожного транспорта до 53 дБ, поскольку шум приводит к негативным последствиям для здоровья человека [2].

Для того чтобы понять, как транспорт влияет на шумовое загрязнение, какие факторы формируют шумовой фон и как можно его уменьшить, проведем исследования и анализ типов автомобильных дорог.

Классификация дорог. Категории автомобильным дорогам присваиваются в зависимости от интенсивности движения, скорости и состава транспортного потока, количества полос дороги. Следует отметить, что эти же параметры относятся к факторам, влияющим на транспортное шумовое загрязнение. Исходя из этого, можно предположить, что между шумовым загрязнением и категорией дороги есть зависимость.

ГОСТом Р 52398–2005 класс автомобильной дороги определяется как «Характеристика автомобильной дороги по условиям доступа на нее», а категория дороги – «Характеристика, отражающая принадлежность автомобильной дороги соответствующему классу и определяющая технические параметры автомобильной дороги».

В зависимости от условий движения на дороге и доступа транспорта выделяют три класса автомобильных дорог:

- автомагистраль;

- скоростная дорога;

- дорога обычного типа.

Автомагистраль и скоростная дорога от дороги обычного типа отличаются тем, что на протяжении всей многополосной дороги есть центральная разделительная полоса, нет пересечений в одном уровне с другими дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками, а также доступ возможен только в разных уровнях.

Для дороги обычного типа возможен вариант как единой проезжей части, так и с разделенной центральной полосой, доступ на дорогу возможен через пересечения и примыкания.

Автомобильные дороги делятся на категории, исходя из потребительских свойств и транспортно-эксплуатационных качеств. Некоторые из этих свойств влияют и на шум.

Первое свойство – количество и ширина полос движения. Чем больше транспорта может перемещаться по проезжей части, тем больше шума производится всеми автомобилями.

Следующее свойство – наличие центральной разделительной полосы. В зависимости от того, сплошная она или прерывистая, движение транспорта имеет определенную специфику. Поскольку полосы могут чередоваться на коротких промежутках, а также пересекаться с другими свойствами (прерывистая линия чаще встречается на пересечении дорог), то сказать, как именно полоса влияет на шум, сложно.

Третье свойство – тип пересечений с автомобильными, железными дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками. Пересечение дорог служит причиной скопления транспорта в одном месте, а значит, и большего шума; с другой стороны, на промежутке дороги без пересечений транспорт может набрать большую скорость, а значит, больше шуметь. Пересечение с велосипедными и пешеходными дорожками заставляет транспорт замедлиться, что уменьшает шумовой транспортный след, а пересечение с

трамвайными или железнодорожными путями может увеличить шум.

Последнее свойство для разделения на категории – это условие доступа на автомобильную дорогу с примыканий в одном уровне. Как и с разделительной полосой, понять, насколько сильно данное свойство влияет на шум, сложно. Исходя из вышеописанных свойств и качеств, можно увидеть связь между категорией дороги и ее шумовым следом. В табл. 1 приведено подробное описание различий классов и категорий автомобильных дорог.

На Васильевском острове (В.О.) присутствуют разнообразные автодороги. В данном районе можно наблюдать дороги различных классов, категорий, с двухполосным и более движением, а также с наличием или отсутствием трамвайных путей.

В табл. 2 приведены автодороги В.О., разделенные по классам, количеству полос и наличию трамвайных путей. Большинство автодорог на Васильевском острове относятся к классу обычных дорог, которые имеют две полосы и более, на некоторых дорогах присутствуют трамвайные пути.

Несмотря на то, что большую часть Васильевского острова составляют дороги с двухполосным движением, самыми протяженными являются дороги с полосным и более движением. Так, набережная Макарова простирается на 4 км вдоль Малой Невы, Наличная улица с четырехполосным движением и трамвайными путями имеет протяженность 3.5 км. Длины осевых проспектов В.О. находятся в промежутке от 2.9 до 3.55 км.

Табл. 1. Классификация дорог
Tab. 1. Road classification

Класс а/д	Категория а/д	Общее количество полос движения	Ширина полосы движения, м	Центральная разделительная полоса	Пересечения с а/д, вело- и пешеходными дорожками	Пересечения с ж/д и трамвайными путями	Доступ на дорогу с примыканием в одном уровне
Автомагистраль	Ia	4 и более	3.75	Обязательна	В разных уровнях		Не допускается
Скоростная дорога	Iб	4 и более	3.75				Допускается без пересечения прямого направления
Дорога обычного типа	Iв	4 и более	3.75	Обязательна	Допускаются в 1 уровне со светофорным регулированием	В разных уровнях	Допускается
	II	4	3.5	Допускается отсутствие			
	III	2 и 3	3.75	Не требуется	Допускаются пересечения в 1 уровне	Допускаются в 1 уровне	
	IV	2	3.0				
	V	1	4.5 и более				

