

УДК 656.13:534.6(571.53)

ВЛИЯНИЕ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ШУМА ОТ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В ИРКУТСКЕ

С.А. Новикова¹, Д.Н. Мартынов²

¹Иркутский государственный университет путей сообщения, факультет «Строительство железных дорог», кафедра «Техносферная безопасность», старший преподаватель; e-mail: eco-science@mail.ru

²Балтийский федеральный университет имени И. Канта, факультет экологии и природопользования, кафедра географии, природопользования и пространственного развития, магистрант; e-mail: razerdazer@gmail.com

Работа посвящена оценке эффективности полос зеленых насаждений на участках автомобильных дорог в городе Иркутске. С этой целью в часы пик проводилось видеонаблюдение за составом и интенсивностью потоков автотранспортных средств. На территориях с зелеными насаждениями и без них, расположенных вдоль автомобильных дорог, с помощью шумомеров измерены уровни звукового давления. Проведено сравнение полученных результатов с установленными санитарными нормами допустимых шумовых нагрузок. Осуществлен расчет статистических характеристик уровня шума, зафиксированного на ключевых участках. Анализ полученных результатов позволил выявить превышение акустических нормативов, установленных в Российской Федерации, и способность исследуемых полос зеленых насаждений снижать уровень автотранспортного шума в среднем на 9,7 дБА. Выявлено, что зеленые насаждения рассматриваемых ключевых участков не обладают достаточной эффективностью для обеспечения уровня шума, соответствующего установленным санитарным нормам (55 дБА). Анализ данных, полученных в ходе натурных измерений уровня звука на различном удалении от автомобильной дороги с различной интенсивностью движения транспортного потока, свидетельствует о создании акустической нагрузки на территорию, превышающей гигиенический норматив в дневное время на 15,2–23,8 дБА. Установлено, что транспортные потоки создают уровень шума, соответствующий низким частотам, однако наибольшего поглощающего эффекта зеленые насаждения достигают на высоких частотах (свыше 1000 Гц). Шум, создаваемый на проезжей части автодорог, распространяется как на территорию первого эшелона зданий, так и вглубь селитебной зоны. Предложены рекомендации по снижению уровня звукового давления для обеспечения акустического благополучия населения жилых зон, прилегающих к автомобильным дорогам. Повышение эффективности зеленых насаждений на всем протяжении территории, подверженной акустической нагрузке, следует достигать путем размещения многоярусных полос насаждений одновременно вблизи источников шума и защищаемых объектов. Необходимо проведение целого комплекса градостроительных, инженерно-технических и административно-организационных мероприятий, позволяющих снижать акустическое загрязнение среды в результате применения традиционных и альтернативных способов на участках автомобильных дорог.

Ключевые слова: автотранспорт, шумовое загрязнение, санитарные нормативы, шумомеры

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильный транспорт является одним из источников шумового загрязнения территорий крупных городов. Не является исключением и транспорт г. Иркутска: состояние дорог и организация дорожного движения не позволяют выдерживать режимы эксплуатации двигателей с низким уровнем шума. Кроме того, особенности современной застройки таковы, что расстояние между трамвайными путями, автомобильными магистралями и жилыми домами постоянно сокращается.

Шум приводит к серьезным физиологическим и психологическим последствиям для человека: по-

вышению утомляемости, снижению умственной активности, росту сердечно-сосудистых заболеваний, шумовым стрессам, ухудшению зрения. Отсутствие тишины в ночное время приводит к преждевременной усталости. Шумы высоких уровней могут явиться хорошей почвой для развития стойкой бессонницы, неврозов и атеросклероза. Под воздействием шума от 85–90 дБА снижается слуховая чувствительность на высоких частотах [Медицина труда..., 2008].

Снижение уровня шума с помощью зеленых насаждений не является первостепенной функцией лесозащитных посадок, поэтому необходимо оце-

нить существующие придорожные полосы зеленых насаждений вдоль автодорог с этой точки зрения. Шумозащитная функция в определенной степени зависит от приемов озеленения и пород деревьев, кустарников и травяных культур. Так, например, лиственные породы, лучшие из которых для защиты от шума – липа, граб, способны поглощать до 25% звуковой энергии, а 74% – отражать и рассеивать. Согласно литературным источникам, по мере удаления от автомагистрали на 50 м лиственные древесные насаждения, например акация, тополь, дуб, снижают уровень звука на 4,2 дБА, лиственные кустарниковые – на 6 дБА. Согласно исследованиям, проведенным в Венгрии, хвойные породы, такие как ель и пихта, по сравнению с лиственными лучше регулируют шумовой режим: ель снижает уровень шума на 7 дБА, сосна – на 9 дБА. Посадка хвойных пород деревьев эффективно снижает шум в течение всего года, посадка же лиственных пород – только в летний период. Защитная функция лесополос снижается в зимний период в 3–4 раза [Пчелин, 2007].

Что касается приемов озеленения, то однорядная посадка деревьев с живой изгородью из кустарника шириной в 10–15 м снижает уровень шума на 3–4 дБА, а шириной 16–20 м – на 5–8 дБА, двухрядная посадка шириной 20–30 м способна снижать уровень шума на 6–8 дБА, трех-четырёхрядная посадка шириной 25–30 м – на 8–10 дБА, бульвар шириной 70 м с групповой посадкой деревьев и кустарников – на 10–14 дБА; многорядная посадка (зеленый массив) шириной 100 м – на 12–15 дБА [Исупова, Шарапов, 2011]. Наличие шумозащитного эффекта зеленых насаждений, а также возможная его недооцененность в практике благоустройства городского пространства, прилегающего к мощным источникам шума, обуславливают актуальность этой работы.

