

УДК 504.055

**И. Д. Нагурная^{1,2}, И. И. Волкова²
Т. В. Шаплыгина²**

**ФОРМИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ КАЛИНИНГРАДА
ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ**

59

¹ Государственное автономное учреждение Калининградской области
«Экологический центр «ЕКАТ-Калининград», Калининград, Россия

² Балтийский федеральный университет им. И. Канта,
Калининград, Россия

Поступила в редакцию 16.02.2026 г.

Принята к публикации 28.03.2026 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2026-2-4

Для цитирования: Нагурная И. Д., Волкова И. И., Шаплыгина Т. В. Формирование акустической среды Калининграда под воздействием транспортных потоков // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные науки. 2026. № 2. С. 59–78. doi: 10.5922/vestniknat-2026-2-4.

Процесс урбанизации сопровождается увеличением плотности и интенсивности транспортных потоков, что создает повышенную акустическую нагрузку на городские территории. Транспортный каркас Калининграда обладает ярко выраженной радиально-кольцевой структурой, определяющей конфигурацию зон экстремального акустического дискомфорта. С помощью платформы NoiseTools выполнено построение прогнозной графической модели участка со сложившейся инфраструктурой и высоким автомобильным трафиком при условии применения шумозащитных барьеров. Отмечено прогнозируемое уменьшение уровня звукового давления на 9,3 дБА, сокращение на 15 % площади территории акустического дискомфорта и глубины проникновения шума на территории дворов. Применение программного комплекса NoiseModelling для анализа распределения акустических полей, генерируемых транспортными потоками, дало возможность провести дифференциацию городского пространства по уровням звукового давления и идентифицировать зоны акустического дискомфорта. Установлено, что на 43 % территории Калининграда уровни звукового давления превышают нормативные значения, что характерно для участков, прилегающих к дорогам и транспортным магистралям.

Ключевые слова: город Калининград, транспортные потоки, шумовое загрязнение, картографирование шума



Введение

Шум идентифицируется как форма физического загрязнения, подлежащая нормированию и контролю в условиях урбанизированных территорий. Наибольшее количество всех источников шума в городской среде приходится на транспортную инфраструктуру.

Оценка шумового загрязнения сопряжена с рядом методологических сложностей, обусловленных разнообразием факторов, влияющих на формирование акустического фона. В частности, значение имеет тип источника (стационарные и мобильные), временная изменчивость воздействия, разнообразие акустических характеристик (колеблющийся, прерывистый, импульсный, тональный шум) (ГОСТ 23337-2014) [1], а также морфотип застройки, особенности рельефа, климатические условия и др.

Многообразие методических подходов (натурные измерения, математическое моделирование, социологические опросы и др.) к изучению городской акустической среды связано с различными аспектами исследования шумового загрязнения.

Среди существующих способов оценки акустической ситуации устойчивую популярность сохраняет геопространственный анализ с использованием ГИС-технологий благодаря его универсальности для визуализации и пространственного моделирования шумовых полей [5; 6; 8]. В основе направления лежит моделирование распространения шума с использованием пространственных данных о дорожной сети, морфотипе застройки и топографии местности, а также учет физических параметров распространения звуковых волн. Современное развитие метода тесно связано с интеграцией алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения для обработки больших массивов информации, автоматического распознавания источников шума и построения адаптивных прогнозных моделей.

Статистическое моделирование, как классический аналитический инструмент, выполняет фундаментальную функцию по установлению количественных зависимостей между параметрами городской среды и акустическими характеристиками [3; 11; 14]. Данный подход позволяет выявлять закономерности влияния высотности зданий на вертикальное распределение шума, взаимосвязь между морфологическими параметрами (ширина улиц, плотность дорожной сети) и уровнями звукового давления.

Инструментальные полевые измерения остаются базовым методом получения первичных сведений об акустической обстановке помощью шумомеров в конкретных точках исследуемого участка [2; 17]. Несмотря на трудоемкость и локальный характер, метод служит стандартом для верификации расчетных моделей, оценки эффективности шумозащитных мероприятий (установка звукоотражающих экранов, защитных зеленых полос) и анализа ситуации на территориях с множественной структурой источников.

Социологические опросы направлены на изучение субъективного восприятия шума населением, выступают важным дополнением к ин-



струментальным данным и позволяют выявить психоакустические аспекты: степень дискомфорта, нарушения сна, стресс от различных типов шума [10; 12; 16].

В рамках медико-экологических научных работ встречаются когортные исследования, направленные на выявление долгосрочных причинно-следственных связей между шумовым воздействием и состоянием здоровья исследуемых групп населения [18–20]. Путем длительного мониторинга определенной социальной группы, данный метод позволяет установить причинно-следственные связи между постоянным шумовым воздействием и развитием специфических патологий, предоставляя достоверную базу для оценки рисков и корректировки гигиенических нормативов.

Для создания динамических шумовых карт в последние годы активно применяют специализированные программные комплексы. Так, программный пакет NoiseModelling применяется для моделирования распределения шума от автотранспорта [9] и других источников [7], используя возможности искусственного интеллекта [15]. Программа реализует методы CNOSSOS-EU по распространению шума от автомобильных дорог и железнодорожных путей. Платформа NoiseTools применима для линейных и площадных прогнозных расчетов шума, в основе которых лежит учет расстояний, экранирующего влияния зданий и наличия барьеров [13].

Каждый из рассмотренных методов обладает специфическими преимуществами и ограничениями. Классические эмпирические измерения обеспечивают высокую точность данных, но требуют значительных временных и ресурсных затрат. Статистические методы позволяют выявлять устойчивые закономерности, однако не всегда способны отражать причинно-следственные связи. Геопространственный анализ эффективен для визуализации и планирования, но зависит от качества и количества исходной информации. Методы искусственного интеллекта демонстрируют эффективность в обработке больших данных и выявлении скрытых паттернов, однако требуют специализированных компетенций и могут выступать «черным ящиком» в интерпретации результатов. Смешанные методы обеспечивают комплексность подхода, но сложны в координации и реализации. Когортные исследования предоставляют наиболее убедительные доказательства, однако их проведение ограничено длительностью и стоимостью исследования. Таким образом, оптимальная исследовательская стратегия должна комбинировать сильные стороны различных подходов, минимизируя их недостатки.