Табл. 2. Классификация дорог Васильевского острова
Tab. 2. Road classification of Vasilyevsky Island

№	Наименование улицы	Класс автодороги	Количество полос	Наличие трамвайных путей
1	ЗСД	Автомагистраль	8	–
2	Набережная Макарова	Дороги обычного типа	6	–
3	Большой пр. В.О.		4	–
4	Средний пр. В.О.		4	+
5	Малый пр. В.О.		4	–
6	1-я линия В.О. и Кадетская линия		4	+
7	8-я и 9-я линии В.О.		6	–
8	16-я и 17-я линии В.О.		2	–
9	Наличная ул.		4	+
10	Ул. Кораблестроителей		6	–
11	4-я и 5-я линии В.О.		2	–
12	12-я и 13-я линии В.О.		2	–
13	Ул. Шевченко		2	–
14	Ул. Беринга		4	–

Факторы, влияющие на шумовое загрязнение. Чтобы отразить полную картину шумового загрязнения от транспорта, следует учитывать различные факторы, основные из которых:

- трафик;
- категория транспорта;
- конструкторские решения;
- количество полос;
- особенности движения.

Трафик. Один из ключевых факторов, влияющих на шумовое загрязнение, – трафик (интенсивность уличного движения), т. е. количество транспорта, проходящего через поперечное сечение за некоторый промежуток времени.

Высокий трафик наблюдается в основном в больших городах, когда люди из пригородов или с окраин города направляются в сам город либо в его центр. Проблема заключается в том, что пригороды не имеют всего необходимого, часто работа их жителей располагается в городе, а жилье – в пригороде. В борьбе с повышенным трафиком создана система регулирования с помощью знаков и светофоров, несмотря на это высокий трафик сохраняется.

Показания трафика зависят от времени суток и дня недели – так, в час пик наблюдаются максимальные показатели загруженности дороги, а выходные характеризуются противоположной ситуацией. Также на трафик влияет планировка дорог, например закрытие одного из мостов может привести к повышению трафика на близлежащих мостах и дорогах.

Между интенсивностью перемещения автомобилей и акустической нагрузкой существует прямая зависимость: чем сильнее загружена дорога, тем выше уровень шума [5]. Именно поэтому для снижения шума одним из основных решений может стать разгрузка дороги, уменьшение трафика за счет многоцентричности городов и перепланировки движения.

Категория транспорта. Еще один очевидный фактор, влияющий на показания шума, – наличие определенных категорий транспорта на дорогах. Категории формируются, исходя из общих характеристик транспорта – например, количества осей и габаритов.

Всего существует четыре категории транспортных средств: пассажирские легковые автомобили, тяжелые транспортные средства, двухосные тяжелые транспортные средства, многоосные тяжелые транспортные средства. К тяжелым транспортным средствам относятся все грузовики, городские и междугородные автобусы, имеющие две оси и более и более четырех колес.

Стоит отметить, что в зависимости от категории и местоположения дороги может наблюдаться тенденция преобладания разных категорий транспорта. Так, тяжеловесный или крупногабаритный транспорт может беспрепятственно перемещаться не по всему городу, где-то может потребоваться разрешение на перемещение. На некоторых дорогах располагаются трамвайные пути или троллейбусные линии. Одни маршруты в не-

обходимой степени обеспечены общественным транспортом – автобусами, маршрутками, троллейбусами и др., другие же нет. В любом случае, легковой транспорт наиболее популярен и распространен как в городе, так и за его пределами.

У каждого вида транспорта есть свои особенности – так, большегрузный транспорт по большей части оснащен дизельными двигателями, которые создают больше шума, чем электродвигатели [4]. Современные модели трамваев и троллейбусов разрабатываются с учетом уменьшения шума по сравнению с предыдущими моделями.

Конструкторские решения автодорог могут значительно снизить акустическую нагрузку для дорог обычного типа и автомагистралей. В нынешнем градостроительстве под влиянием урбанистических идей вводятся естественные экранирующие сооружения, формируемые из окружающего ландшафта, – выемки, насыпи и овраги [4]. Еще одним вариантом уменьшения шума является расположение между тротуаром и дорожным полотном газона, растительности различной высоты: кустарников, деревьев. Структура деревьев (листья, ветки и стволы) рассеивает, отражает или поглощает звуковые волны, кроны лиственных деревьев поглощают порядка 25 % падающей на них звуковой энергии. Снижение шума растениями зависит от конструкции, возраста, плотности посадок и размера кроны.