Объект исследования. Город Иркутск – крупный транспортный узел, расположенный на террасах долины р. Ангары и прилежащих возвышенностях при впадении в нее рек Иркут и Ушаковка, окраины располагаются на коренных склонах долины. Площадь города составляет 27 998 га: застройка занимает порядка 43% (11 950 га), территория леса – 23% (6350 га). Рельеф пересеченный, ландшафт представляет собой всхолмленную эрозионно-денудационную равнину [Инвестиционный паспорт..., 2020].

Климат Иркутска резко континентальный, со значительными суточными и годовыми колебаниями температур воздуха. Разница летних и зимних температур может превышать 70°C. Отрицательная температура устанавливается в конце октября и держится до начала апреля. С приходом Сибирского антициклона устанавливается ясная, морозная и безветренная погода. Самый холодный месяц

в году – январь, средняя температура составляет –17,8°C. Зима суровая и затяжная. Весна сухая, короткая, снег сходит в начале апреля, плюсовая температура устанавливается к началу мая. Первая половина лета жаркая и сухая, на вторую приходятся затяжные дожди. Самый теплый месяц – июль, средняя температура составляет 18,3°C. Осень теплая и сухая, с резкими суточными перепадами температур. В зимний период наиболее заметен эффект «острова тепла», когда из-за нагретых зданий средняя суточная температура воздуха в центре Иркутска на 1–2°C выше, чем за его пределами. Безморозный период в среднем длится 95 дней в году. Среднесуточная температура воздуха выше 0°C держится в течение 200 дней. На теплый период года приходится 78% всех осадков, на холодный – 22%. Среднегодовая скорость ветра – 2,1 м/с. Наибольшее количество ветреных дней приходится на весну и осень. Среднегодовая влажность воздуха умеренная, составляет 72%. Незамерзающая полынья р. Ангары вызывает регулярные туманы в осенне-зимний период, увеличение влажности воздуха в прибрежной зоне [Погода и климат, 2020].

Как известно, на распространение звука в атмосфере влияет комплекс метеорологических параметров. Атмосферное поглощение не вызывает сильного затухания низких частот. Для проведения измерений на незначительных расстояниях от источника (не более 50 м) влияние ветра на уровень звука не является значительным. Ветровые градиенты могут приводить к увеличению уровня шума на 5 дБА и дополнительному затуханию – на 20 дБА. С наветренной стороны формируется зона тени, а с подветренной – зона концентрации звуковой энергии, в связи с чем для получения надежного результата с минимальными отклонениями измерения проводятся с подветренной стороны от источника. Температура и относительная влажность меняются в течение дня, вместе с тем изменяется и скорость распространения звука. Температурные градиенты способны изменять уровень шума в среднем на ±5 дБА. Температурные составляющие однородны во всех направлениях от источника. В солнечный безветренный день уменьшение температуры с высотой создает «теневого» эффект в отношении звука. Атмосферные осадки способны влиять на эффект поверхностного затухания. Например, снег может стать причиной существенного затухания, либо создать высокие плюсовые градиенты температуры. В подобных условиях проведение измерений запрещено [Методические рекомендации..., 2003]. Средние многолетние значения климатических характеристик по данным метеостанции г. Иркутска представлены в табл. 1, роза ветров исследуемой территории приведена на рис. 1.

Таблица 1

Метеорологические параметры территории Иркутска [Погода и климат, 2020]

Показатель	Период, месяцы												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Абсолютный максимум, °C	2,3	10,2	20,0	29,2	34,5	35,6	37,2	34,7	31,0	24,5	14,4	5,3	37,2
Средний максимум, °C	-12,8	-7,8	0,3	9,4	18,1	22,7	24,8	22,2	15,7	7,7	-2,8	-10,6	7,2
Средняя температура, °C	-17,8	-14,4	-6,4	2,5	10,2	15,4	18,3	15,9	9,2	1,8	-7,6	-15,3	1,0
Средний минимум, °C	-21,8	-19,6	-12,2	-2,8	3,6	9,3	13,0	10,9	4,3	-2,5	-11,6	-19,1	-4
Абсолютный минимум, °C	-49,7	-44,7	-37,3	-31,8	-14,3	-6	0,4	-2,7	-11,9	-30,5	-40,4	-46,3	49,7
Норма осадков, мм	13	8	12	18	37	78	114	91	52	21	20	16	480