Тренд исследований шумового загрязнения показывает смещение от точечных натурных измерений к комплексному прогнозному моделированию. Наиболее перспективными оказываются методы, интегрирующие геопространственные данные и алгоритмы машинного обучения для создания детальных и точных шумовых карт.

Калининград характеризуется разнообразием источников шума: разветвленная улично-дорожная сеть, промышленно-производственные комплексы, строительная деятельность, объекты социальной инфраструктуры и др. Строительство новых микрорайонов, расширение жилых зон, уплотнительная (точечная) застройка сопровождается



ростом транспортной нагрузки на городские территории, что, в свою очередь, обуславливает повышение уровней звукового давления и формирование неблагоприятной санитарно-гигиенической среды в жилых районах города. Шум от транспортных потоков характеризуется мобильностью источников, широким диапазоном генерируемых уровней звукового давления, сочетанием постоянной низкочастотной составляющей с импульсными компонентами, проявляющимися во время ускорения и торможения транспорта.

В существующих районах города Калининграда с плотной застройкой возможности применения инженерно-технических, строительно-акустических и других методов существенного снижения шума от транспорта ограничены планировочной структурой. В то же время на перспективных территориях, планируемых к застройке жилыми комплексами, возможно интегрировать принципы формирования благоприятной акустической среды на стадии проектирования для предотвращения необходимости проведения затратных и технически сложных корректирующих мероприятий в будущем.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются транспортные потоки Калининграда. Для комплексного рассмотрения акустической нагрузки были применены следующие методы: геопространственный анализ для масштабной оценки шумового загрязнения и инструментальные натурные измерения для локального изучения акустической ситуации.

Метод геопространственного анализа был реализован с применением специализированного программного обеспечения NoiseModelling (версия 4.0.0) для моделирования шумовых полей на территории Калининграда площадью 144 км²: в пределах Северного, Южного обходов и ул. Мелиоративной.

Исходные картографические данные были загружены через сервис BVBike из базы открытых картографических данных OpenStreetMap в формате pbf, переименованы и импортированы в среду NoiseModelling с использованием WPS-блока «Import_OSM». Система координат — EPSG:32634 (UTM зона 34N), обязательная для корректности акустических расчетов. Импорт обеспечил формирование таблиц «BUILDINGS» (24485 объектов), «ROADS» (21 878 сегментов) и «GROUND» (4957 полигонов). После выгрузки базовых слоев проводился визуальный контроль корректности формирования объектов в программе QGIS.

Блок «Delaunay_Grid» позволил сгенерировать равномерную сетку приемников вокруг зданий и дорог. Определение шумовой характеристики источника было представлено в результате обработки данных блоком «Road_Emission_from_Traffic» по методологии CNOSSOS-EU. Блок «Noise_level_from_source» обеспечивает расчет рассеивания шума с учетом поглощения звуковых волн в атмосфере, отражения от фасадов. Для построения изолиний уровней звукового давления был использован блок «Create_Isosurface». Результирующая таблица «CONTOURING_



NOISE_MAP», содержащая изолинии уровней шума, экспортирована в форматах GeoJSON для последующей обработки и визуализации с помощью программы QGIS.

Для изучения распределения звуковых волн на территории жилой застройки в зоне влияния транспортных магистралей с высоким автомобильным трафиком проведены натурные наблюдения. Инструментальный метод реализован на локальном участке площадью 0,07 км² в границах новых жилых комплексов «Олимпийский» и «Янтарный», прилегающих к четырехполосной ул. Генерала Челнокова и вспомогательной двухполосной ул. Елизаветинской. В месте их пересечения расположено транспортное кольцо (рис. 1).