К современным конструкторским решениям относятся и акустические экраны, т. е. искусственные ограждения или преграды – барьеры между распространяющимся транспортным шумом и защищаемым объектом. Обычно акустический экран состоит из трех основных частей: фундамента, несущей конструкции и панелей. Для большей эффективности используют дополнительные элементы – уплотнения, крепежные детали, акустические развязки, а также поперечные профильные балки.

Количество полос – фактор, тесно связанный с интенсивностью движения. Увеличение количества полос, с одной стороны, повышает пропускную способность автомобильной дороги, а с другой, позволяет транспорту двигаться быстрее, а значит, издавать больше звуков. Новые полосы получают все больший спрос, поэтому проблема загруженности автодороги может быть не только не решена, но и усугублена, так как чем больше полос, тем больше шумовое загрязнение.

Некоторые новые районы, не готовые к большому росту населения, могут создавать скрытый спрос на большую пропускную способность. Вследствие увеличения количества полос новые водители начинают активно пользоваться автострадами, быстро их заполняя.

Особенности движения. Помимо ключевых факторов есть и те, которые могут быть не так очевидны или заметны, например покрытие дорог. Асфальтобетонное покрытие создает минимум шума, затем идет брусчатое, каменное и гравийное. Неисправное дорожное покрытие любого типа, имеющее выбоины, раскрытые швы и нестыковки поверхностей, создает повышенный шум.

Еще один незначительный фактор в показателях шума – «лежачий полицейский». Искусственная неровность препятствует высокой скорости транспорта, что теоретически должно снижать уровень шума.

Следующая особенность – пересечение дороги с другими более или менее оживленными улицами. Скопление транспорта на небольшом участке дороге приводит к излишнему шуму, при этом перекресток – это место для различных маневров, а значит, и возможных аварий. Гудок автомобиля на перекрестке можно услышать гораздо чаще, нежели на участке дороги без пересечений и примыканий. Увеличение шума свойственно как нерегулируемым перекресткам, так и перекресткам со светофорами.

Также стоит отметить дороги с односторонним движением. В жилых районах в большинстве случаев данные дороги имеют не больше двух полос. Также на дорогах с односторонним движением вероятность аварий гораздо меньше, чем с двусторонним. Все это говорит о том, что односторонняя дорога должна иметь меньший шумовой след, а значит, будет удобна для жилых застроек.

В качестве последней особенности можно отметить остановки общественного транспорта. Это место является скоплением транспорта, причем люди могут продолжительное время находиться на остановке, ожидая транспорт необходимого маршрута, подвергаясь шумовому воздействию. На остановках останавливаются в основном тяжелые транспортные средства, которые издают много шума из-за типа двигателя, количества колес и других особенностей конструкции. К счастью, на маршрутах городского следования появляется все больше современного транспорта, шумящего заметно меньше.

Табл. 3. Факторы
 Tab. 3. Factors

Факторы	Подгруппы факторов
Трафик	Повышенный трафик (час пик, 17:30–19:30)
	Средний трафик (рабочий день 12:00–16:00)
	Низкий трафик (выходной день с 13:00–19:00)
Категория транспорта	Автобус
	Маршрутка
	Троллейбус
	Трамвай
	Автобус устаревшей модели
	Газель
	Большегруз
Конструкторские решения/растительное разделение тротуара и дорожной полосы	Наличие деревьев
	Наличие газона
Конструкторские решения/экранирование магистрали	Над транспортным потоком на высоте 5 м
	Вдоль магистрали, расположенной в рельефном углублении
Особенности движения	Вдоль продолжительного участка дороги без возможных факторов уменьшения скорости
	Рядом с регулируемым перекрестком
	Вдоль дороги с «лежачим полицейским»
	Рядом с остановкой общественного транспорта
Территория	За экранированием
	Детская площадка
	Зона отдыха
Расположение во дворе	Двор, наиболее близкий к дороге (центр, влево и вправо на 2–3 м)
	Двор, удаленный от дороги (центр, влево и вправо на 2–3 м)
Движение во дворе	Отсутствие движения транспорта
	Маневр автомобиля
	Движение автомобиля

В структурной форме все вышеперечисленные факторы представлены в табл. 3. Все они определяют план измерительного эксперимента для оценки уровня шумового загрязнения на территории мегаполиса.

Измерительный эксперимент. Для измерения уровня шума был использован мультиметр СЕМ DT-8820. Он представляет собой цифровой измерительный прибор для анализа окружающей среды с возможностью измерения четырех параметров: уровня шума, дБ; освещенности, люкс; относительной влажности, %; температуры, °С.

Для того чтобы изучить не только общую картину шумовой загрязненности Васильевского острова, но и что именно и каким образом влияет на уровень транспортного шума, измерения сле-

дует проводить в определенных местах и в определенное время.