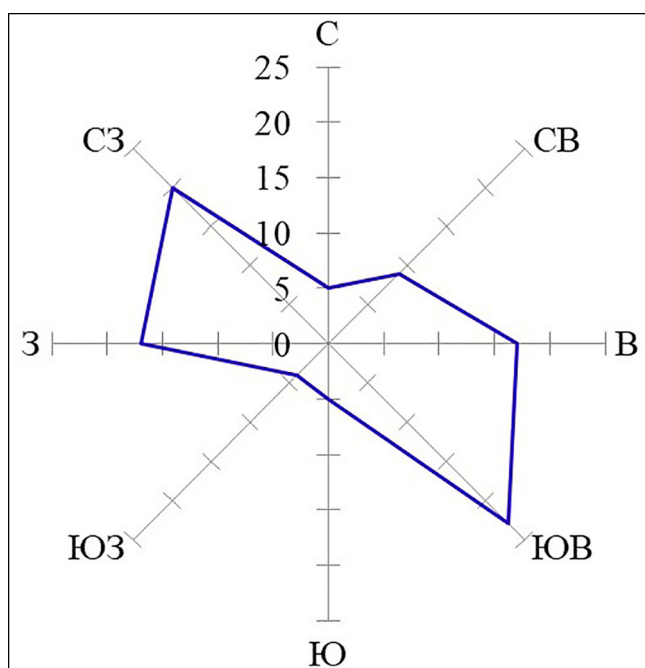


Рис. 1. Роза ветров исследуемой территории

Fig. 1. Wind chart of the study area

Состояние изученности вопроса. Многими зарубежными учеными рассматривалось положительное влияние зеленых насаждений на снижение уровня шума. Так, например, в работе [Herni et al., 2015] была изучена разница снижения уровня шума вблизи шоссе с помощью зеленых насаждений и бетонных конструкций. Измерения шума проводились в пиковое и непиковое время движения автотранспортных потоков с помощью шумомеров. Результаты исследований показали, что наибольшей шумопоглощающей способностью обладают бетонные панели, снижая уровень шума на 4,5–9,4 дБА, сборные железобетонные панели позволили снизить уровень шума в среднем на 5,8–8,2 дБА, придорожная растительность – на 0,3–2,2 дБА.

Авторами [Horoshenkov et al., 2012; 2013] разработана полуэмпирическая модель для прогнозирования затухания звука, распространяемого через густые насаждения с увеличением плотности лиственной поверхности, толщины и частоты насаждений. Установлено, что затухание связано с эффективным удельным сопротивлением потока, пропорционального доле заполнения пространства, занимаемого растением, и обратно пропорционального среднему значению рассеяния листьями растения, коэффициент поглощения растениями звука находится в диапазоне частот 50–1200 Гц.

Учеными [Klingberg et al., 2017] проведено исследование эффективности зеленых насаждений в защите от некоторых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и воздействия шума автомобильного транспорта, в результате выведены корреляционные зависимости уровня шума и загрязнения атмосферного воздуха, свидетельствующие о том, что придорожная растительность оказывает благоприятный эффект в сфере улучшения качества городской окружающей среды. В среднем уровень шума снижается на 0,6–2,3 дБА, максимальная шумопоглощающая эффективность достигает значений в 3 дБА за счет густой листвы деревьев.

В работах [Renterghem, Botteldooren, 2016; Renterghem, 2019] выполнен опрос населения с целью получения информации о раздражении от шума автомобилей вблизи жилых домов с наличием и отсутствием зеленых насаждений. Выявлено преувеличение гражданами положительных эффектов в снижении уровня шума зелеными насаждениями в среднем на 10 дБА, основанное на личном восприятии. Значительное число респондентов (55%) переоценили фактическую способность растений ослаблять шум. Так, исследование велосипедной дорожки на насыпи, граничащей с главной кольцевой дорогой, с большим количеством видимой

растительности и с измеренными эквивалентными уровнями звукового давления, превышающими 70 дБА, показало, что 45% респондентов оценили эту территорию как «спокойную». Кроме того, выявлены случаи, когда удаление одного ряда деревьев, граничащих с автомобильной дорогой из соображений технического обслуживания и безопасности, привело к увеличению жалоб на шум со стороны жителей, однако такое действие не сопровождалось фактическим повышением уровня звукового давления, что было подтверждено инструментальными измерениями.

Многие отечественные ученые исследовали проблему шумового загрязнения от автомобильного транспорта в городах. Так, например, авторами [Милина и др., 2020] выполнен теоретический обзор источников акустического загрязнения, способов снижения уровня шума, а также существующих конструкций шумозащитных полос из зеленых насаждений на основе ранее проведенных исследований отечественных и зарубежных ученых. В исследовании [Цыганков, Кумекина, 2015] предложена методика расчета акустического эффекта озеленения внутридворовых пространств с применением основных и декоративных пород деревьев и кустарников. Работы [Абрашкина, Довганюк, 2016; Оказова, 2015; Шимкив, 2017] посвящены анализу участков автомобильных дорог, имеющих разную транспортную нагрузку в Москве, Владикавказе и Абакане соответственно. С помощью натурных измерений проведена оценка шумового загрязнения, а также выявлена способность зеленых насаждений снижать акустическое воздействие в зависимости от ряда факторов: сомкнутости крон деревьев и кустарников, рельефа местности, погодных условий, высоты и плотности городской застройки.

Авторами [Балакин и др., 2016] установлено, что наиболее эффективные шумозащитные посадки формируются при значительных по ширине санитарных разрывах между дорогой и застройкой, при этом растительные массивы рекомендуется расчленять на составные части с учетом дополнительных потерь энергии на пути распространения звука и затухания дифрагирующих звуковых волн, попадающих на большую поверхность зеленых насаждений шириной 25–30 м, состоящих из обособленных рядов деревьев (5–6 рядов) с подлеском и кустарником. Каждый ряд такой полосы дает эффект снижения около 1,8 дБА. В работе [Иоффе, Гаврилова, 2018] предложено альтернативное архитектурно-планировочное решение по снижению транспортного шума – зеленые крыши, а также изучены способности шумопоглощения различных древесных и кустарниковых пород на примере г. Петрозаводска.

Учеными [Богуславец, Братошевская, 2020] исследовано вертикальное озеленение зданий как способ защиты от шума на примере г. Краснодара. Проведенные расчеты подтвердили эффективность применения модульных систем озеленения в строительстве, позволяющих обеспечить шумовую безопасность урбанизированных территорий и значительно снизить экологические риски, оказывающие комплексное негативное воздействие на здоровье человека в городских условиях.