63

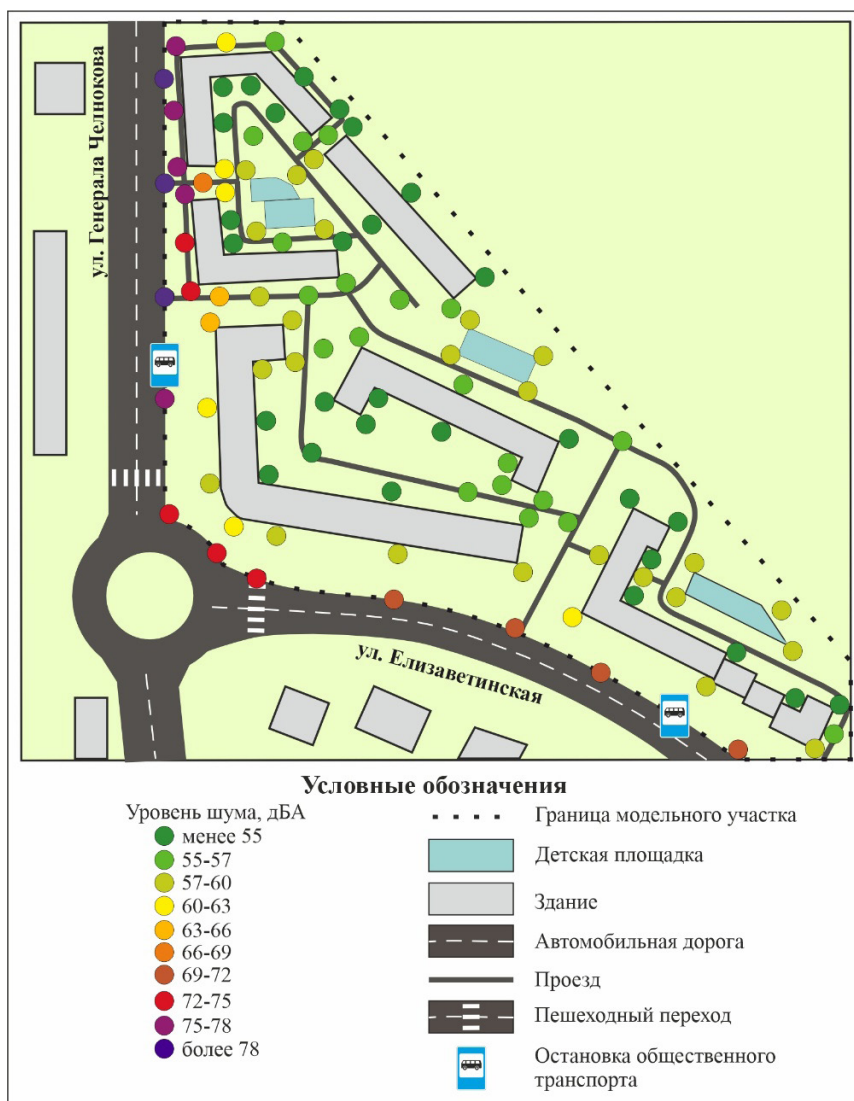


Рис. 1. Распределение точек наблюдения в районе ул. Елизаветинской и ул. Генерала Челнокова



Контрольные точки были разделены на группы по их пространственному и функциональному положению: 1) связанные с планировкой территории; 2) характеризующие уровень акустического комфорта внутри двора; 3) привязанные к улично-дорожной сети (табл.).

**Акустическая характеристика контрольных точек участка
жилых комплексов «Олимпийский» и «Янтарный»
в районе ул. Елизаветинской и ул. Генерала Челнокова**

64

Характеристика группы точек	Расположение группы точек	Количество точек	Уровень звукового давления, дБА	Расширенная неопределенность U ($k=2$), дБА
Находятся в акустической тени зданий, удалены от источников шума (автомобильные дороги, детские площадки и др.)	Дворовые территории, внутридворовые проезды, тыльные фасады зданий	26	<55	$\pm 1,5-1,8$
Находятся в акустической тени зданий, вблизи детских площадок, удалены от автомобильных дорог	Дворовые территории, внутридворовые проезды, тыльные и главные фасады зданий со стороны ул. Елизаветинской	44	55–60	$\pm 1,4-1,7$
Характерно косвенное влияние зданий на уменьшение уровня звука (экранирование), естественное снижение шума за счет расстояния или низкого уровня шума от источника (автомобильные дороги) ввиду низкой пропускной способности	Главные фасады зданий со стороны ул. Елизаветинской и ул. Генерала Челнокова, участки у боковых фасадов зданий, проезжая часть ул. Елизаветинской	14	60–72	$\pm 1,7-2,1$
Не защищены от шума и расположены вблизи его источника	Главные фасады зданий со стороны ул. Генерала Челнокова, проезжая часть ул. Генерала Челнокова	10	72–78	$\pm 1,8-2,3$
Не защищены от шума и расположены вблизи его источника в части с самой высокой скоростью движения	Проезжая часть ул. Генерала Челнокова	3	>78	$\pm 2,2-2,8$



В каждой локации выполнялась серия последовательных замеров уровня звукового давления с дальнейшим усреднением результата. На основе систематизированных данных об уровнях звука методом интерполяции была построена картосхема акустических полей модельного участка жилых комплексов «Олимпийский» и «Янтарный». Измерения проводились с использованием шумомера АТТ-9052 в часы пиковой транспортной активности: с 8:00 до 10:00, с 11:00 до 13:00 и с 17:00 до 20:00.

Обработка результатов инструментальных измерений выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ 23337-2014. Для оценки достоверности полученных данных был произведен расчет расширенной неопределенности измерений U с коэффициентом охвата $k=2$ (что соответствует 95%-ному доверительному интервалу). Стандартная неопределенность по типу В (инструментальная погрешность) принята равной 1,5 дБА для используемого шумомера. Стандартная неопределенность по типу А оценивалась по результатам измерений в каждой точке с учетом объединения данных по каждой группе точек. Полученные значения расширенной неопределенности для каждой группы точек представлены в таблице 1 и варьируются от $\pm 1,4$ до $\pm 2,8$ дБА в зависимости от стабильности шумового режима и количества точек в группе.

Для прогнозирования снижения шума в случае использования шумозащитных экранов на модельном участке использовался калькулятор уровня распространения звука платформы NoiseTools. На первом этапе выполнен расчет уровня шума без установки защитных сооружений для оценки естественного затухания звука. На втором этапе в модель введен шумозащитный барьер высотой 2,5 м (средняя высота для данного типа сооружений согласно распоряжению Федерального дорожного агентства от 13 декабря 2012 г. № 995-р) [4] с последующим расчетом изменения акустической ситуации на модельном участке.

Результаты

Анализ акустической ситуации на модельном объекте (район ул. Генерала Челнокова и Елизаветинской) позволил провести акустическое зонирование исследуемой территории с выделением зон акустического комфорта и дискомфорта. Комфортная акустическая среда (менее 55 дБА) отмечена для 50 % территории. Это преимущественно участки в акустической тени зданий или на удалении от источников шума (автомобильные дороги, детские площадки), расположенные во дворе, во внутривортовых проездах и у тыльных фасадов зданий. Диапазон звукового давления 55–60 дБА (20 % исследуемой территории) наблюдается в зонах акустической тени зданий, на удалении от источников шума (автомобильные дороги), а именно вблизи детских площадок на территории двора, у тыльных фасадов зданий, во внутривортовых проездах, а также у главных фасадов зданий со стороны ул. Елизаветинской. Уровень звукового давления 60–72 дБА (20 % исследуемой территории) наблюдается в зонах рассеивания шума от транспорта. Показатели достаточно низкие из-за косвенного влияния построек (боковые фасады зданий) и естественного снижения уровня звукового давления за счет расстояния (боковые фасады зданий) или низкого уровня шума от до-

роги (главные фасады зданий со стороны ул. Елизаветинской и Генерала Челнокова). Ввиду отсутствия защитных сооружений и близости к источнику шума (автотранспорт) на участках между главными фасадами зданий и проезжей частью ул. Генерала Челнокова уровень звукового давления составляет 72–78 дБА (10% исследуемой территории). На сегменте участка длиной 620 м, расположенном вдоль проезжей части ул. Генерала Челнокова, наблюдаются максимальные показатели звукового давления, составляющие более 78 дБА (рис. 2).