Трафик. Для того чтобы изучить, каким образом влияет загруженность дороги на уровень шума, измерения были проведены в трех временных промежутках. Первый промежуток – рабочий день, с 12 до 16 ч; второй – час пик: рабочий день, с 17.30 до 19.30 ч; третий – выходной день, с 13 до 19 ч.

На некоторых протяженных улицах, выбранных для исследования шумового загрязнения, есть участки с различным трафиком, поэтому измерения на набережной Макарова, Наличной улице и трех осевых (Малом, Среднем и Большом) проспектах Васильевского острова следует проводить в нескольких точках. На набережной

Макарова повышенная интенсивность движения автомобилей сфокусирована при проезде к Тучкову мосту, на Наличной улице дорога загружена от пересечения со Шкиперским протоком до Уральской улицы. Различная загруженность участков дороги присуща также осевым проспектам и другим улицам. Отсюда следует, что для достоверности исследования измерения должны быть рассредоточены по всему участку дороги.

Транспорт. Транспортный поток В.О. состоит из различных транспортных средств, включая легковые и грузовые автомобили. Для выявления самого шумного транспорта были сняты показания при движении: автобуса; маршрутки; троллейбуса; трамвая; автобуса устаревшей модели; газели; большегруза.

Конструкторские решения. Для исследования влияния посаженных деревьев на шумовое загрязнение показания были сняты на тротуаре вдоль дороги: с разделением в виде газона; с разделением в виде газона с посаженными деревьями.

Для исследования эффективности экранирования магистрали ЗСД и ввиду отсутствия возможности снять значения вдоль ЗСД показания были сняты: над транспортным потоком на высоте 5 м; вдоль магистрали, расположенной в рельефном углублении; за экранами.

Количество полос. Количество дорожных полос также служит важным фактором для изучения. Количество полос увеличивают, чтобы пропускная способность стала выше, но обычно это привлекает еще больше транспорта. Уровень шума измерялся вдоль дорог с 4- и 2-полосным движением:

– Малый и Средний проспекты – улицы с 4-полосным движением;

– 24-я и 25-я линии В.О. – улицы с 2-полосным движением.

Особенности движения. Для изучения особенностей движения транспорта измерения проводились в следующих точках:

– вдоль продолжительного участка дороги без возможных факторов уменьшения скорости;

– рядом с регулируемым перекрестком;

– вдоль дороги с «лежачим полицейским»;

– рядом с остановкой общественного транспорта;

– вдоль дороги с односторонним движением.

Прилегающая территория. Для исследования влияния шума транспортного потока на прилегающие территории измерения проводились на

следующих территориях: двор жилого дома; детская площадка; зона отдыха.

Поскольку двор представляет собой пространство с ограждениями, измерения производились в нескольких точках – при смещении вправо и влево, а также при углублении в следующий двор, опять-таки со смещением в две стороны.

Для выявления шумового загрязнения от движущегося транспорта во дворах показания были сняты при отсутствии движения транспорта; при маневре автомобиля; при движении автомобиля.

В результате проведенных измерений была сформирована база результатов контроля, были изучены различные зависимости и на базе ГИС построены тематические карты, показывающие картину шумового загрязнения на Васильевском острове.

Анализ результатов контроля и построение тематических карт. Для изучения влияния транспорта на шумовое загрязнение создана база данных – *Analys*. Она включает в себя исследование шумового загрязнения в зависимости от трафика, транспорта, особенностей движения и территории.

Трафик. Первое условие, при котором был исследован шум, – трафик. Измерения проводились в разное время суток на Малом проспекте В.О. На рис. 1 приведены результаты контроля. Размер окружности зависит от трафика: при отсутствии транспорта диаметр минимален, при высоком трафике – максимален. Цвет окружности отражает значение шума в конкретной точке.

Из представленной тематической карты можно сделать следующие выводы. При низком уровне трафика больше 50 % измерений превышают значение 78 дБ, подобная ситуация наблюдается и при среднем трафике. Это можно объяснить тем, что небольшая или средняя загруженность дороги позволяет транспорту разогнаться и набирать достаточно большую скорость. Большой уровень шума создается вследствие ускорения транспорта и просто большой скорости передвижения, а значит, и наиболее шумной работы двигателя. В час пик значения уровня шума принимают и средние, и высокие значения. Из-за затруднений передвижения транспорт начинает двигаться медленно, и шум может быть даже ниже, чем при среднем или даже низком трафике.