Что касается исследований акустического загрязнения, проводимых в городах Иркутской области и Иркутске в частности, то замеры шума от стационарных источников периодически осуществляют проектные институты при подготовке изыскательской документации и проведении экологической экспертизы по объектам капитального строительства. Исследованиям уровня шума на участках улично-дорожной сети, а также рабочих местах автотранспортных предприятий и медицинских учреждений в городах Иркутской области посвящен ряд работ [Новикова, 2018; 2019]. Однако вопросы, связанные с оценкой эффективности полос зеленых насаждений как способа борьбы с шумовым загрязнением в городах Иркутской области, ранее не рассматривались.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для оценки акустической эффективности зеленых насаждений осенью – зимой 2019–2020 гг. осуществлялись инструментальные измерения уровня шума на ключевых участках ул. Лермонтова (Академгородок), расположенной фактически в центре г. Иркутска. Улица является практически единственным проездом между разными районами города. Выбор территорий исследования обусловлен наличием массивов зеленых полос вблизи автодороги с интенсивным транспортным потоком. Измерения уровня шума производились на участках дорог в зоне, примыкающей к линейным источникам шумового загрязнения, и зоне звуковой тени, одновременно в «створе» насаждений и рядом – без насаждений с целью выявления эффективности зеленых полос.

Для измерения уровня шума на территориях с зелеными насаждениями в г. Иркутске были выбраны ключевые участки (рис. 2) на ул. Лермонтова рядом с жилыми домами и автомобильной дорогой:

- зеленые насаждения на ключевом участке № 1 (рис. 3) представляют собой ели высотой 2–5 м и лиственницы высотой до 10 м, высаженные в два ряда;
- зеленые насаждения на ключевом участке № 2 (рис. 4) представляют собой ели высотой 5–10 м и лиственницы высотой до 15–20 м, высаженные в два ряда;

– зеленые насаждения на ключевом участке № 3 (рис. 5) представляют собой ели высотой 5–10 м, высаженные в два ряда.

Для измерения уровня шума использовались приборы: шумомер второго класса точности марки «Testo 816» с погрешностью измерений ± 1 дБА и, для сравнения полученных результатов, анализатор шума и вибрации первого класса точности «Октава-111», пределы допустимой абсолютной погрешности измерения уровня звука которого составляют $\pm 0,5$. Измерения уровня шума проводились по методике [Методы контроля..., 2007]. В работе использовался метод ориентировочной оценки посто-

янного и непостоянного уровней шума, измеренных шумомерами по шкале «А». С целью исключения влияния метеорологических параметров на результаты инструментальных измерений все эксперименты по мониторингу шума проводились в идеальных метеорологических условиях: относительная влажность, температура, атмосферное давление и скорость ветра на ключевых участках варьировались от 73 до 85%, от $+10$ до -10°C , от 85 до 108 кПа и от 0 до 0,7 м/с соответственно.



Рис. 2. Карта-схема расположения ключевых участков на ул. Лермонтова в Иркутске

Fig. 2. A schematic map of the location of control sites on Lermontov Street in Irkutsk



Рис. 4. Зеленые насаждения на ключевом участке № 2 по ул. Лермонтова в Иркутске

Fig. 4. Green spaces at the control site no. 2 on Lermontov Street, Irkutsk



Рис. 3. Зеленые насаждения на ключевом участке № 1 по ул. Лермонтова в Иркутске

Fig. 3. Green spaces at the control site no. 1 on Lermontov Street, Irkutsk



Рис. 5. Зеленые насаждения на ключевом участке № 3 по ул. Лермонтова в Иркутске

Fig. 5. Green spaces at the control site no. 3 on Lermontov Street, Irkutsk

Наряду с замерами уровня шума выполнялись натурные наблюдения за составом и интенсивностью движения автотранспортных средств во всех направлениях в утренние (7.00–9.00) и вечерние (17.00–19.00) часы пик с помощью видеозаписывающего устройства. Полученные видео дешифровались при просмотре на персональном компьютере вручную. Данные мониторинга акустического загрязнения были обработаны с помощью методов математической статистики и представлены в табличном и графическом виде.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Уровень уличного шума зависит от интенсивности, скорости и характера транспортного потока, планировочных решений, высоты и плотности застройки, покрытия проезжей части и наличия зеленых насаждений. Оценка состояния улично-дорожной сети показывает, что рассмотренный участок автомобильной дороги г. Иркутска характеризуется двумя полосами движения, ширина проезжей части составляет не более 15 м и не соответствует возрастающей нагрузке. Интенсивность движения транспортного потока по автодороге, расположенной вблизи зеленых насаждений на ул. Лермонтова, согласно проведенному подсчету, составила 1430 автомобилей / час пик. Грузовые и легковые автомобили создают на территории населенных пунктов повышенный шумовой режим. Присутствие в общем транспортном потоке на ул. Лермонтова грузовых автомобилей, особенно большегрузных с дизельными двигателями, приводит к повышению уровня шума на 10 дБА.

Измерения проводились одновременно с помощью анализатора шума и вибрации «Октава-111» и шумомера «Testo 816» на участках с зелеными насаждениями и без них на предмет установления ошибки и выявления эффективности зеленых полос на удалении 1, 7,5, 15 и 20 м от автомобильной дороги. Выбранные значения обусловлены максимальным расстоянием расположения полос зеленых насаждений на каждом из рассматриваемых ключевых участков от дороги. Общее количество проведенных измерений на данных участках равно 16. Здания расположены на расстоянии ~10 м от оси первой полосы движения автотранспортных потоков.