Рис. 2. Распространение акустических полей в районе ул. Елизаветинской и ул. Генерала Челнокова



С учетом планировочной структуры исследуемой территории оптимальным вариантом снижения шума представляется установка шумозащитных экранов. Прогноз акустической ситуации на модельном участке показал, что в случае установки барьера высотой 2,5 м снижение уровня звукового давления составит в среднем 9,3 дБА. Рассмотрен вариант установки шумозащитного экрана общей протяженностью 610 м на границе тротуара вдоль ул. Генерала Челнокова, ул. Елизаветинской и прилегающего транспортного кольца. Планируемая конструкция состоит из 10 сегментов, что связано с технологическими разрывами в местах выездов из дворов жилых комплексов «Олимпийский» и «Янтарный», в зонах пешеходных переходов и остановок общественного транспорта. На участках остановочных пунктов экраны целесообразно устанавливать на некотором удалении от основной линии защиты.

Анализ прогнозного распределения уровней шума после установки шумозащитных экранов (рис. 3) позволяет сделать следующие выводы об изменении акустического зонирования: площадь территории с комфортной акустической средой (менее 55 дБА) увеличилась на 15 % и составила 65 % от общей площади участка. Снижение уровня шума от автотранспорта на прилегающих тротуарах и в акустических коридорах между зданиями привело к уменьшению глубины проникновения шума на территории дворов.

Территория с уровнем звукового давления в диапазоне 55–60 дБА сократилась на 5 % и занимает не более 15 % от общей площади. Данная зона локализуется преимущественно вокруг детских площадок и в областях рассеивания транспортного шума за шумозащитным экраном, включая тротуар вдоль ул. Елизаветинской, однако добавились локальные участки вдоль зданий со стороны тротуара по ул. Генерала Челнокова, а также в зоне, прилегающей к транспортному кольцу. Зона с уровнем шума 60–72 дБА сократилась незначительно — с 20 до 17 % территории и представляет собой область рассеивания шума за экраном.

Наиболее дискомфортная акустическая зона с уровнем 72–78 дБА претерпела кардинальное сокращение — с 10 до 1 % от общей площади. Остаточные очаги повышенного шума локализованы вдоль ул. Генерала Челнокова в непосредственной близости от транспортного кольца, в местах разрывов шумозащитного экрана, что объясняется сохранением здесь высокоскоростного движения и притормаживанием транспортного потока.

Позитивный эффект от установки шумозащитной конструкции выражается не только в снижении шумового загрязнения в зоне прямого влияния проезжей части, но и в перераспределении акустических зон с повышенным уровнем шума: зона дискомфорта локализуется непосредственно у источника и фиксируется вдоль ул. Генерала Челнокова, ул. Елизаветинской и в районе транспортного кольца. Отмечено снижение уровня шума между зданиями и во внутридворовых проездах.

Таким образом, комплексный подход к изучению динамики акустических полей на локальных участках транспортных магистралей позволяет рассмотреть возможный сценарий снижения шума, особенно на территориях со сформированной инфраструктурой и ограниченными возможностями применения шумозащитных мероприятий.

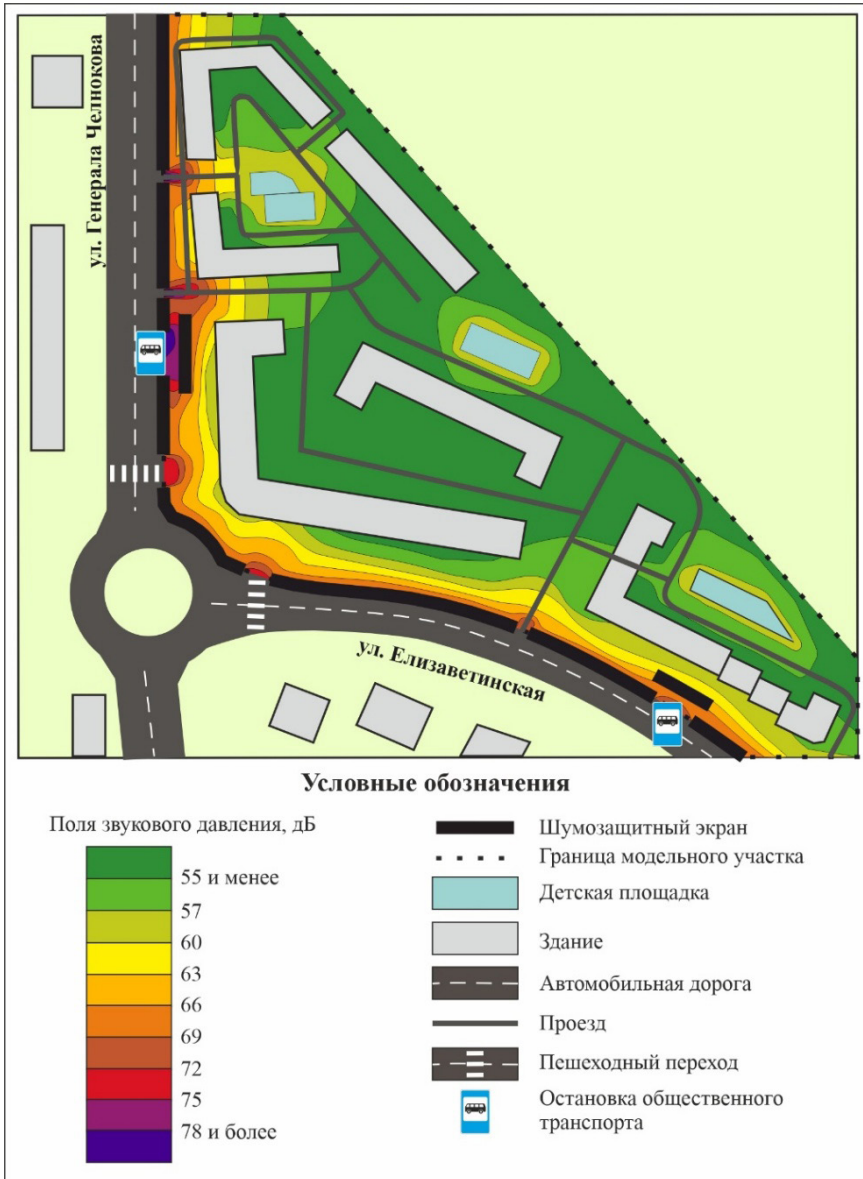


Рис. 3. Прогноз формирования акустических полей в результате установки шумозащитных экранов в районе ул. Elizavetинской и ул. Генерала Челнокова

Для построения карты акустического дискомфорта от автомобильных дорог с наибольшей интенсивностью автомобильного трафика использовался программный комплекс NoiseModelling.

