

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2021, №1, Том 13 / 2021, No 1, Vol 13 <https://esj.today/issue-1-2021.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/08ECVN121.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Кривко Е.В. Методические основы проектирования оптимального мероприятия по защите населенного пункта от транспортного шума // Вестник Евразийской науки, 2021 №1, <https://esj.today/PDF/08ECVN121.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Krivko E. V. (2021). Methodological foundations for designing the optimal event to protect settlements from traffic noise. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 1(13). Available at: <https://esj.today/PDF/08ECVN121.pdf> (in Russian)

УДК 625.098

ГРНТИ 06.71.09

Кривко Елена Валерьевна

ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», Хабаровск, Россия

Старший преподаватель кафедры «Автомобильные дороги»

E-mail: krivkoeva@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1009385

Методические основы проектирования оптимального мероприятия по защите населенного пункта от транспортного шума

Аннотация. Строительство новых и реконструкция существующих автомобильных дорог, их эксплуатация и автомобильный транспорт является одним из показателей социально-экономического развития российских регионов. Вместе с тем, развитие транспортного комплекса, одного из крупнейших потенциальных источников различных загрязнений, обостряет и без того экологическую обстановку страны. Низкий уровень экологической безопасности дорог ассоциируется в общественном сознании с ухудшением среды обитания местного населения. Транспортный шум является одной из главных причин нездоровья людей, населяющих прилегающие к дороге территории.

В этой ситуации охрана окружающей среды должна занимать значимую позицию в числе приоритетов политики дорожного хозяйства. Для снижения негативного воздействия шума в условиях увеличения количества автотранспортных средств на основе повышения экологических требований к строительству и эксплуатации автомобильных дорог необходима реализация различных шумозащитных мероприятий в населенной местности. Воздействие транспортного шума должно выявляться на стадии подготовки проекта и быть учтено при его реализации. От степени обоснованности применяемых проектных решений зависит не только состояние окружающей среды, но и величина будущих общественно необходимых затрат на ликвидацию негативных последствий, возникающих из-за шумового дискомфорта. Отсутствие такого обоснования приводит к нерациональному использованию и без того ограниченных бюджетных средств. При этом важно, чтобы решением проблемы снижения уровня транспортного шума занимались совместно и строители автомобильных дорог, и ученые, добиваясь улучшения среды обитания на придорожных территориях.

Предлагаемая методика основана на выборе оптимального варианта шумозащитного мероприятия по критерию минимума дисконтированных затрат – затрат, определяемых с учетом фактора времени. Расчетные затраты определяются на различных стадиях реализации

проекта и с учетом периодичности их расходования. Использование показателя дисконтированных затрат эффективно для выбора экономически наилучшего природоохранного мероприятия при сравнении вариантов, обеспечивающих достижение одинакового качества окружающей среды в границах территории, на которую распространяется воздействие природоохранного мероприятия.

Предлагаемая методика представляет собой дальнейшее развитие направлений исследований в рамках эколого-экономической оценки дорожных проектов.

Ключевые слова: дорожное строительство; экологическая безопасность; транспортный шум; шумозащитные мероприятия; капитальные вложения; эксплуатационные расходы; продолжительность расчета; дисконтированные затраты

Введение

Одной из приоритетных задач, стоящих перед дорожной отраслью России, является создание экологически безопасных автомобильных дорог. С этой точки зрения вновь строящиеся и эксплуатируемые автомобильные дороги не должны негативно воздействовать на окружающую среду уровнями, при которых будут возникать вредные последствия для здоровья населения, происходить необратимые изменения природной среды, ухудшаться социально-экономических условий обитания людей¹.

Для строительства новых, реконструкции существующих автомобильных дорог требуются значительные капитальные вложения. Реализация российских проектов в сфере автодорожного строительства осуществляется, как правило, за счет бюджетных средств. Поэтому все принятые проектные решения, в том числе связанные с экологической безопасностью дороги для местного населения, должны быть целесообразны и экономически обоснованы.

Выбор оптимального проектного решения природоохранного мероприятия необходимо осуществлять на основе вариантного проектирования. Варианты должны удовлетворять условиям: обеспечение требований задания на проектирование; обеспечение безопасности движения и пропускной способности транспортных средств; соблюдение установленных сроков строительства; соблюдения экологической безопасности.

В настоящее время в России, несмотря на довольно большое количество официально утвержденных методических документов, окончательного варианта методики по оценке природоохранных мероприятий в проектах нет. Большинство используемых методик оценки негативного воздействия, как правило, основываются на определении ожидаемых или предотвращенных экологических ущербов. Расчеты, выполненные на их основе, позволяют судить о масштабах экологического ущерба и мерах, направленных на его предотвращение или ликвидацию. При этом вопросы оценки экологического ущерба в стоимостном выражении законодательно не закреплены и остаются открытыми [1]. Нормативно-технические

¹ Руководство по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации объектов дорожного хозяйства. – Изд. офиц. – Отрасл. дор. методика: Автомоб. дороги общего пользования / М-во трансп. Российской Федерации, Росавтодор. – М., 2001.

документы, содержащие количественные нормативы, показатели и критерии для проверки предлагаемых решений на соответствие экологическим требованиям разрабатываются обычно для условий центральной России и без учета природных и социально-экономических условий других регионов, не содержат конкретных указаний для решения практических задач.

Применение нормативных методов оценки, основанных на расчете экологического ущерба, оправданно только для установления экономической эффективности природоохранных мероприятий на уровне крупных регионов и государства в целом.

Для решения локальных природоохранных задач при разработке дорожных проектов необходимо проведение оценки целесообразности принимаемых соответствующих мероприятий. Эта оценка обусловлена необходимостью осуществить ограниченный выбор между множеством вариантов решений эколого-экономических задач и дефицитом любого рода затрат и инвестиций при любой экономической ситуации. Полноту проектных обоснований определяет заказчик. Техничко-экономическая оценка позволяет ему сделать вывод о том, что проектируемые решения являются экологически приемлемыми и обеспечивают устойчивое состояние окружающей среды, а любые неблагоприятные воздействия на нее были своевременно выявлены и учтены.

Неудовлетворительное методическое обеспечение в нашей стране привело к тому, что в современных проектах развития дорожной сети оценка проектируемых природоохранных мероприятий сводится к формальной процедуре, не позволяющей получить реально значимые экономические результаты для последующих выводов о целесообразности их внедрения.

Воздействия дорог на природную среду в проектах учитываются недостаточно, прогнозирование транспортных загрязнений и способы защиты населенных пунктов – слабо прорабатываются. Для повышения качества дорожных проектов в вопросах экологической безопасности дорог требуется увеличение объема научно-исследовательской работы и расширение научного потенциала, обеспечивающего развитие данного направления. И при этом научно-исследовательские результаты следует шире внедрять в практику, а не оставлять на страницах научных журналов. Такое положение приводит к нерациональному использованию и без того ограниченных финансовых средств, выделяемых на дорожное строительство.