На ключевом участке № 1 с зелеными насаждениями уровень шума превышал дневные нормы ПДУ шума [Постановление Главного государственного санитарного врача..., 2021] в среднем на 15,7 дБА при удалении на 1 м от автодороги, на том же удалении от дороги без зеленых насаждений уровень шума превышал норматив на 20,8 дБА. На ключевом участке № 2 с зелеными насаждениями

уровень шума превышал установленный ПДУ шума на 19,1 дБА при удалении на 1 м от автодороги, на том же удалении от дороги на территории без насаждений – на 23,8 дБА. На ключевом участке № 3 с зелеными насаждениями уровень шума превышал норматив на 15,2 дБА при удалении на 1 м от автодороги, на том же расстоянии от дороги без насаждений – на 19,4 дБА (табл. 2). Полосы зеленых насаждений показали эффективность в снижении уровня шума на расстоянии 7,5 м от автомобильной дороги при их сравнении с минимальными значениями на ключевом участке № 1 в 5,2 дБА, на расстоянии 15,0 м от автодороги на ключевом участке № 2 – в 7 дБА и на удалении 20,0 м от дороги на ключевом участке № 3 – в 17 дБА.

Из результатов акустических измерений можно сделать вывод, что эквивалентные уровни звука вблизи первого эшелона жилых зданий превышены на 15,2–23,8 дБА согласно установленным санитарным нормам для дневного времени суток [Постановление Главного государственного санитарного врача..., 2021] на территории, непосредственно прилегающей к жилым домам. В условиях застройки, характерной для выбранных участков территории Иркутска с ее малоэтажными плотно застроенными зданиями, шириной тротуаров порядка 2 м и высокой интенсивностью движения автотранспорта, шум, возникающий на проезжей части автомобильной дороги, распространяется не только на территорию первого эшелона жилых зданий, но и вглубь жилой застройки.

Таким образом, рядовые посадки деревьев с открытым подкронным пространством оказывают незначительное влияние на улучшение шумового режима в Иркутске. Поглощающий эффект зеленых насаждений наиболее выражен на частотах свыше 1000 Гц: затухание звука на этих частотах обусловлено рассеянием и поглощением звука листьями, ветками и стволами деревьев. Однако уровни шума транспортных потоков соответствуют в основном низким частотам.

Результаты расчетов статистических характеристик уровня шума, зарегистрированного на ключевых участках ул. Лермонтова в ходе инструментальных измерений, представлены в табл. 2. Анализ средних квадратических отклонений и коэффициентов вариации (<17%) показал удовлетворительную статистическую однородность как на территориях с полосами зеленых насаждений, так и на территориях без них. Таким образом, статистическая обработка позволяет делать выводы о степени однородности данных, полученных во время проведения натурных обследований ключевых участков, а также корректности зафиксированного уровня звукового давления в Иркутске.

**Результаты проведенных измерений уровня шума на ключевых участках
ул. Лермонтова в Иркутске**

Прибор измерения / расстояние от дороги, м	Максимальное значение, дБА	Среднее значе- ние, дБА	Минимальное значение, дБА	Среднее квадрати- ческое отклонение, дБА	Коэффициент вариации, %
Участок № 1 с зелеными насаждениями					
«Октава–111» / 1,0	83,0	70,7	60,2	1,4	1,0
«Testo 816» / 7,5	80,0	69,0	49,8	0,7	0,9
Участок № 1 без зеленых насаждений					
«Октава–111» / 1,0	91,2	75,8	63,9	0,7	1,9
«Testo 816» / 7,5	88,2	71,9	61,3	0,7	1,0
Участок № 2 с зелеными насаждениями					
«Октава–111» / 1,0	88,5	74,1	65,0	1,0	1,3
«Testo 816» / 15,0	66,3	57,1	48,0	0,5	0,8
Участок № 2 без зеленых насаждений					
«Октава–111» / 1,0	90,6	78,8	66,9	3,7	4,6
«Testo 816» / 15,0	70,6	59,5	48,4	3,7	6,1
Участок № 3 с зелеными насаждениями					
«Октава–111» / 1,0	85,2	70,2	57,2	0,6	0,9
«Testo 816» / 20,0	79,8	58,9	38,1	0,8	1,4
Участок № 3 без зеленых насаждений					
«Октава–111» / 1,0	86,8	74,4	61,1	0,7	1,0
«Testo 816» / 20,0	77,3	69,3	61,3	0,1	0,1

ВЫВОДЫ

Результаты проведенных инструментальных замеров на ключевых участках ул. Лермонтова позволяют сделать вывод о невысокой эффективности полос зеленых насаждений: акустическая эффективность деревьев и кустарников на обследованных участках находится в пределах 9,7 дБА в сравнении с минимальными значениями уровня шума, зарегистрированными на территории исследования. Существующей эффективности полос зеленых насаждений недостаточно для того, чтобы довести уровень шума до установленного санитарного норматива (55 дБА) на всем протяжении территории, расположенной за насаждениями. На всех ключевых участках средний (эквивалентный) уровень превышал дневные нормы ПДУ шума в среднем на 15,2–23,8 дБА.