Транспортный каркас Калининграда обладает ярко выраженной радиально-кольцевой структурой. Наибольшая плотность потоков формируется на объездных магистралях (Северный и Южный обо-



ды, ул. Мелиоративная), ключевых сквозных проспектах, связывающих периферию с центром (Советский проспект, Московский проспект, проспект Мира, ул. Александра Невского, ул. Юрия Гагарина, Второй Эстакадный мост, частично проспект Победы, ул. Генерала Челнокова, ул. Горького), а также в центральном транспортном узле исторического центра (ул. Черняховского, Ленинский проспект, ул. 9 Апреля, проспект Калинина, ул. Театральная). Именно эти элементы определяют конфигурацию зон экстремального акустического дискомфорта.

Анализ распределения акустических полей от транспортных потоков позволил дифференцировать территорию города по уровням звукового давления с выявлением зон акустического дискомфорта (рис. 4, 5). Это, в свою очередь, дало возможность выявить четкие закономерности формирования шумовых полей, напрямую зависящих от структуры и интенсивности транспортных потоков.



Рис. 4. Распределение акустических полей от транспортных потоков Калининграда в границах Северного и Южного обходов, ул. Мелиоративной

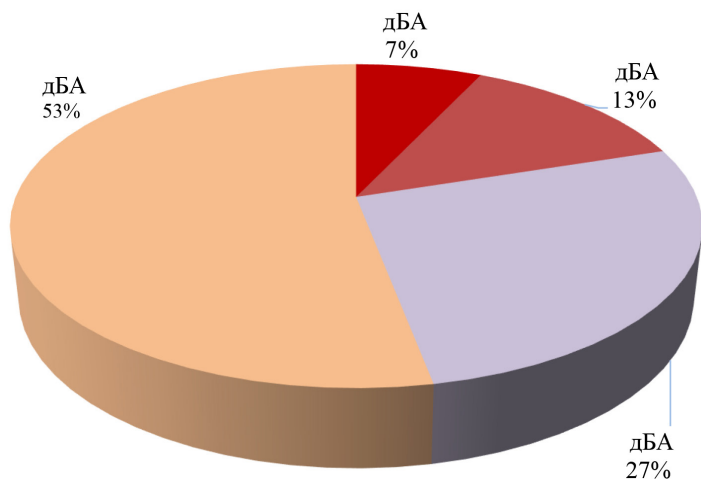


Рис. 5. Распределение территории Калининграда по показателю акустического воздействия в границах Северного и Южного обходов, ул. Мелиоративной, % от общей площади

Наибольшая плотность транспортных потоков и, соответственно, наиболее интенсивное шумовое воздействие свыше 80 дБА отмечено на участках дорог, где основными факторами являются большая разрешенная скорость и высокая пропускная способность, наличие транспортных развязок (участки обходных дорог – Северный и Южный обходы, ул. Мелиоративная и др.); группа улиц центральной части города (ул. Черняховского, ул. 9 Апреля, проспект Калинина, Литовский вал, ул. Театральная и др.); сквозные магистрали, соединяющие периферию города с центром (Советский проспект, Московский проспект, проспект Мира, ул. Александра Невского, ул. Юрия Гагарина и др.). Для последних ключевыми факторами шумогенерации, помимо ширины проезжей части, выступают многочисленные регулируемые перекрестки и остановки общественного транспорта, провоцирующие циклы разгона и торможения. Также в данную группу входят улицы, соединяющие между собой сквозные магистрали (ул. Маршала Покрышкина, ул. Молодой Гвардии, ул. Гайдара).

Уровень шума в диапазоне 70–80 дБА наблюдается в зонах, прилегающих к магистралям, как результат затухания звука от источников свыше 80 дБА и фиксируется непосредственно на проезжей части улиц с менее интенсивным движением. К таким участкам относятся узкие улицы южной части Калининграда (ул. Минусинская, ул. Тихорецкая, ул. Киевская, ул. Ульяны Громовой и т.д.), где территории жилой застройки еще только планируются, а также «вспомогательные» улицы в истори-



ческом районе Амалиенау. Формирование шума здесь характеризуется менее активным транспортным потоком и меньшей пропускной способностью.

Диапазон 55–70 дБА наблюдается в переулках в зонах частной малоэтажной застройки, в производственных зонах, на парковках и внутридворовых проездах.

Уровень шума, соответствующий санитарным нормам – менее 55 дБА, встречается преимущественно в условиях эффективного экранирования. К таким «акустическим оазисам» относятся дворовые территории жилых зданий и участки, значительно удаленные от источников транспортного шума. Их наличие критически важно для санитарно-гигиенического благополучия городской среды.

Полученные результаты позволили выявить несколько ключевых моментов, определяющих акустический ландшафт города. Пространственное распределение транспортного шума в Калининграде подчиняется четким физическим и планировочным тенденциям, формируя сложную систему акустических полей.

Основной закономерностью является каркасный принцип распределения шума, при котором акустические поля максимальной интенсивности строго повторяют конфигурацию наиболее загруженных элементов транспортной системы. Кольцевые магистрали (Северный и Южный обходы, ул. Мелиоративная) вместе с транспортными узлами (транспортные развязки, кольца, эстакады), сквозные магистрали (Советский проспект, проспект Мира, Московский проспект, ул. Александра Невского, ул. Горького, ул. Юрия Гагарина, ул. Генерала Челнокова) и центральный узел (ул. Черняховского, Ленинский проспект, ул. Театральная, проспект Калинина) формируют устойчивый шумовой каркас города с уровнями звука свыше 80 дБА.