Таким образом, трудно сказать, что между трафиком и уровнем шума существует прямая связь. Движение транспорта представляет собой сложный процесс, в котором практически невозможно предугадать, каким будет уровень шума в

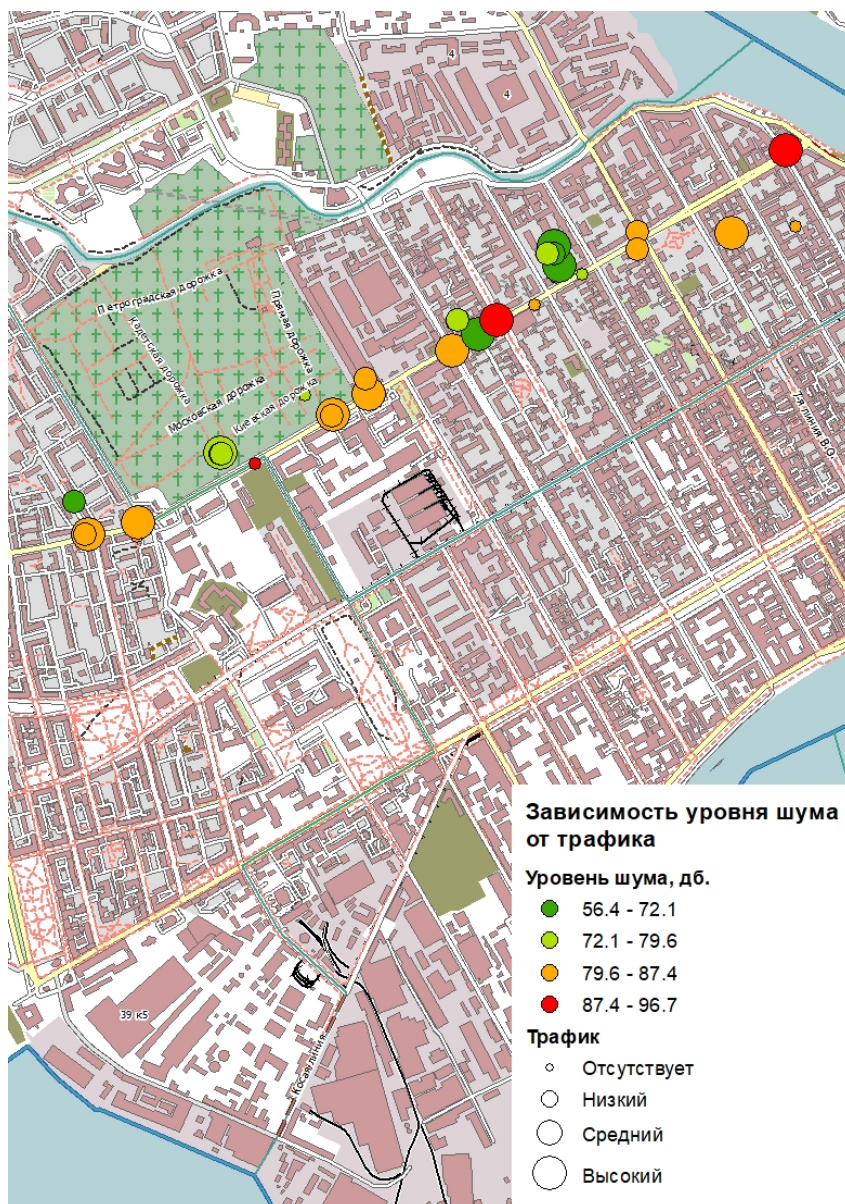


Рис. 1. Зависимость уровня шума от трафика
Fig. 1. Dependence of noise level on traffic

зависимости от трафика. Но стоит отметить, что только при низкой загруженности дороги можно наблюдать небольшие значения – как 56 дБ во дворе. При высоком же трафике ситуация противоположна, и уровень шума может достигать 96 дБ.

Транспорт. На рис. 2 представлен результат исследования зависимости шумового загрязнения от вида транспорта. Цвет окружности отражает, насколько велики значения шума; символ, заключенный в окружности, отражает вид транспорта.

Как можно заметить, уровень шума может принимать как средние значения, так и высокие. Это значит, что в зависимости от того, какой преимущественно транспорт движется в потоке, шум от потока может значительно различаться. Также следует отметить, что транспорт может издавать

импульсный шум, например гудок или газующий транспорт. В ходе эксперимента звук гудка составил 96.7 дБ, а шум от газующего транспорта – 92.8, 92.7 и 87.6 дБ.

По тематической карте, представленной на рис. 2, можно определить наиболее шумный транспорт. По результатам измерений самым шумным транспортом на Васильевском острове можно считать «газель», а самым бесшумным – легковой транспорт.