Несмотря на выявленное незначительное подавление зелеными насаждениями автотранспортного шума, положительного эффекта можно достичь при размещении полос насаждений одновременно вблизи источников шума и защищаемых объектов. Насаждения целесообразно конструировать многорядными. Посадки хвойных пород деревьев эффективнее лиственных снижают шум в течение всего года, однако необходимо учитывать, что в город-

ских условиях они часто плохо растут и поэтому их применение ограничено. Защитные лесополосы следует формировать с обеспечением плотного смыкания крон деревьев между собой и заполнением пространства под кронами до поверхности земли кустарниками, высота деревьев при этом должна быть не менее 5–8 м, чего не наблюдается на исследуемых участках ул. Лермонтова. Кроме того, в некоторых районах Иркутска автомобильные дороги близко прилегают к жилой застройке, что вообще исключает возможность использования на этих участках полос зеленых насаждений. В связи с этим следует проводить:

– административно-организационные мероприятия, позволяющие бороться с шумовым загрязнением окружающей среды посредством дифференциации автомобильных дорог и улиц по их назначению, составу и скорости движения транспортных потоков;

– комплекс градостроительных и инженерно-технических мероприятий, таких как функциональное зонирование – выделение рекреационной, селитебной зон с целью их отделения от территорий с повышенной акустической нагрузкой, сооружение объездных дорог, возведение домов со специальной архитектурной структурой, которая предусматрива-

ет их ориентацию относительно источников шума, а также применение повышенной звукоизоляции.

Таким образом, исследование способности деревьев и кустарников к шумопоглощению позволит в будущем грамотно планировать посадку зеленых

насаждений на придорожных территориях в Иркутске и городах Иркутской области в целом, а также решать проблему шумового загрязнения альтернативными методами в местах, где создание дополнительного озеленения не представляется возможным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрашкина А.С., Довганюк А.И. Снижение уровня шумового загрязнения с помощью живых изгородей // Вестник ландшафтной архитектуры. 2016. № 7. С. 3–5.
- Балакин В.В., Сидоренко В.Ф., Сидоренко И.В. Комплексная оценка средозащитного воздействия линейно-полосных структур зеленых насаждений на городских дорогах и улицах // Вестник Волгоградского гос. архитектурно-строительного ун-та. Серия: Строительство и архитектура. 2016. № 44–2(63). С. 19–32.
- Богуславец Е.А., Братошевская В.В. Вертикальное озеленение зданий как метод защиты от шумового загрязнения на урбанизированных территориях // Вестник науки. 2020. Т. 1. № 5(26). С. 84–87.
- Исупова М.А., Шарапов А.В. Развитие системы зеленых насаждений г. Воронежа // Вестник Пермского ун-та. 2011. № 1. С. 205–209.
- Медицина труда и промышленная экология. Научно-практический рецензируемый журнал Роспотребнадзора. М.: ГУ НИИ медицины труда РАМН, 2008. № 8. 41 с.
- Методические рекомендации по оценке необходимого снижения звука у населенных пунктов и определению требуемой акустической эффективности экранов с учетом звукопоглощения. Минтранс России № ОС-362-р от 21.04.2003. 97 с.
- Методы контроля. Физические факторы. Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях. Методические указания (МУК 4.3.2194–07). М., 2007. 10 с.
- Милина М.Ю., Тарусова М.С., Васильева В.В., Ставцева А.А. Роль зеленых насаждений в защите от транспортного шума в городах // Молодежь и наука: шаг к успеху. 2020. Т. 4. С. 185–187.
- Новикова С.А. Оценка шумового загрязнения города Иркутска автомобильным транспортом // Известия РАН. Серия географическая. 2019. № 5. С. 111–120. DOI: 10.31857/S2587-556620195111-120.
- Новикова С.А. Превышение санитарных норм по шуму от автотранспорта в городах Иркутск и Ангарск (Иркутская агломерация) // Вестник Российского ун-та дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 4. С. 409–418. DOI: 10.22363/2313-2310-2018-26-4-409-418.
- Пчелин В.И. Дендрология. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. 520 с.
- Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 г. № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (вместе с «СанПиН 1.2.3685-21. Санитарные правила и нормы...») (Зарегистрировано в Минюсте России 29.01.2021 г. № 62296).
- Цыганков В.В., Кумекина В.В. Методика расчета акустической эффективности проектируемых внутриквартальных шумозащитных зеленых насаждений // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2015. № 4(12). С. 88–92.
- Шимкив А.В. Зеленые насаждения, как основной метод борьбы с шумом в городе Абакане // Символ науки. 2017. Т. 2. № 2. С. 120–123.
- Herni H., Ramdzani A., Abang A.A.A., Jailani M.N. Effectiveness of existing noise barriers: comparison between vegetation, concrete hollow block, and panel concrete, *Procedia Environmental Sciences*, 2015, no. 30, p. 217–221, DOI: 10.1016/j.proenv.2015.10.039.
- Horoshenkov K.V., Khan A., Benkreira H., Yang H., Cheal C., Smyrnova J., Kang J. Acoustical properties of living plants, *Proceedings of the Institute of Acoustic*, 2012, no. 34, p. 68–75.
- Horoshenkov K.V., Khan A., Benkreira H. Acoustic properties of low growing plants, *Journal of the acoustical society of America*, 2013, no. 133:5, p. 2554–2565.
- Klingberg J., Broberg M., Strandberg B., Thorssond P., Pleijel H. Influence of urban vegetation on air pollution and noise exposure – A case study in Gothenburg, Sweden, *Science of The Total Environment*, 2017, no. 599–600, p. 1728–1739.
- Renterghem T.V., Botteldooren D. View on outdoor vegetation reduces noise annoyance for dwellers near busy roads, *Landscape and Urban Planning*, 2016, no. 148, p. 203–215.
- Renterghem T.V. Towards explaining the positive effect of vegetation on the perception of environmental noise, *Urban Forestry & Urban Greening*, 2019, no. 40, p. 133–144.
- Электронные ресурсы
- Инвестиционный паспорт г. Иркутска. URL: <http://www.irkutsk.ru> (дата обращения 10.07.2020).
- Июффе А.О., Гаврилова О.И. Зеленые растения и зеленые крыши как способ борьбы с шумовым загрязнением // Инженерный вестник Дона. 2018. № 4(51). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zelenye-rasteniya-i-zelenye-kryshi-kak-sposob-borby-s-shumovym-zagryazneniem/viewer> (дата обращения 10.07.2020).
- Оказова З.П. Шумовое загрязнение как одна из экологических проблем современного города // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=21364> (дата обращения 10.07.2020).
- Погода и климат. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/30710.htm> (дата обращения 10.07.2020).