Следующей выявленной закономерностью выступает зависимость «пропускная способность – уровень шума» (рис. 6). Улицы с меньшей пропускной способностью и низкой интенсивностью движения (улицы с односторонним движением, внутридворовые проезды, переулки (например, участок ул. Батальной на территории садоводческого некоммерческого товарищества «Железнодорожник» протяженностью 262 м), имеют максимальное значение уровня звука – 55–70 дБА. Наибольший диапазон шума внутри сети из узких улиц в исторических районах Калининграда (например районы Амалиенау, Средний Хуфен, Нижний Форштадт) или обычных улицах регионального назначения будет соответствовать 70–80 дБА, как на ул. Космонавта Леонова. Движение на многополосных загруженных сквозных магистралях и обходных дорогах будет создавать экстремально высокий уровень звукового давления – более 80 дБА.



Рис. 6. Зависимость максимального уровня шума от пропускной способности дорог Калининграда в границах Северного и Южного обходов, ул. Мелиоративной

Важной особенностью является наложение шума от нескольких источников улично-дорожной сети (рис. 7.) Уровень и характер шума неоднородны в пределах одной магистрали. Ключевыми точками наложения выступают перекрестки и транспортные кольца, дорожные развязки, где шумовой фон приобретает импульсный характер с резкими пиками, связанными с циклами разгона и торможения транспортных средств. Для данных зон характерны самые высокие показатели шума, превышающие 80 дБА, однако пиковые значения всегда наблюдаются на участках внутри проезжей части. Далее наблюдается закономерное затухание шума по мере удаления от источников.

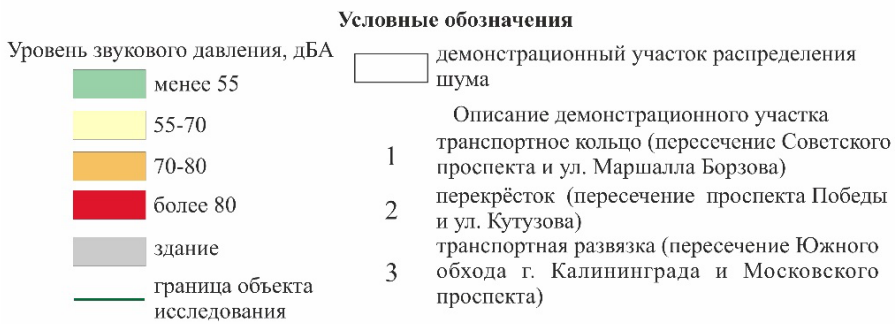
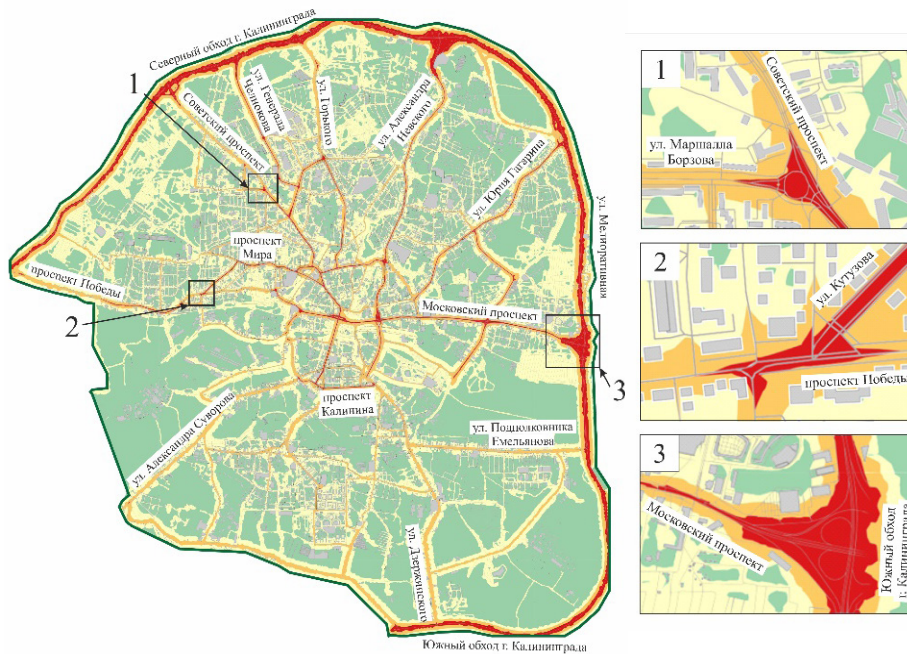


Рис. 7. Распространение шума на участках акустического наложения в границах Северного и Южного обходов, ул. Мелиоративной (Калининград)

Городская застройка выступает мощным фактором трансформации акустических полей, проявляя две противоположные закономерности. С одной стороны, в районах с плотной застройкой наблюдается эффект каньона, когда происходит многократное отражение звуковых волн от фасадов зданий. С другой стороны, застройка способна выполнять защитную функцию: эффект экранирования демонстрируют внутривдоровые пространства квартальной застройки (рис. 8).

Возникновение полноценных «акустических оазисов» с уровнем шума ниже 55 дБА происходит автоматически и зависит от комплекса факторов: закрытости двора, высоты и геометрии расположения экра-

нирующих зданий. Существование акустических оазисов критически важно для санитарно-гигиенического и психоэмоционального благополучия населения.