Отдельно можно рассмотреть общественный транспорт. Поскольку постоянно происходят транспортные реформы, на дорогах начинают преобладать автобусы и троллейбусы, а количество трамваев и маршруток сокращается. На Ва-

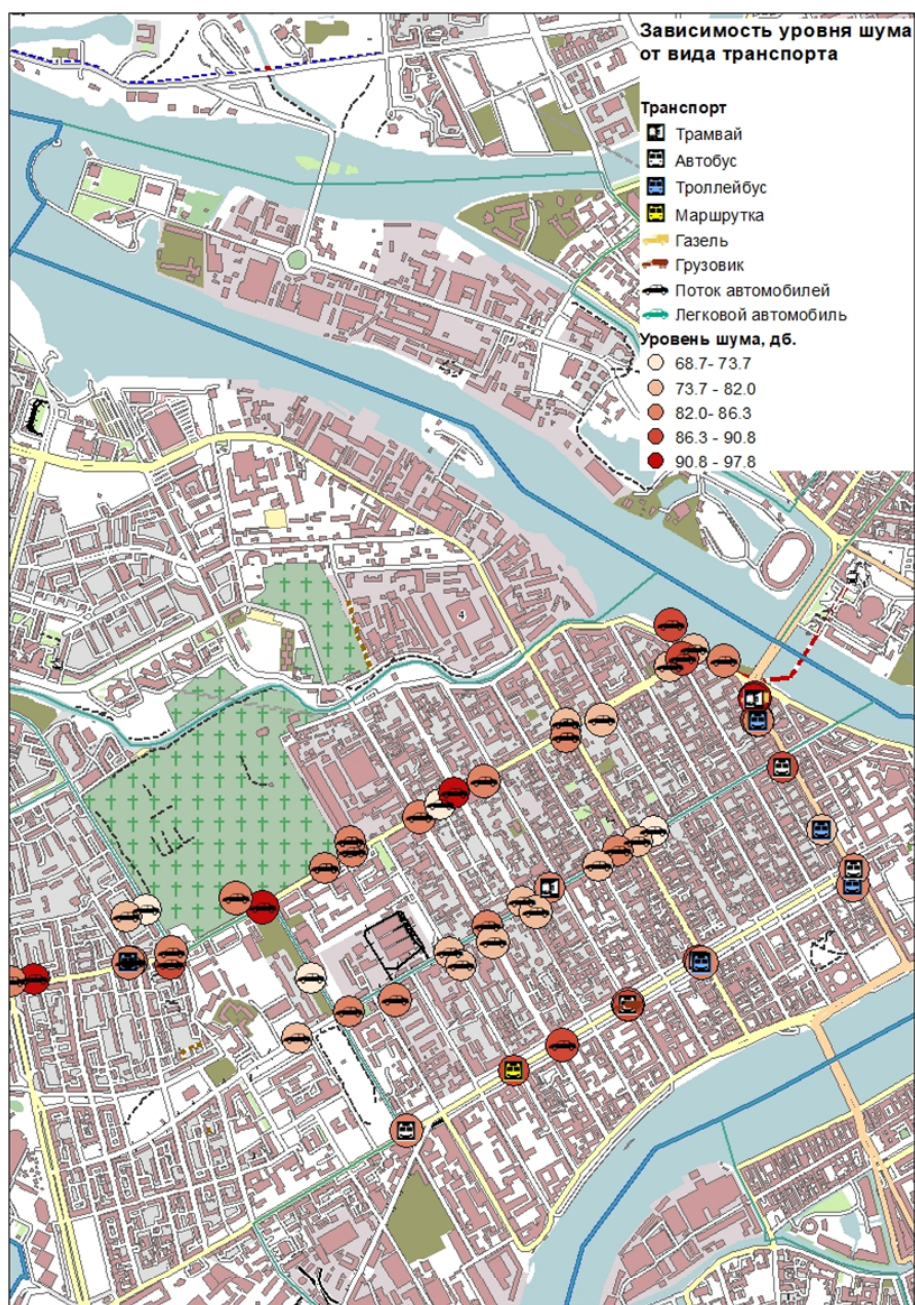


Рис. 2. Карта, отражающая шумовое загрязнение в зависимости от видов транспорта
Fig. 2. A map demonstrating noise pollution by mode of transport

Васильевском острове самый шумный общественный транспорт – это автобус, за ним следует трамвай. Но обновленные автобусы создают гораздо меньше шума (83–86 дБ) по сравнению со старыми моделями (94.5 дБ), подобная ситуация наблюдается и с трамваями. Устаревшие модели трамваев создают шум порядка 93 дБ, а обновленные – 83 дБ. Меньше всего среди общественного транспорта шумят троллейбусы.

Придорожная территория. Важным аспектом в изучении влияния транспортного шума служит территория, на которой происходит изме-

нение. Так, на детской площадке и во дворе, согласно своду правил 51.13330.2011, уровень шума не должен превышать 55 дБ с 7.00 до 23.00 ч и 45 дБ с 23.00 до 7.00 ч. Набережная служит популярным местом прогулок туристов и жителей города. Кладбище на Васильевском острове немного отличается от классических кладбищ и совмещено с парком – в любом случае, это место, где очень важна тишина. На рис. 3 представлен результат контроля: цвет окружности отражает уровень шума, символ – вид территории.