В международном опыте оценка воздействия дорожного комплекса на окружающую среду производится главным образом по затратам, связанным с устранением вреда и восстановительным работам. Такой подход также нельзя назвать совершенным из-за степени несоответствия восстановленных природных объектов теряемым естественным объектам.

Использование международного опыта в России ограничено, в частности, из-за недостаточно полного его освещения в литературе на русском языке, а также из-за не вполне систематического соотнесения международно-признанных принципов экологической оценки и подходов к экологической оценке, используемых в России.

Среди всех факторов негативного воздействия автомобильных дорог на окружающую среду в последние годы наибольшее внимание во всех странах мира уделяется транспортному шуму. Шум является одной из главных причин нездоровья людей, населяющих прилегающие к дороге территории. При долгосрочном среднем воздействии уровня шума выше 55 дБ страдает нервная система, система кровообращения, болезни уха, вплоть до его потери [2]. При вредном воздействии транспортного шума часть населения может испытывать осознанные неприятные ощущения, дискомфорт или нравственные страдания от такого воздействия, а другая часть – даже нарушения здоровья, приводящие к увеличению показателей заболеваемости, инвалидности, смертности и сокращению продолжительности здоровой

жизни². В Европейском союзе социальные потери негативного воздействия шума от автотранспорта на организм человека оцениваются в €40 млрд [3].

Совершенствование научно-методических основ в области оценки мероприятий по снижению транспортного шума при эксплуатации автомобильной дороги остаются важной научно-практической задачей, что и определяет актуальность темы данной работы.

В работе учтены опубликованные рекомендации, исследования научных институтов, разработки отечественных и зарубежных ученых. Вопросами необходимости применения мероприятий по защите от транспортного шума в России, начиная с исследований Поспелова П.И. [4], занимались Медведева О.Е. (разработка методики оценки проектного ущерба) [1], Макарова И.В. (влияние шумового загрязнения автомобильного транспорта) [2], Ганжа О.А. (регулирование качества городской среды) [5], Иванова А.С. (экологическое обоснование зеленых насаждений в снижении шума) [6], Крикун С.Н. (исследования транспортного шума и транспортно-эксплуатационных качеств дорог) [7], Васинева М.В., Ефремова В.Н., Гераскина Т.В. (проектно-конструкторские решения для защиты населения от шума) [8], Иванов Н.И., Шашурин А.Е., Бойко Ю.С. (влияние материала на акустическую эффективность шумозащитных экранов) [9] и др.

Среди зарубежных ученых известны исследования Nicolas Pignier (влияние транспортного шума на экономику и окружающую среду) [10], Tracy K. Swinburn, Monica S. Hammer, Richard L. Neitzel (экономическая оценка шума окружающей среды в США как опасности для здоровья сердечно-сосудистой системы) [3] и др.

Целью данной научной работы является разработка методики проектирования оптимального варианта мероприятия по снижению негативного воздействия транспортного шума в населенном пункте, находящемся вблизи загородной автомобильной дороги. Среди официальных рекомендаций для решения таких практических задач достойны внимания две известные методики оценки шумозащитных мероприятий. В отличие от методики технико-экономической оценки³, позволяющей определять область рационального применения различных шумозащитных мероприятий на основе приведенных затрат, в предлагаемой нашей методике учитывается разновременность затрат на мероприятия, осуществляемых как на стадии строительства, так и эксплуатации дороги. Соизмерение затрат осуществляется путем дисконтирования – соизмерения их во времени. При этом в норме дисконта есть возможность учесть и инфляцию, и достижение требуемой нормы дохода на капитал.

В отличие от методических рекомендаций ОДМ 218.2.013-2011⁴, требующих значительных затрат времени на проведение комплексной оценки шумозащитных сооружений, входящих в состав автомобильной дороги, предлагаемая методика более проста, не требует множества исходных данных, как в натуральном, так и стоимостном выражении. Расчет затрат можно производить по укрупненным стоимостным показателям.

Предлагаемую методику можно использовать для предварительной оценки противозумных мероприятий на начальной стадии проектирования как нового строительства, так и при реконструкции автомобильных дорог.

² МР 2.1.10.0059-12 Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 33 с.

³ Руководство по технико-экономической оценке шумозащитных мероприятий, осуществляемых строительно-акустическими методами / НИИСФ. – М.: Стройиздат, 1981 – 30 с.

⁴ ОДМ 218.2.013-2011 Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам. – М. Росавтодор Издательство ФГУП «Информавтодор» 2011. – 123 с.

Основные положения по проведению эколого-экономической оценки мероприятий по защите небольших населенных пунктов от автотранспортного шума

Под противошумными мероприятиями понимают мероприятия, предотвращающие шумовое загрязнение или способствующие его уменьшению на территории населенных пунктов. Наиболее эффективным представляется решение вопросов по защите территории на ранних стадиях проектирования нового строительства, так как это дает возможность создания благоприятных условий с наименьшими затратами. Затраты, связанные с шумозащитой уже существующих дорог, оказываются в десять раз значительнее, чем затраты, которые потребовались бы на стадии первичного проекта. При разработке проектной документации для строительства автомобильной дороги вопросы защиты от шума предусматриваются в подразделе общей пояснительной записки «Природоохранные мероприятия» и в разделе «Охрана окружающей среды» (пояснительная записка, обоснование мероприятий, ведомость строительства, чертежи запроектированных сооружений, рекультивация земель, объемы работ)⁵.

Проектирование оптимального противошумного мероприятия целесообразно осуществлять на основе вариантного сравнения мероприятий, исходя из их конструктивных, эстетических и экономических особенностей. Принятый вариант должен обеспечивать санитарные⁶, технические, строительные нормы и правила, позволяющие гарантировать допустимые уровни шума в населенных пунктах, подверженных высоким уровням внешних акустических воздействий.

Реализованное противошумное мероприятие не должно способствовать снегозаносимости земляного полотна автомобильных дорог, затруднять уборку снега с проезжей части, создавать опасности дорожно-транспортных происшествий и при этом занимать по возможности меньшую ширину полосы отвода удачно вписываться в ландшафт.

Оптимальный вариант должен предусматривать выгодные затраты на реализацию шумозащитного мероприятия и ожидаемые результаты от его внедрения.

В нашей работе процедуру выбора оптимального варианта противошумного мероприятия на начальной стадии проектирования строительства (реконструкции) дорог предлагается осуществлять на основе эколого-экономической модели, представленной на рис. 1.