Поступила в редакцию 17.08.2020

После доработки 15.09.2021

Принята к публикации 27.12.2021

EFFECT OF GREEN SPACES ON THE REDUCTION OF NOISE FROM ROAD TRAFFIC FLOWS IN IRKUTSK

S.A. Novikova¹, D.N. Martynov²

¹*Irkutsk State Transport University, Faculty of Railway Construction, Department of Technosphere Safety, Senior Lecturer; e-mail: eco-science@mail.ru*

²*Immanuel Kant Baltic Federal University, Faculty of Ecology and Nature Management, Department of Geography, Nature Management and Spatial Development, Master's student; e-mail: razerdazer@gmail.com*

The work is devoted to the assessment of the efficiency of green belts on road sections in the city of Irkutsk. For this purpose video surveillance of the composition and traffic intensity of vehicles was carried out during rush hours. Sound pressure levels were measured in areas with and without green spaces located along highways, using sound level meters. The obtained results were compared with the prescribed sanitary norms of permissible noise loads. Statistical characteristics of the noise level recorded in key areas were calculated. The analysis of the results obtained made it possible to reveal the excess of acoustic standards established in the Russian Federation, and the ability of investigated strips of green spaces to reduce the level of traffic noise by an average of 9,7 dBA. It was found that green spaces of the key areas under study are not sufficiently efficient to ensure the noise level that meets the established sanitary standards (55 dBA). Analysis of the data obtained during field measurements of the sound level at various distances from the road with different traffic intensity indicates the acoustic load on the territory exceeding the daytime hygienic standard by 15,2–23,8 dBA. It was found that traffic flows create a low frequencies noise level, but green spaces achieve the greatest absorption effect at high frequencies (above 1000 Hz). The noise generated on the carriageway propagates both to the first echelon of houses and deeper into residential buildings. Recommendations for reducing the sound pressure level to ensure the acoustic well-being of the population in residential areas adjacent to highways are proposed. Increasing the efficiency of green spaces throughout the territory subject to acoustic load should be achieved by placing multi-row tree belts near both noise sources and protected objects. A whole range of urban planning, engineering and administrative and organizational measures is necessary to reduce acoustic pollution of the environment by application of traditional and alternative methods on road sections.

Keywords: vehicles, noise pollution, sanitary standards, sound level meters

REFERENCES

- Abrashkina A.S., Dovganjuk A.I. Snizhenie urovnja shumovogo zagriznenija s pomoshh'ju zhivyh izgorodej [Reducing the level of noise pollution using hedgegrows], *Vestnik landshaftnoj arhitektury*, 2016, no. 7, p. 3–5. (In Russian)
- Balakin V.V., Sidorenko V.F., Sidorenko I.V. Kompleksnaja ocenka sredozashhitnogo vozdejstviya linejno-polosnyh struktur zelenyh nasazhdenij na gorodskih dorogah i ulicach [Comprehensive assessment of the environmental protection impact of linear-strip structures of green spaces on city roads and streets], *Vestnik Volgogradskogo gos. arhitekturno-stroitel'nogo un-ta, Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura*, 2016, no. 44–2(63), p. 19–32. (In Russian)
- Boguslavac E.A., Bratoshevskaja V.V. Vertikal'noe ozelenenie zdaniy kak metod zashhity ot shumovogo zagriznenija na urbanizirovannyh territorijah [Vertical gardening of buildings as a method of protection against noise pollution in urbanized areas], *Vestnik nauki*, 2020, vol. 1, no. 5(26), p. 84–87. (In Russian)
- Cyganov V.V., Kumeckina V.V. Metodika rascheta akusticheskoy jeffektivnosti proektiruemykh vnutrikvartal'nyh shumozashhitnyh zelenyh nasazhdenij [Procedures of calculating the acoustic efficiency of projected intra-quarter noise-protective green spaces], *Biosfer'naja sovremennost': chelovek, region, tehnologii*, 2015, no. 4(12), p. 88–92. (In Russian)
- Herni H., Ramdzani A., Abang A.A.A., Jailani M.N. Effectiveness of existing noise barriers: comparison between vegetation, concrete hollow block, and panel concrete, *Procedia Environmental Sciences*, 2015, no. 30, p. 217–221, DOI: 10.1016/j.proenv.2015.10.039.
- Horoshenkov K.V., Khan A., Benkreira H., Yang H., Chelal C., Smyrnova J., Kang J. Acoustical properties of living plants, *Proceedings of the Institute of Acoustic*, 2012, no. 34, p. 68–75.
- Horoshenkov K.V., Khan A., Benkreira H. Acoustic properties of low growing plants, *Journal of the acoustical society of America*, 2013, no. 133:5, p. 2554–2565.
- Isupova M.A., Sharapov A.V. Razvitie sistemy zelenyh nasazhdenij g. Voronezh [Development of the system of green spaces in Voronezh], *Vestnik Permskogo un-ta*, 2011, no. 1, p. 205–209. (In Russian)
- Klingberg J., Broberg M., Strandberg B., Thorssond P., Pleijel H. Influence of urban vegetation on air pollution and noise exposure – A case study in Gothenburg, Sweden, *Science of The Total Environment*, 2017, no. 599–600, p. 1728–1739.
- Medicina truda i promyshlennaja ekologiya* [Occupational medicine and industrial ecology], Nauchno-prakticheskij recenziruemyj zhurnal Rospotrebnadzora, Moscow, GU NII mediciny truda RAMN, 2008, no. 8, 41 p. (In Russian)
- Metodicheskie rekomendacii po ocenke neobhodimogo snizhenija zvuka u naselennykh punktov i opredeleniju trebuemoj akusticheskoy jeffektivnosti ekranov s uchedom zvukopogloshhenija* [Guidelines for assessing the required sound reduction in settlements and determining