Как видно на карте, уровень шума во дворе может превышать максимально допустимое значение на 8–38 дБ. В зависимости от расположения двора уровень шума значительно меняется. Если делать измерения в точке двора, ближайшей к арке, то уровень шума составляет 73.8 дБ, но если сместиться на 5–10 м, он уменьшается на ≈5–6 дБ. Также в домах встречаются двойные

дворы, т. е. отгороженные двумя домами. Уровень шума во втором дворе ниже, чем в первом, примерно на 7 дБ. Это говорит о том, что дома выступают в качестве защитных экранов для дворов, но даже это не помогает добиться уровня шума, не доставляющего неудобства жителям.

В ходе исследования проводились измерения на детских площадках двух типов: во дворах и у



Рис. 3. Карта уровня шума на придорожных территориях
Fig. 3. A map demonstrating noise levels in roadside areas



Рис. 4. Карта уровня шума при различных особенностях движения
Fig. 4. A map demonstrating noise levels under various traffic patterns

дороги. Поскольку дома выступают в качестве защитных экранов, уровень шума на детских площадках во дворах составляет от 67 до 72 дБ, что значительно ниже, чем на детских площадках у дорог. На детской площадке у дороги уровень шума составляет от 80 до 84 дБ. Детей на данных территориях значительно меньше, чем на площадках во дворах. Следовательно, при проекти-

ровании детских площадок, если отсутствует возможность разместить их во дворах, следует создавать защитные экраны или высаживать плотные зеленые насаждения.

Еще одно популярное место на Васильевском острове – набережная. В ходе исследования выявлено, что уровень шума на набережной превышает 82 дБ и может достигать 94 дБ.

Кладбище на Васильевском острове представляет собой пространство, совмещенное с парком. Благодаря зеленым насаждениям уровень шума у дороги снижается с 92 до 73–77 дБ, но даже столь сильное снижение шума не позволяет достигнуть его комфортного уровня.

Последний важный аспект в изучении территорий – наличие или отсутствие на данных территориях конструкторских решений для снижения уровня шума. Одно из самых распространенных решений – установление защитных экранов. С помощью рельефного углубления или защитного экрана можно уменьшить уровень шума на 10 дБ, однако подобные решения не всегда уместны или физически реализуемы в городе вдоль обычных дорог. Альтернативой могут стать зеленые насаждения. На Васильевском острове из зеленых насаждений присутствуют лишь единичные деревья, которые никак не влияют на шум, но это не исключает того, что плотные насаждения могут быть эффективны.

Особенности движения. Результат эксперимента представлен на рис. 4. На перекрестках и участках дорог без пересечения наблюдается высокий уровень шума (порядка 80 дБ). На перекрестках это объяснимо большим скоплением машин, а на продолжительном участке дороги транспорт набирает большую скорость и создает больше шума. На дорогах с односторонним движением наблюдается значение 67 дБ, что гораздо ниже средних показаний на дорогах с двусторонним движением и на перекрестках (75–87 дБ). Это объясняется тем, что на односторонних дорогах не размещается более двух полос движения. Стоит отметить, что на всех дорогах с двухполосным движением уровень шума ниже, чем на четырехполосных. Это подтверждает, что увеличение количества полос лишь повышает спрос на них, а значит, увеличивает количество транспортного шума. Однако не все условия приводят к такому результату – пешеходный переход зачастую сопро-

вождается «лежачими полицейскими», что заставляет транспорт снижать скорость, уровень шума при этом может уменьшиться на 5–10 дБ.

Еще одна особенность, которая создает характерное перемещение транспорта, – двор. Во дворе установлены ограничения по скорости, но некоторых водителей это не останавливает. Помимо того, как было описано ранее, двор без движения машин все равно недостаточно защищен от их шума. При медленном движении транспорта во дворе уровень шума составляет 78 дБ, а при быстром – 81 дБ. Стоит помнить, что максимально допустимый уровень во дворах 55 дБ.

Заключение. В ходе исследований изучено влияние дорожного транспорта на шумовое загрязнение городских территорий на примере Васильевского острова. Определены и обоснованы точки контроля – они выбирались исходя из потребности изучения уровня трафика, категорий транспорта, особенностей движения, количества полос и т. д.

Проведен измерительный эксперимент, план которого опирается на требования ГОСТа. В ходе эксперимента сняты показания в различных точках Васильевского острова, на основе которых сформирована база данных. Вся информация о точках измерения (местоположение, показания уровня шума и условия) систематизирована на базе ГИС ArcGis Desktop.