Разработке природоохранных проектных решений предшествуют инженерно-экологические изыскания, определяющие исходные условия проектирования, обеспечивающие расчеты и оценку необходимой информацией, подтверждающей, что состояние природной среды по трассе автомобильной дороги не препятствует намечаемому строительству, дающие оценку качества среды обитания и воздействия на нее с точки зрения жизнедеятельности населения. Инженерно-экологические изыскания включают материалы предварительного определения границ (размеров, конфигурации) зоны воздействия автомобильной дороги; численность проживающего населения; характеристику планируемого развития территории поселений (плотность, этажность и параметры застройки, увеличение численности населения, транспортное обслуживание); тип покрытия дороги; информацию по районам возможного

⁵ СП 276.1325800.2016. Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков. – М.: Минстрой России, 2016. – 146 с.

⁶ Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: Минздрав РФ, 1997. – 20 с.

негативного воздействия с учетом его дальнейшего распространения и перераспределения; прогнозы возможных изменений здоровья населения при реализации проекта строительства⁷.



Рисунок 1. Эколого-экономическая модель (разработано автором)

Для характеристики транспортного потока на рассматриваемой территории определяется его интенсивность, скорость движения в соответствии с проектируемой категорией автомобильной дороги. Для определения состава транспортного потока анализируются перевозки всеми видами транспорта и перераспределение их по видам транспорта. При выборе мероприятия также необходимо учитывать и прогнозируемый уровень автомобилизации.

Оценку ожидаемых шумовых режимов на территориях жилой застройки населенных пунктов, прилегающих к автомобильным дорогам, проводят на основании расчета шумовой характеристики транспортного потока. Шумовой характеристикой потока является эквивалентный и/или максимальный уровень звука, определяемый расчетным путем в зависимости от интенсивности движения проектируемой дороги, доли грузового и

⁷ ГОСТ 32836-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Изыскания автомобильных дорог. Общие требования. – М.; Стандартинформ, 2014. – 103 с.

общественного транспорта в потоке, средней скорости потока. Для повышения точности расчетов вводятся поправки, учитывающие дорожные условия и тип застройки⁸.

На стадии проекта строительства автомобильной дороги шумовая характеристика транспортного потока рассчитывается в виде ожидаемого эквивалентного уровня звука ($L_{\text{АЭКВ ОЖ}}$)⁵.

$$L_{\text{АЭКВ ОЖ}} = L_{\text{АТр}} \pm \Delta A_{\text{Гр}} \pm \Delta A_{\text{Х}} \pm \Delta A_{\text{З}},$$

где $L_{\text{АТр}}$ – эквивалентный уровень звука, определяемый в зависимости от интенсивности движения автомобильного транспорта, дБА; $\Delta A_{\text{Гр}}$ – поправка, учитывающая влияние доли грузовых автомобилей (грузоподъемностью более 3,5 т) и автобусов в рассматриваемом транспортном потоке, дБА; $\Delta A_{\text{Х}}$ – сумма поправок, учитывающая дорожные условия (продольный уклон, ширина разделительной полосы, число полос движения, тип покрытия, наличие и тип пересечений, примыканий), дБА; $\Delta A_{\text{З}}$ – сумма поправок, учитывающая тип застройки (двухсторонняя, односторонняя, разрывы между зданиями), дБА.

$$L_{\text{АТр}} = 9,51 \lg N_{\text{сут}} + 12,64 \lg V + 7,981 \lg(1 + \rho) + 11,39,$$

где $N_{\text{сут}}$ – прогнозируемая интенсивность движения транспортного потока, ед./ч; V – прогнозируемая средняя скорость движения транспортного потока, км/ч; ρ – прогнозируемая доля грузовых автомобилей и общественных транспортных средств в потоке, %.

На территории, примыкающей к жилым зданиям и зданиям общественного назначения $L_{\text{АЭКВ ОЖ}}$ не должен превышать допустимый по санитарным нормам уровень ($L_{\text{АЭКВ max}}$): с 7⁰⁰ до 23⁰⁰ ч. – 65 дБА, с 23⁰⁰ до 7⁰⁰ ч. – 55 дБА⁴.

В случае превышения $L_{\text{АЭКВ ОЖ}}$ над $L_{\text{АЭКВ доп}}$ в проектах на строительство автомобильных дорог необходима разработка мероприятий, направленных на снижение транспортного шума на пути его распространения от автомобильных дорог на территорию населенного пункта.

$$\Delta L_{\text{АЭКВ}} = L_{\text{АЭКВ ОЖ}} - L_{\text{АЭКВ доп}},$$

где $\Delta L_{\text{АЭКВ}}$ – требуемое снижение уровня транспортного шума, дБА.

На основании $\Delta L_{\text{АЭКВ}}$ для открытой территории населенного пункта осуществляется подбор вариантов противозумных мероприятий с необходимыми параметрами и конструкциями.

Проектирование сооружений, снижающих автотранспортный шум следует проводить при расчетной перспективной интенсивности движения более 3 тыс. авт./сутки или числе жителей населенного пункта, попадающих в зону акустического дискомфорта, более 200 чел.⁴

Для проведения эколого-экономической оценки подбор вариантов противозумных мероприятий из числа наиболее эффективных и реализуемых в заданные сроки можно осуществлять, принимая во внимание данные отечественных и зарубежных научных исследований (табл. 1).

Для создания благоприятных акустических условий на рассматриваемой территории иногда сложно подобрать один какой-либо вариант, рекомендованный ОДМ 218.2.013-2011⁴, мероприятия. При такой ситуации возможно применение комбинации вариантов, которая должна обеспечить требуемое снижение уровня транспортного шума, выгодные затраты и условия их реализации.

⁸ ГОСТ 20444-2014 Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики (Переиздание). – М.; Стандартинформ, 2019. – 22 с.