- the required acoustic efficiency of screens, taking into account sound absorption], Ministry of Transport of Russia, no. IS-362-r dated 21.04.2003, 97 p. (In Russian)
- Metody kontrolja. Fizicheskie faktory. Kontrol' urovnja shuma na territorii zhiloy zastrojki, v zhilyh i obshchestvennyh zdaniyah i pomeshhenijah [Methods of control. Physical factors. Control of the noise level on the territory of residential buildings, in residential and public buildings and premises], Metodicheskie ukazaniya (MUK 4.3.2194–07), Moscow, 2007, 10 p. (In Russian)
- Milina M.Ju., Tarusova M.S., Vasil'eva V.V., Stavceva A.A. Rol' zelenykh nasazhdenij v zashhite ot transportnogo shuma v gorodah [The role of green spaces for protection against traffic noise in cities], *Molodezh' i nauka: shag k uspehu*, 2020, vol. 4, p. 185–187. (In Russian)
- Novikova S.A. Ocenka shumovogo zagryaznenija goroda Irkutsk avtomobil'nym transportom [Assessment of the noise pollution of the city of Irkutsk by road transport], *Izvestija RAN. Serija geograficheskaja*, 2019, no. 5, p. 111–120, DOI: 10.31857/S2587-556620195111–120. (In Russian)
- Novikova S.A. Prevysenie sanitarnykh norm po шуму ot avtotransporta v gorodah Irkutsk i Angarsk (Irkutskaja aglomeracija) [Exceeding sanitary standards for noise from vehicles in the cities of Irkutsk and Angarsk (the Irkutsk agglomeration)], *Vestnik Rossijskogo un-ta družby narodov. Serija: Ekologija i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*, 2018, vol. 26, no. 4, p. 409–418, DOI: 10.22363/2313-2310-2018-26-4-409-418. (In Russian)
- Pchelin V.I. *Dendrologija* [Dendrology], Joshkar-Ola, MarGTU Publ., 2007, 520 p. (In Russian)
- Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 28.01.2021 g. no. 2, Ob utverzhenii sanitarnykh pravil i norm SanPiN 1.2.3685-21 “Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya” (vmeste s SanPiN 1.2.3685-21. Sanitarnye pravila i normy...) [Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of January 28, 2021, no. 2, On the approval of sanitary rules and norms SanPiN 1.2.3685-21, “Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans”]. (In Russian)
- Renterghem T.V. Towards explaining the positive effect of vegetation on the perception of environmental noise, *Urban Forestry & Urban Greening*, 2019, no. 40, p. 133–144.
- Renterghem T.V., Botteldooren D. View on outdoor vegetation reduces noise annoyance for dwellers near busy roads, *Landscape and Urban Planning*, 2016, no. 148, p. 203–215.
- Shimkiv A.V. Zelenye nasazhdenija kak osnovnoj metod bor'by s шумом v gorode Abakane [Green spaces as a main method of noise control in the city of Abakan], *Simvol nauki*, 2017, vol. 2, no. 2, p. 120–123. (In Russian)
- Web sources*
- Investicionnyj passport g. Irkutsk [Investment passport of the city of Irkutsk], URL: irkutsk.ru (access date 10.07.2020). (In Russian)
- Ioffe A.O., Gavrilova O.I. Zelenye rastenija i zelenye kryshi kak sposob bor'by s шумовым zagryazneniem [Green plants and green roofs as a way to combat noise pollution], *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2018, no. 4(51), URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zelenye-rasteniya-i-zelenye-kryshi-kak-sposob-borby-s-shumovym-zagryazneniem/viewer> (access date 10.07.2020). (In Russian)
- Okazova Z.P. Shumovoe zagryaznenie kak odna iz jekologicheskikh problem sovremennogo goroda [Noise pollution as an environmental problem of a modern city], *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*, 2015, no. 4, URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=21364> (access date 10.07.2020). (In Russian)
- Pogoda i klimat [Weather and climate], URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/30710.htm> (access date 10.07.2020). (In Russian)

Received 17.08.2020

Revised 15.09.2021

Accepted 27.12.2021