На основе полученных данных проанализированы различные факторы и по результатам анализа построены тематические карты, наглядно отражающие влияние дорожного транспорта на шумовое загрязнение городских территорий при различных условиях. Созданная геоинформационная система позволяет выявить наиболее опасные участки с целью выработки рекомендаций по предотвращению негативных воздействий шума на здоровье и жизнедеятельность людей и природы.

Список литературы

1. Индейкина О. С. Изучение влияния транспортного шума на здоровье человека // Стратегии развития современной науки: сб. науч. ст. Ч. II. М.: Изд-во «Перо», 2019. С. 7–9.
2. Руководство по вопросам шума в окружающей среде для Европейского региона / Всемирная организация здравоохранения. 2018. URL: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289053563> (дата обращения 15.03.2022).
3. Защита населения от повышенного шумового воздействия // материалы III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Защита населения от

- повышенного шумового воздействия», СПб., 22–24 марта 2011 г. // Безопасность жизнедеятельности. 2011. № 10. С. 1–24.
4. Влияние транспортных магистралей на формирование шума в городской среде и способы его снижения / Ю. П. Иванова, Т. В. Соловьева, А. В. Дериченко, А. С. Боженкова, В. С. Маркин, В. Н. Азаров // Инженерный вестн. Дона. 2020. № 1(61). С. 21.
5. Леванчук А. В., Курепин Д. Е. Гигиеническая оценка шума автомобильного транспорта в зависимости от расстояния и высоты от источника шума // Интернет-журн. «Науковедение» 2014. № 6(25). URL:

<http://naukovedenie.ru/PDF/21TVN614.pdf> (дата обращения 20.03.2022). doi: 10.15862/21TVN614.

6. Леушин П. И. О влиянии зеленых насаждений на распространение уличного шума // Гигиена и санитария. 1949. № 6. С. 7–12.

Информация об авторах

Куракина Наталия Игоревна – канд. техн. наук, доцент кафедры информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

E-mail: nkurakina@gmail.com

Мышко Роман Андреевич – аспирант кафедры информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

E-mail: romanmyshko@gmail.com

Турьгина Анастасия Александровна – студентка гр. С4106, Университет ИТМО.

E-mail: simplynastey@gmail.com

References

1. Indejkina O. S. Izuchenie vlijaniya transportnogo shuma na zdorov'e cheloveka // Strategii razvitiya sovremennoj nauki: sb. nauch. st. Ch. II. M.: Izd-vo «Pero», 2019. P. 7–9. (In Russ.).

2. Rukovodstvo po voprosam shuma v okruzhajushchej srede dlja Evropejskogo regiona / Vsemirnaja organizacija zdravoohraneniya. 2018. URL: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289053563> (дата обращения 15.03.2022). (In Russ.).

3. Zashhita naselenija ot povyshennogo shumovogo vozdejstviya / materialy III Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem «Zashhita naselenija ot povyshennogo shumovogo vozdejstviya», SPb., 22–24 marta 2011 g. // Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. 2011. № 10. P. 1–24. (In Russ.).

4. Vlijanie transportnyh magistralей na formirovanie shuma v gorodskoj srede i sposoby ego snizhenija / JU. P. Ivanova, T. V. Solov'eva, A. V. Derichenko, A. S. Bozhenkova, V. S. Markin, V. N. Azarov // Inzhenernyj vestn. Dona. 2020. № 1(61). S. 21. (In Russ.).

5. Levanchuk A. V., Kurepin D. E. Gigienicheskaja ocenka shuma avtomobil'nogo transporta v zavisimosti ot rasstojanija i vysoty ot istochnika shuma // Internet-zhurn. «Naukovedenie» 2014. № 6(25). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/21TVN614.pdf> (дата обращения 20.03.2022). doi: 10.15862/21TVN614. (In Russ.).

6. Leushin P. I. O vliyanii zelenyh nasazhdenij na rasprostranenie ulichnogo shuma // Gигиена i sanitarija. 1949. № 6. P. 7–12. (In Russ.).

Information about the authors

Natalia I. Kurakina – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Information Measuring Systems and Technologies of Saint-Petersburg Electrotechnical University.

E-mail: nkurakina@gmail.com

Roman A. Myshko – postgraduate student of the Department of Information Measuring Systems and Technologies of Saint-Petersburg Electrotechnical University.

E-mail: romanmyshko@gmail.com

Anastasia A. Turygina – student gr. C4106, ITMO University.

E-mail: simplynastey@gmail.com

Статья поступила в редакцию 17.12.2022; принята к публикации после рецензирования 13.01.2023; опубликована онлайн 25.04.2023.

Submitted 17.12.2022; accepted 13.01.2023; published online 25.04.2023.