74

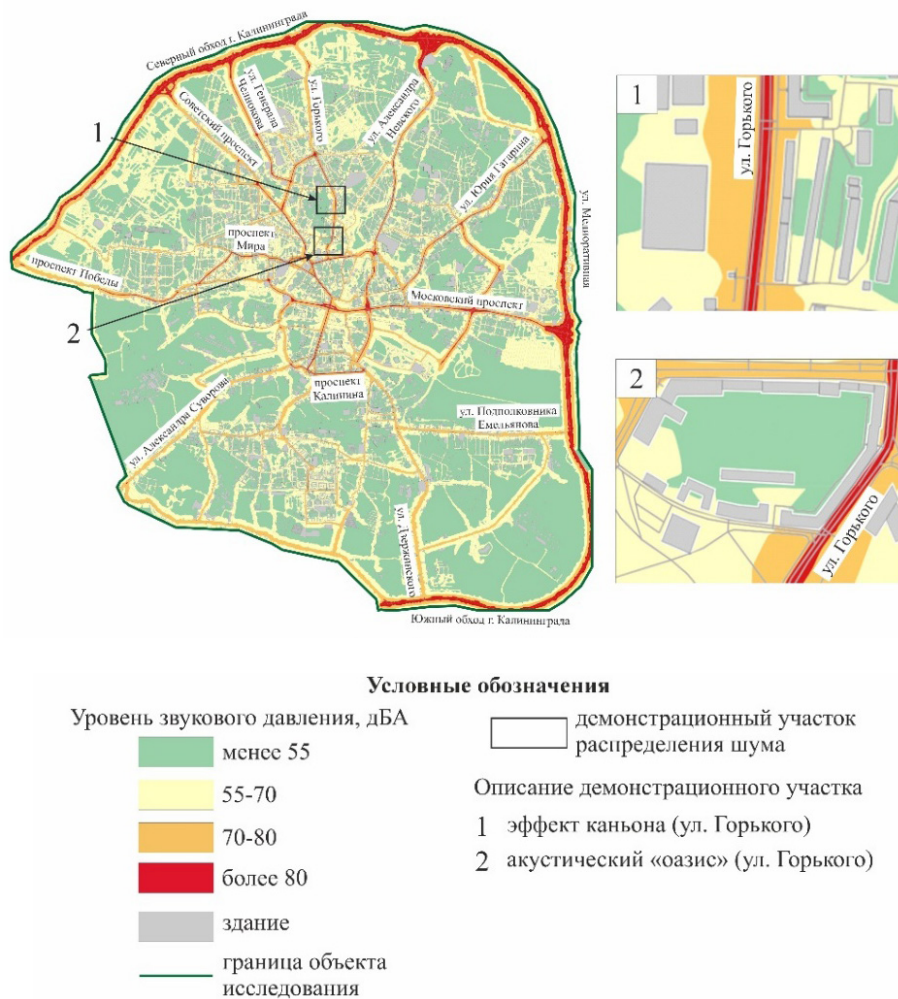


Рис. 8. Распространение шума в условиях экранирования в границах Северного и Южного обходов, ул. Мелиоративной (Калининград)

Анализ пространственного распределения транспортного шума в Калининграде позволил выявить систему взаимосвязанных закономерностей, формирующих акустический ландшафт города. Установлено, что радиально-кольцевая структура транспортного каркаса Калининграда определяет конфигурацию зон акустического дискомфорта, формируя устойчивый шумовой каркас вдоль основных магистралей с уровнями свыше 80 дБА при сохранении допустимых уровней звука ниже 55 дБА на экранированных внутридворовых территориях. Полученные результаты являются основой для разработки градостроительных решений по снижению шумового воздействия.



Заключение

Комплексный подход к оценке шумового загрязнения на основе сочетания натуральных наблюдений и специализированных программ позволяет оценить как текущую акустическую ситуацию, так и ее прогнозные изменения при различных сценариях (увеличение трафика, наличие акустических барьеров и др.)

С применением инструментального метода на участке со сложившейся инфраструктурой и высоким автомобильным трафиком (ул. Генерала Челнокова, ул. Елизаветинская) проведено акустическое зонирование территории. На 50 % территории отмечены показатели шумового давления, превышающие нормативы (менее 55 дБА), в том числе на 10 % – 72–78 дБА.

Для прогнозирования снижения шума в случае установки шумозащитных экранов на данном участке использован инструментальный платформенный метод NoiseTools. Расчеты показали снижение уровня звукового давления в среднем на 9,3 дБА, сокращение площади территории акустического дискомфорта на 15 %, уменьшение глубины проникновения шума во внутримногомное пространство.

Анализ распределения акустических полей от транспортных потоков с применением программного комплекса NoiseModelling позволил дифференцировать территорию города по уровням звукового давления с выявлением зон акустического дискомфорта: шумовое воздействие свыше 80 дБА отмечено на участках дорог с большой разрешенной скоростью, высокой пропускной способностью и наличием транспортных развязок; в диапазоне 70–80 дБА – в зонах, прилегающих к проезжей части улиц с менее интенсивным движением; 55–70 дБА – в переулках, в зонах частной малоэтажной застройки на парковках и проездах внутри жилых комплексов.

Список литературы

1. ГОСТ 23337-2014. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий. Введ. 01.07.2015; с изм. от 01.06.2023. М., 2023.
2. Костромина Е.И., Пузырева А.В. Оценка шумового загрязнения селитебной территории от автомобильного транспорта в г. Шахты // Пожарная и технософерная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. №1 (5). С. 350–354. EDN: ETSQWI.
3. 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. EDN: TXRERB.
4. Об издании и применении ОДМ 218.2.013-2011 «Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам»: распоряжение Федерального дорожного агентства от 13 декабря 2012 г. №995-р. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».