Таблица 1

Ориентировочная оценка эффективности мероприятий, направленных на снижение транспортного шума на территории населенного пункта [4; 9; 10]

Мероприятие	Возможное снижение шума, дБА*
1. Посадка полос плотной посадки шириной 10–20 м из одного-пяти рядов деревьев и кустарников	7–19
2. Увеличение радиуса кривой в плане	до 6
3. Плавное (за счет обеспечения соответствующих расстояний между участками ограничения скорости) снижение высоких скоростей вдвое	до 5
4. Запрещение проезда грузовых автомобилей в ночное время	до 7
5. Строительство малошумных покрытий из пористых асфальтобетонных смесей по сравнению с плотными асфальтобетонными покрытиями	3–8
6. Устройство выемок с крутыми откосами	до 15
7. Устройство земляных (грунтовых) валов при высоте конструкции над проезжей частью: - до 2 м; - до 15 м	до 5 до 15
8. Строительство акустических непрерывных экранов: - отражающих экранов (бетонных, светопрозрачных панелей); - экраны, в которых используются звукопоглощающие материалы	12–14 до 18
9. Строительство шумозащитных галерей при перекрытии проезжей части: – от 25 до 75 %; – 100 %	от 25 до 30 > 30
10. Строительство тоннелей	до нормативных значений

* *Примечание: заказчиком проекта при соответствующем обосновании могут быть установлены более низкие величины допустимого шума*

В нашей работе выбор варианта противозумного мероприятия из всех возможных предлагается осуществлять на основании показателя дисконтированных затрат. Этот показатель используется при сравнении вариантов, с различными по величине затратами, но обеспечивающих достижение равного качества окружающей среды и тождественности социально-экономических результатов в границе территории населенного пункта, на которую распространяется негативное воздействие от автомобильной дороги. Главным условием применения этого метода является сравнимость показателей, поддающихся количественной оценке. Экологический же эффект практически невозможно денежно измерить, поэтому эффективность вариантов мероприятий будет оцениваться значением дисконтированных затрат в рамках проекта и натуральным показателем ожидаемого снижения транспортного шума⁹.

Продолжительность периода для расчета дисконтированных затрат принимаем с учетом максимального срока службы объекта проектного решения из всех вариантов.

В состав затрат вариантов включаются капитальные вложения и текущие эксплуатационные расходы. Величина капитальных вложений зависит от стоимости освоения новых земель взамен изымаемых под строительство, сметной стоимости строительно-монтажных работ, затрат на приобретение машин и механизмов для содержания шумозащитных объектов, прочих капитальных затрат, необходимых на проведение шумозащитных мероприятий.

⁹ ОДМ 218.011-98 Методические рекомендации по озеленению автомобильных дорог / утв. приказом ФДС России от 05.11.98 г. № 421. ОДМ 218.011-98 Методические рекомендации по озеленению автомобильных дорог / утв. приказом ФДС России от 05.11.98 г. № 421.

В случае, когда для всех сравниваемых вариантов мероприятий сохраняются одинаковыми план дороги, продольный и поперечные профили, решения по организации движения в целях сокращения расчетов учитывается только сметная стоимость строительно-монтажных работ.

Ежегодные текущие эксплуатационные расходы рассчитываем через сметную стоимость работ, необходимых при эксплуатации объекта шумозащитного мероприятия.

При разработке природоохранных мероприятий ввиду их долговременного характера большое значение придается учету фактора времени. Учет разновременности затрат, производимых в периоды строительства и эксплуатации дороги, осуществляется путем дисконтирования – приведения капитальных и текущих затрат к единому моменту времени. В нашей работе это год окончания строительства объекта.

$$ДЗ_i = K_i + \sum_{t=1}^T \frac{ЭP_{ti}}{(1+E)^t}, \quad (1)$$

где $ДЗ_i$ – величина дисконтированных затрат по i -му варианту; K_i – капитальные вложения в реализацию i -го варианта противозумного мероприятия, тыс. р.; $ЭP_{ti}$ – эксплуатационные расходы в год t по i -му варианту противозумного мероприятия, тыс. р.; E – норма дисконта, предусматривающая учет инфляции (принимается согласно ставки для социальных проектов 3–7 %) [11]; T – продолжительность периода расчета, годы.

Основным показателем для выбора в проекте оптимального варианта противозумного мероприятия будет являться критерий минимума дисконтированных затрат (капитальных вложений и эксплуатационных расходов) при достижении обозначенной цели – снижение в населенном пункте уровня транспортного шума ниже утвержденных санитарными нормами пределов.

Пример применения предлагаемой методики

В качестве примера применения методики предлагается определить наиболее оптимальный вариант сооружения для защиты небольшого населенного пункта от шума, вызываемого транспортными средствами, движущимися по автомобильной дороге.

Рассматриваемый участок автомобильной дороги III технической категории протяженностью 1167 м проходит в границах земель муниципальной собственности села Каменка. Других жилых территорий в полосе 200 м вдоль рассматриваемого участка дороги нет. Численность проживающего в селе населения на 2010 г. составляла 690 человек.

Интенсивность движения на рассматриваемом участке дороги за предыдущий период и с учетом прогнозируемого роста численности транспортного потока представлен на рис. 2. Ночная интенсивность составляет 20 % от средней интенсивности движения.

В качестве границ земельных участков односторонней жилой застройки принималось расположение первого эшелона жилых зданий, представляющих собой одноэтажные деревянные дома деревенского типа. Минимальное расстояние от обочины существующей дороги до границы земельных участков жилой застройки – 28,5 м. Для данной категории дороги минимальное расстояние от края проезжей части до территории, требующей защиты от транспортного шума, согласно ОДМ 218.2.013-2011 должно составлять 2000 м.

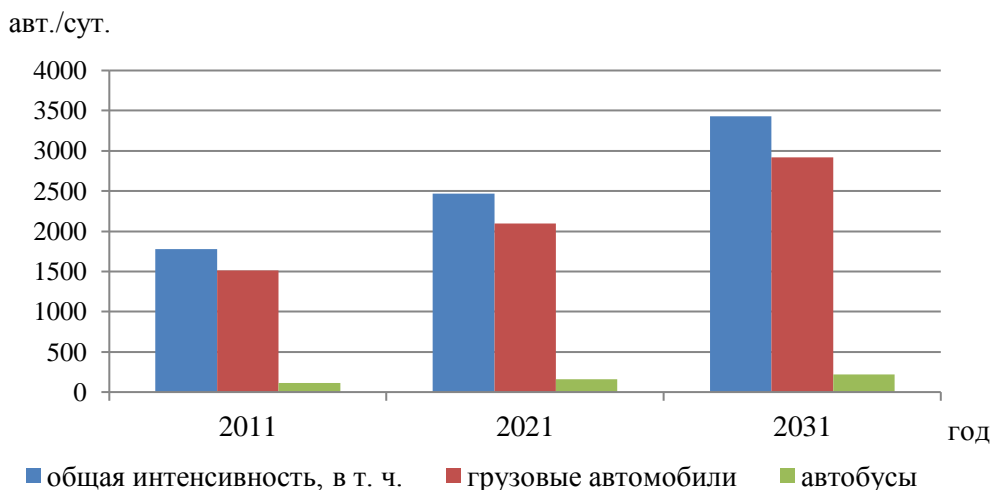


Рисунок 2. Интенсивность движения на рассматриваемом участке дороги (разработано автором)

Уровень шума в каждой расчетной точке пространства определялся как энергетическая сумма уровней звука, обусловленных шумоизлучением в зависимости:

- от шумовой характеристики транспортного потока на рассматриваемом участке дороги;
- затухания звука с расстоянием между расчетной точкой и источником шума;
- дифракции звука препятствиями с учетом частотных свойств звуковой волны;
- отражения звука от жилых зданий, поверхностью земли и т. п. с учетом отражающей способности поверхностей.

Результаты расчета шумовых характеристик транспортного потока на проектируемом участке магистрали и расстояния достижения нормативных значений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Шумовая характеристика транспортного потока в дневное и ночное время

Период времени суток	Эквивалентный уровень шума при скорости движения 80 км/ч, дБА	Расстояние достижения нормы, м	Нормируемый эквивалентный уровень шума на территории жилой застройки, дБА	Превышение нормируемого уровня шума, дБА
7 ⁰⁰ –23 ⁰⁰	73,3	100	55	18,3
23 ⁰⁰ –7 ⁰⁰	65,3	170	45	20,3

По результатам, представленным в табл. 2, установлено, что шумовое загрязнение на территории населенного пункта в настоящее время превышает нормируемые значения в дневное время на 33 %, ночное – на 45 %. Если не предпринимать меры по снижению транспортного шума, то к 2031 г. при предполагаемом ежегодном росте интенсивности движения автотранспортных средств негативное воздействие будет только возрастать. В связи с этим, возникает необходимость в разработке шумозащитных мероприятий.

При проложении дороги вблизи села Каменка в свое время не были использованы элементы рельефа в качестве естественных преград на пути распространения шума. Поэтому в качестве шумозащиты жилой территории с учетом ориентировочных средних данных табл. 1, были выбраны следующие комбинированные мероприятия:

- вариант 1 – строительство малошумного асфальтобетонного покрытия и акустического экрана-стенки (ориентировочно предполагается, что снижение транспортного шума в ночное время будет достигать 24 дБА);
- вариант 2 – устройство дороги в выемке (заглубление дороги относительно общего уровня поверхности прилегающей территории) с экраном-стенкой на бровке откоса (ориентировочное снижение транспортного шума в ночное время – 25 дБА);
- вариант 3 – устройство грунтового вала с посадкой зеленых насаждений (ориентировочное снижение транспортного шума в ночное время – 23 дБА);
- вариант 4 – увеличение расстояния между источником шума и жилой застройкой за счет реконструкции участка дороги, прилегающей к населенному пункту – назначения большего радиуса кривой в плане (ориентировочное снижение транспортного шума в ночное время – 22 дБА).

Для выбранных вариантов произведен расчет относительного снижения уровня звука и уточнены их размерные параметры сооружений. Намечаемые шумозащитные мероприятия должны обеспечить достижение нормативных значений в ночное время, а значит и дневная норма по шуму также будет обеспечена.

Конструкции противозумных сооружений назначены с учетом их размеров (протяженности и высоты), климатических параметров, возможности отвода земли под сооружение, наличия местных материалов.

При выборе конструкции экрана-стенки учитывалась его поверхностная плотность, рассчитывалась, согласно СП 276.1325800.2016 основная длина и длина боковых отгонов, высота экрана.

Капитальные вложения для каждого варианта шумозащитного мероприятия определялись по укрупненным показателям сметной стоимости строительства в текущих ценах (табл. 3).

Капитальные вложения по варианту 1 определялись по стоимости подготовительных (разбивка осей сооружения), строительных работ, включающих разборку существующего асфальтобетонного покрытия и устройство нового слоя из щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси, а также установки экрана-стенки на свайном фундаменте. Стоимость работ по бурению скважин, забивке свай определялась с применением расценок ТЕР-2001 сборника 5, по монтажу экрана – сборника 7. Акустическим расчетом установлена эффективная высота экрана – 4 м, длина экрана – 410 м. Расстояние между колоннами – 3,5 м.

Капитальные вложения по варианту 2 включают стоимость разбивки осей сооружения, разборки существующей дорожной одежды, земляного полотна, плавной срезки грунта на участке 620 м на глубину 1,2 м, вывозки грунта, укрепления пологих (1:5) откосов выемки, устройство дорожной одежды, а также установки на обресе выемки экрана-стенки на свайном фундаменте. Стоимость работ по установке экрана для этого варианта определялась аналогично стоимости варианта 1. Эквивалентная высота экрана – 3 м, длина экрана – 410 м. Расстояние между колоннами – 4 м.

Капитальные вложения по варианту 3 включают стоимость оформления отвода земли на участке 620 м, разбивки осей сооружения, снятия растительного слоя, возведения грунтового вала трапецеидального очертания (разработка в карьере грунта экскаватором, транспортировка, уплотнение грунта, планировка откосов насыпи), укрепления откосов засевом трав и озеленения откосов грунтового вала (транспортировка, раскладка посадочного материала) [12].

Внутренний откос принят 1:1,5, внешний – 1:1,75. Ширина нижней части вала – 11,75 м, верхней части – 1 м. Эквивалентная высота грунтового вала – 3 м.

Проектирование шумозащитного озеленения осуществлялось с учетом специфики условий внешней среды (сезонности, температурных и грунтовых условий: влажности, прочности, параметров площадки, объемов и характера посадок). Посадка зеленых насаждений предусматривается ярусами: 1-й ярус – специальная древесно-кустарниковая растительность крупномерных быстрорастущих пород до 2 м, 2-й – насаждения высотой до 8 м. Период формирования кустарников составляет 2–3 года. Посадка – шахматная. Расстояние между деревьями до 4 м.

Капитальные вложения по варианту 4 определялись по стоимости подготовительных работ (оформление полосы отвода, разбивка осей сооружения, расчистка полосы отвода), строительных работ (разборка существующего земляного полотна, дорожной одежды и строительство нового участка дороги). Радиус кривой в плане принят 1000 м. Удаленность реконструируемого участка от жилой застройки увеличилась на 204 м.

Таблица 3

Состав затрат сравниваемых вариантов противошумных мероприятий

№ варианта	Капитальные вложения в текущих ценах, тыс. р.			Ежегодные эксплуатационные расходы*, тыс. р.
	стоимость строительных работ с учетом стоимости материалов	стоимость монтажных работ	прочие затраты	
1	48 370,50	4 392,0	21,69	1 055,25
2	46 745,31	3 294,0	21,69	1 000,79
3	13 155,46	–	30,71	85,20
4	49 511,05	–	2 125,00	585,70

* *Примечание: величина затрат соответствует только затратам на содержание объекта*

Эксплуатационные расходы в нашей работе рассчитывались с учетом особенностей проектируемого варианта шумозащитного мероприятия. В расчетах для вариантов 1–3 не учитывались эксплуатационные затраты на ремонт и содержание рассматриваемого участка автомобильной дороги в виду их равнозначности.