5. Тараторин А.А. Шумовое загрязнение от автотранспорта: опыт моделирования и оценки в городской среде // Экология и промышленность России. 2022. Т. 26, №5. С. 60–66. doi: 10.18412/1816-0395-2022-5-60-66. EDN: IOHKUY.
6. *Alvares-Sanches T., Osborne P. E., White P. R.* Mobile surveys and machine learning can improve urban noise mapping: Beyond A-weighted measurements of exposure // Science of The Total Environment. 2021. Vol. 775. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.145600.
7. *Aumond P., Bocher E., Ecotièrre D.* Improvement of city noise map production processes and sensitivity analysis to noise models inputs // EuroNoise 2021: 12th European Congress and Exposition on Noise Control Engineering. 2021. doi: 10.1016/j.apacoust.2018.04.017.
8. *Bastian-Monarca N.A., Suarez E., Arenas J.P.* Assessment of methods for simplified traffic noise mapping of small cities: Casework of the city of Valdivia, Chile // Science of The Total Environment. 2016. Vol. 550. P. 439–448. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.01.139.
9. *Can A., Aumond P., Becarie C.* Dynamic approach for the study of the spatial impact of road traffic noise at peak hours // Proceedings of the 23rd International Congress on Acoustics. Aachen, Germany. 2019. doi: 10.18154/RWTH-CONV-239322.
10. *Chen S., He P., Yu B.* The challenge of noise pollution in high-density urban areas: Relationship between 2D/3D urban morphology and noise perception // Building and Environment. 2024. Vol. 253. doi: 10.1016/j.buildenv.2024.111313.
11. *Chouksey A. K., Kumar B., Paridac M.* Measurement and prediction of road traffic noise at different floor levels of buildings in a mid-sized Indian city // Journal of Building Engineering. 2024. Vol. 92. doi: 10.1016/j.job.2024.109711.
12. *Dzhambov A.M., Lercher P., Botteldooren D.* Childhood sound disturbance and sleep problems in Alpine valleys with high levels of traffic exposures and greenspace // Environmental Research. 2024. Vol. 242. doi: 10.1016/j.envres.2023.117642.
13. *Gumelar R., Ramadhan T., Maknun J.* Evaluation of the Audial Comfort of the Mosque on the Cross-City Route: Al-Ghani Mosque Ciamis // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 1058, №1. P. 012003. doi: 10.1088/1755-1315/1058/1/012003.
14. *Han X., Huang X., Liang H.* Analysis of the relationships between environmental noise and urban morphology // Environmental Pollution. 2018. Vol. 233. P. 755–763. doi: 10.1016/j.envpol.2017.10.126.
15. *Lesieur A., Aumond P., Mallet V.* Meta-modeling for urban noise mapping // Journal of the Acoustical Society of America. 2020. Vol. 148, №6. P. 3671. doi: 10.1121/10.0002866.
16. *Lin M., Chau C., Tang S.K.* Determinants of soundscape quality of communal open space in Hong Kong // Building and Environment. 2025. Vol. 267, Part A. doi: 10.1016/j.buildenv.2024.112261.
17. *Morihara T., Sato T., Yano T.* Re-analysis of socio-acoustic survey data in Tomakomai: Seasonal effects of a tree belt on road traffic noise annoyance // Applied Acoustics. 2022. Vol. 196. doi: 10.1016/j.apacoust.2022.108861.
18. *Roscoe C., Grady S.T., Hart J.E.* Association between Noise and Cardiovascular Disease in a Nationwide U.S. Prospective Cohort Study of Women Followed from 1988 to 2018 // Environmental Health Perspectives. 2023. Vol. 131. doi: 10.1289/EHP12906.
19. *Shi J., Huang J., Guo M.* Contributions of residential traffic noise to depression and mental wellbeing in Hong Kong: A prospective cohort study // Environmental Pollution. 2023. Vol. 338. doi: 10.1016/j.envpol.2023.122641.



20. Stucki L., Helte E., Axelsson Ö. Long-term exposure to air pollution, road traffic noise and greenness, and incidence of myocardial infarction in women // Environment International. 2024. Vol. 190. doi: 10.1016/j.envint.2024.108878

Об авторах

Ирина Дмитриевна Нагурная — ведущий эколог отдела экологического проектирования Государственного автономного учреждения Калининградской области «Экологический центр «ЕКАТ-Калининград», Калининград, Россия; магистрант, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: inagurnaya@stud.kantiana.ru

Ирина Игоревна Волкова — канд. геогр. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: IVolkova@kantiana.ru

SPIN-код: 1999-5588

Татьяна Владимировна Шаплыгина — канд. геогр. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

ORCID: 0000-0002-6705-798X

E-mail: TSHaplygina@kantiana.ru

SPIN-код: 5854-5370

I. D. Nagurnaya^{1,2}, I. I. Volkova², T. V. Shaplygina²

FORMATION OF THE ACOUSTIC ENVIRONMENT IN RESIDENTIAL AREAS OF KALININGRAD UNDER THE INFLUENCE OF TRAFFIC FLOWS

¹ Environmental Centre of Administration and Technology
in Kaliningrad — ECAT-Kaliningrad, Kaliningrad, Russia

² Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 16 February 2026

Accepted 28 March 2026

doi: 10.5922/vestniknat-2026-2-4

To cite this article: Nagurnaya I. D., Volkova I. I., Shaplygina T. V., 2026, Formation of the Acoustic Environment in Residential Areas of Kaliningrad under the Influence of Traffic Flows, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural Sciences*, №2. P. 59–78. doi: 10.5922/vestniknat-2026-2-4.

The process of urbanization is accompanied by an increase in the density and intensity of traffic flows, which creates an elevated acoustic load on urban territories. The transport framework of Kaliningrad has a distinctly radial-ring structure that determines the configuration of zones of extreme acoustic discomfort. Using the NoiseTools platform, a predictive graphical model of an area with established infrastructure and high automobile traffic was constructed under the condition of applying noise-protection barriers. A projected decrease in the sound pressure level by 9.3 dBA, a 15 % reduction in the area of acoustic discomfort, and a



decrease in the depth of noise penetration into courtyard territories were identified. The use of the NoiseModelling software package for analyzing the distribution of acoustic fields generated by traffic flows made it possible to differentiate urban space according to sound pressure levels and to identify zones of acoustic discomfort. It was established that on 43 % of the territory of Kaliningrad, sound pressure levels exceed the нормативные значения, which is characteristic of areas adjacent to roads and transport highways.

Keywords: Kaliningrad, road traffic, noise pollution, acoustic mapping

The authors

78

Irina D. Nagurnaya, a leading ecologist, Project Design Department, Environmental Centre for Administration and Technology in Kaliningrad, Kaliningrad, Russia; Master degree student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: inagurnaya@stud.kantiana.ru

Dr Irina I. Volkova, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: IVolkova@kantiana.ru

SPIN-code: 1999-5588

Dr Tatiana V. Shaplygina, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

ORCID: 0000-0002-6705-798X

E-mail: TSHaplygina@kantiana.ru

SPIN-code: 5854-5370