В состав эксплуатационных расходов при реализации мероприятий по варианту 1 и 2 включены затраты по текущему ремонту конструкции экрана-стенки, включая затраты на проведение аварийных ремонтных работ и затрат по его содержанию. Виды работ по содержанию конструктивных элементов шумозащитных экранов определены приказом Минтранса России от 01.11.2007 г. № 157 «О реализации Постановления Правительства РФ от 23.08.2007 г. № 539 «О нормативах денежных затрат на содержание и ремонт автомобильных дорог федерального значения и правилах их расчета».

В табл. 4 приведены виды работ по содержанию шумозащитного экрана-стенки и периодичность их проведения.

Таблица 4

Периодичность проведения работ по содержанию шумозащитного экрана-стенки

Работа	Периодичность
Мойка экрана, построенного на территории Дальневосточного федерального округа	семь раз в год
Окраска отдельных элементов	один раз в год
Устранение мелких повреждений по результатам регулярных проверок	один раз в год
Уборка снега вдоль экрана	по мере накопления снежных масс
Покос травы вдоль акустического экрана	по мере разрастания травы

В состав эксплуатационных расходов для варианта 3 включены затраты по уходу за посадками, рубке, обрезке веток для обеспечения видимости на дороге, уборке сухостоя, защите лесопосадок от пожаров; борьбе с вредителями и болезнями растений. В нашей работе ежегодные затраты по содержанию и уходу зеленых насаждений грунтового вала рассчитаны, согласно рекомендациям ОДМ 218.2.013-2011 по табл. 9.1.

Эксплуатационные расходы при реализации мероприятий вариантов 1 и 2 требуются ежегодно, расходы варианта 3 учитывались только в первом периоде (процессе роста и развития насаждений в течение 4-х лет).

Затраты на содержание дороги по варианту 4 требуются ежегодно, на проведение ремонта – только в год его проведения (межремонтный срок для II дорожно-климатической зоны составляет 4 года).

Дисконтированные затраты для четырех сравниваемых вариантов мероприятий были определены в течение периода расчета, включающего год строительства и 15 лет эксплуатации шумозащитного сооружения. Продолжительность расчетного периода назначена с учетом срока службы дороги (до капитального ремонта), а также срока сохранения акустических свойств экрана-стенки, заявленных производителем изделия.

Определение суммарных дисконтированных затрат за расчетный период для вариантов 3 и 4 представлено в табл. 5 и 6.

Таблица 5

Определение дисконтированных затрат по варианту 3

Год	Капитальные вложения, тыс. р.	Эксплуатационные расходы, тыс. р.		Коэффициент дисконтирования, α_t ($E = 7\%$)	Дисконтированные затраты, тыс. р.
		на содержание	ремонт		
0	13 186,17			1,000	13 186,17
1		85,2	–	0,935	13 271,37
2		85,2	–	0,873	13 356,57
3		85,2	–	0,816	13 441,77
4		85,2	–	0,763	13 526,97
5		–	–	0,713	13 526,97
6		–	–	0,666	13 526,97
7		–	–	0,622	13 526,97
8		–	–	0,582	13 526,97
9		–	–	0,544	13 526,97
10		–	–	0,508	13 526,97
11		–	–	0,475	13 526,97
12		–	–	0,444	13 526,97
13		–	–	0,415	13 526,97
14		–	–	0,388	13 526,97
15		–	–	0,362	13 526,97

Составлено автором

Таблица 6

Определение дисконтированных затрат по варианту 4

Год	Капитальные вложения, тыс. р.	Эксплуатационные расходы, тыс. р.		Коэффициент дисконтирования, α_t ($E = 7\%$)	Дисконтированные затраты, тыс. р.
		на содержание	ремонт		
0	51 636,05			1,000	51 636,05
1		585,7	–	0,935	52 221,75
2		585,7	–	0,873	52 807,45
3		585,7	–	0,816	53 393,15
4		585,7	–	0,763	53 978,85

Год	Капитальные вложения, тыс. р.	Эксплуатационные расходы, тыс. р.		Коэффициент дисконтирования, α_t (E = 7 %)	Дисконтированные затраты, тыс. р.
		на содержание	ремонт		
5		585,7	5 528	0,713	58 503,96
6		585,7	–	0,666	59 089,66
7		585,7	–	0,622	59 675,36
8		585,7	–	0,582	60 261,06
9		585,7	–	0,544	60 846,76
10		585,7	5 528	0,508	64 241,20
11		585,7	–	0,475	64 826,90
12		585,7	–	0,444	65 412,60
13		585,7	–	0,415	65 998,30
14		585,7	–	0,388	66 584,00
15		585,7	–	0,362	67 169,70

Составлено автором

Аналогично, но с учетом периодичности проведения мероприятий по содержанию объектов шумозащиты, были рассчитаны дисконтированные затраты для вариантов 1 и 2.

Наглядное сравнение капитальных вложений, эксплуатационных расходов и дисконтированных затрат всех заявленных вариантов представлено на рис. 3–5.

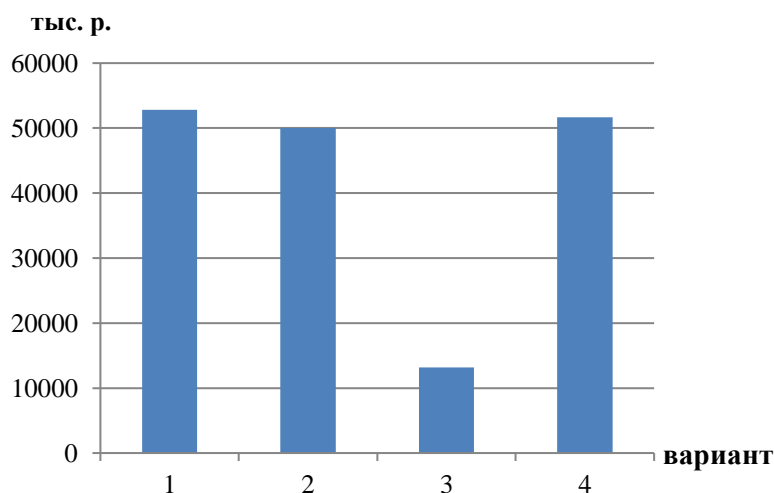


Рисунок 3. Капитальные вложения вариантов шумозащитных мероприятий

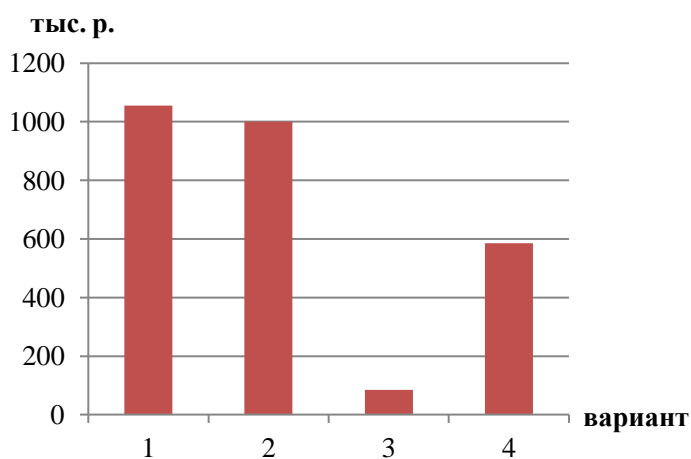


Рисунок 4. Эксплуатационные расходы вариантов шумозащитных мероприятий

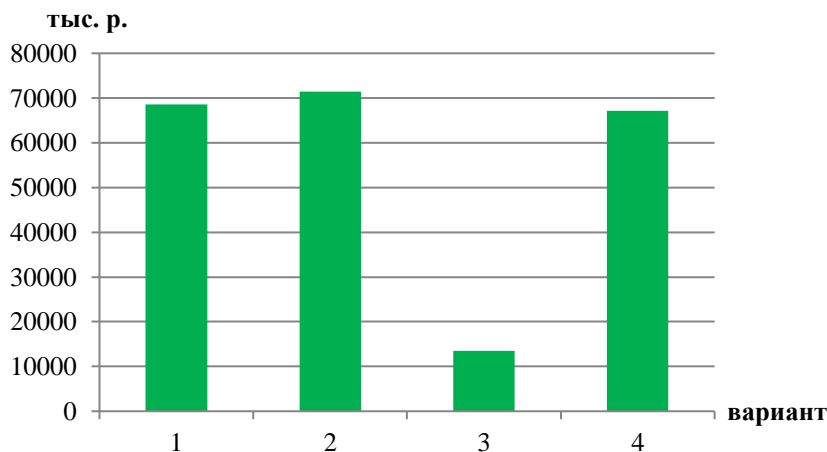


Рисунок 5. Дисконтированные затраты вариантов шумозащитных мероприятий

Результаты исследования

На основе выбранных конструкций вариантов сооружений была установлена возможность обеспечения требуемого снижения шума на территории рассматриваемого населенного пункта. Все предложенные мероприятия с учетом прогнозируемого уровня автомобилизации позволяют снизить уровень транспортного шума до 41–44 дБА, что на 1–4 дБА ниже установленных норм в ночное время. Но при этом величина суммарных дисконтированных затрат варианта 3 – «устройство на полосе отвода дороги грунтового вала с посадкой зеленых насаждений» значительно меньше остальных вариантов шумозащитных мероприятий.

Таким образом, оптимальным вариантом из четырех рассматриваемых шумозащитных мероприятий признается вариант 3, который соответствует строительным нормам и правилам, гарантирует допустимый уровень транспортного шума в населенном пункте, имеет минимальные капитальные вложения и потребует незначительных ежегодных расходов при содержании грунтового вала. Но следует отметить, что определяющими факторами при назначении к проектированию такого решения является наличие свободного места и возможность удачного вписывания в ландшафт грунтового вала.

Предлагаемую методику выбора оптимального варианта шумозащитного мероприятия на основе сравнения дисконтированных затрат можно применять на начальном этапе проектирования и для таких строительно-акустических мероприятий, как возведение подпорных стен при расположении автомобильной дороги в выемке; строительства галерей, тоннельных перекрытий, эстакад; уменьшение продольных уклонов и увеличение радиусов кривых автомобильной дороги. Использование показателя дисконтированных затрат в таких случаях будет оправдано, поскольку с его помощью преследуется единая цель – получить заданный экологический эффект при учете всех затрат на реализацию проектного решения, осуществляемых в различные временные периоды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евгенийев И.Е. Автомобильные дороги и окружающая среда / И.Е. Евгенийев, Б.Р. Каримов. – М.: ООО «Трансдор-наука», 1997. 285 с.
2. Нечитайло Н.А., Пирих А.Ю. Принципы проектирования экологически безопасных автомобильных дорог // Вестник ХНАДУ. 2010. № 48 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsiyu-proektirovaniya-ekologicheski-bezopasnyh-avtomobilnyh-dorog> (дата обращения: 17.10.2018).

3. Поспелов, П.И. Борьба с шумом на автомобильных дорогах / П.И. Поспелов. – М.: Транспорт. 1981. 88 с.
4. Медведева О.Е., Артеменков А.И., Медведев П.В. Проблемы применяемой в России методической базы оценки экологического ущерба и пути их решения на примере методики оценки проектного ущерба при строительстве автомобильных дорог // Вопросы оценки. 2015. № 3(81). С. 2–14.
5. Макарова И.В., Маврин В.Г., Магдин К.А. Влияние шумового загрязнения автомобильного транспорта на состояние окружающей среды урбанизированных территорий // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. 2018. № 2(78). С. 13–24.
6. Ганжа О.А., Соловьева Т.В. Применение метода главных компонент к описанию экологических процессов по регулированию качества городской среды // Вестник Волгogr. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2008. Вып. 11(30). С. 158–162. URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/5GanzhaSoloveva-2015_1\(37\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/5GanzhaSoloveva-2015_1(37).pdf) (дата обращения 29.11.2020).
7. Иванова, А.С., Бечина Д.Н. Экологическое обоснование зеленых насаждений в снижении шума // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2015. Вып. 1(37). www.vestnik.vgasu.ru. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskoe-obosnovanie-zelenyh-nasazhdeniy-v-snizhenii-shuma>. (дата обращения 30.11.2020).
8. Крикун С.Н. Исследование транспортного шума и транспортно-эксплуатационных качеств дорог в Магадане // Качество и жизнь. 2018. № 1(17). С. 66–70. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32879843>. (дата обращения 18.11.2020).
9. Васинева М.В., Ефремова В.Н., Гераськина Т.В. Проектно-конструкторские решения для защиты населения от шума // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 109. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektno-konstruktorskie-resheniya-dlya-zaschity-naseleniya-ot-shuma> (дата обращения 27.11.2020).
10. Иванов Н.И., Шашурин А.Е., Бойко Ю.С. Влияние материала на акустическую эффективность шумозащитных экранов // Noise Theory and Practice/ 2016. № 4 (6). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-materiala-na-akusticheskuyu-effektivnost-shumozaschitnyh-ekranov> (дата обращения 27.11.2020).
11. Nicolas Pignier. The impact of traffic noise on economy and environment: a short literature study // KTH Royal institute of technology. 2015. P. 17.
12. Tracy K. Swinburn, Monica S. Hammer, Richard L. Neitzel. An Economic Assessment of U.S. Environmental Noise as a Cardiovascular Health Hazard // American Journal of Preventive Medicine (September 49–3, 2015). P. 345–353.
13. Артеменков А.И., Медведева О.Е., Медведев П.В., Трофименко Ю.В. Оценка общественной (эколого-экономической) эффективности транспортных проектов в России // Финансы: теория и практика. 2015. № 4(88). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-obschestvennoy-ekologo-ekonomicheskoy-effektivnosti-transportnyh-proektov-v-rossii> (дата обращения 02.12.2020).
14. Сергеева Н.Д., Цыганков В.В., Абраменков С.А. Новые подходы к организации строительства объектов шумозащитного примагистрального озеленения // Вестник МГЭИ. 2018. № 2 С. 65–74. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35563793>. (дата обращения 27.11.2020).

Krivko Elena Valerievna

Pacific state university, Khabarovsk, Russia

E-mail: krivkoeva@mail.ru

РИИЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1009385

Methodological foundations for designing the optimal event to protect settlements from traffic noise

Abstract. Construction of new and reconstruction of existing highways, their operation and road transport is one of the indicators of the socio-economic development of Russian regions. At the same time, the development of the transport complex, one of the largest potential sources of various pollution, exacerbates the already ecological situation in the country. The low level of ecological safety of roads is associated in the public consciousness with the deterioration of the habitat of the local population. Traffic noise is one of the main reasons for the ill health of people inhabiting the areas adjacent to the road.

In this situation, environmental protection should take a significant position among the priorities of the road sector policy. To reduce the negative impact of noise in the face of an increase in the number of vehicles on the basis of increasing environmental requirements for the construction and operation of highways, it is necessary to implement various noise protection measures in populated areas. The impact of traffic noise should be detected at the stage of project preparation and taken into account during its implementation.

Not only the state of the environment depends on the degree of validity of the applied design solutions, but also the amount of future socially necessary costs for eliminating the negative consequences arising from noise discomfort. The absence of such a justification leads to the irrational use of the already limited budgetary funds. At the same time, it is important that road builders and scientists jointly deal with the problem of reducing the level of traffic noise, seeking to improve the habitat on roadside territories.

The proposed methodology is based on the choice of the optimal variant of noise protection measures according to the criterion of the minimum discounted costs – costs determined taking into account the time factor. Estimated costs are determined at various stages of the project implementation and taking into account the frequency of their spending. The use of the discounted cost indicator is effective for choosing the economically best environmental protection measure when comparing options that ensure the achievement of the same environmental quality within the boundaries of the territory covered by the environmental protection measure.

The proposed methodology is a further development of research directions in the framework of environmental and economic assessment of road projects.

Keywords: road construction, environmental safety, traffic noise, noise protection measures, capital investments, operating costs, calculation duration, discounted costs

REFERENCES

1. Evgeniev I.E. Roads and the environment / I.E. Evgeniev, B.R. Karimov. – M.: ООО «Transdor-science». 1997. 285 p.
2. Nechitailo N.A., Pirikh A.Yu. Design principles of environmentally friendly highways // Bulletin of KhNADU. 2010; 48; 126–130. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsiy-proektirovaniya-ekologicheski-bezopasnyh-avtomobilnyh-dorog>. – October 17, 2018.

3. Pospelov, P.I. Struggle with noise on highways / P.I. Pospelov. – M.: Transport. 1981. 88 p.
4. Medvedeva O.E., Artemenkov A.I., Medvedev P.V. Problems of the methodological framework for assessing environmental damage used in Russia and ways to solve them on the example of the methodology for assessing project damage during the construction of highways // Issues of assessment. 2015 (81); 3; 2–14.
5. Makarova I.V., Mavrin V.G., Magdin K.A. Influence of noise pollution of road transport on the state of the environment in urbanized territories // Socio-economic and technical systems: research, design, optimization. 2018 (78); 2; 13–24.
6. Ganzha O.A., Solovieva T.V. Application of the method of principal components to the description of ecological processes to regulate the quality of the urban environment // Vestnik Volgogr. state architect-build un-that. Ser.: Building and architect. 2008 (30); 11; 158–162. URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/5GanzhaSoloveva-2015_1\(37\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/5GanzhaSoloveva-2015_1(37).pdf). – November 29, 2020.
7. Ivanova, A.S., Bechina D.N. Ecological substantiation of green spaces in noise reduction // Internet Bulletin of VolgGASU. Ser.: Polythematic. 2015 (37); 1. www.vestnik.vgasu.ru. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskoe-obosnovanie-zelenyh-nasazhdeniy-v-snizhenii-shuma>. – November 30, 2020.
8. Krikun S.N. Research of traffic noise and transport and operational qualities of roads in Magadan // Quality and life. 2018 (17); 1; 66–70. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskoe-obosnovanie-zelenyh-nasazhdeniy-v-snizhenii-shuma>. – November 18, 2020.
9. Vasineva M.V., Efremova V.N., Geraskina T.V. Design and engineering solutions to protect the population from noise // Scientific journal of the KubGAU. 2015; 109; 183–194. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektno-konstruktorskie-resheniya-dlya-zaschity-naseleniya-ot-shuma>. – November 27, 2020.
10. Ivanov N.I., Shashurin A.E., Boyko Yu.S. Influence of the material on the acoustic efficiency of noise protection screens // Noise Theory and Practice. 2016 (6); 4; 24–28. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-materiala-na-akusticheskuyu-effektivnost-shumozaschitnyh-ekranov>. – November 27, 2020.
11. Nicolas Pignier. The impact of traffic noise on economy and environment: a short literature study // KTH Royal institute of technology. 2015; 17.
12. Tracy K. Swinburn, Monica S. Hammer, Richard L. Neitzel. An Economic Assessment of U.S. Environmental Noise as a Cardiovascular Health Hazard // American Journal of Preventive Medicine (September 49–3, 2015); 2015; 345–353.
13. Artemenkov A.I., Medvedeva O.E., Medvedev P.V., Trofimenko Yu.V. Assessment of the public (ecological and economic) efficiency of transport projects in Russia // Finance: theory and practice. 2015 (88); 4; 56–68. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-obschestvennoy-ekologo-ekonomicheskoy-effektivnosti-transportnyh-proektov-v-rossii> – Desember 02, 2020.
14. Sergeeva N.D., Tsygankov V.V., Abramnikov S.A. New approaches to the organization of construction of objects of noise-protective near-highway landscaping // Vestnik MGEI. 2018; 2; 65–74. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35563793>. – November 27, 2020.