



УДК 504.5
ББК 20.1

ПРИМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОБЪЕКТАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

А.А. Матвеева

Автором статьи проведены исследования защитных лесных насаждений, расположенных вдоль Приволжской железной дороги, выявлена их экологическая роль в снижении шумового загрязнения. Дан сравнительный анализ степени эффективности уменьшения акустического дискомфорта биологическими (защитные лесные насаждения) и механическими (шумозащитные экраны) барьерами с указанием их преимуществ и недостатков.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, шумовое воздействие, акустические экраны, агролесомелиорация, защитные лесные насаждения вдоль железных дорог.

Транспортный шум как фактор, неблагоприятно воздействующий на городскую среду, можно рассматривать в двух физических аспектах: с одной стороны, шумность источника, то есть весь комплекс конструктивно-технологических процессов и систем управления транспортными средствами; с другой – территории с акустической дискомфортом.

Основным источником шума является подвижной состав. Шум локомотивов обусловлен работой вентиляторов, компрессоров, генераторов, тяговых двигателей, моторных вагонов электропоездов, мотор-компрессоров и тяговых

двигателей. Он вызывается также ударами колес о стыки рельсов, стуком автосцепки, дребезжанием и стуком тормозных тяг и колодок, торможением. На предприятиях железнодорожного транспорта шум возникает при работе различных механизмов и оборудования, вентиляции. Источниками интенсивного шума на станциях являются процессы маневровой работы, компрессоры, обдувка стрелок, громкоговорящая связь, краны и т. д. [11, с. 144].

Однако акустические волны от источника шума распространяются в обе стороны от железнодорожного полотна в приземном слое атмосферы. Интервалы интенсивности шума, уменьшающиеся по мере удаления от пути, указаны в таблице 1.

Как видно из данных таблицы 1, интенсивность шума уменьшается пропорциональ-

Таблица 1

**Интервалы средней интенсивности шума
на различном расстоянии от железнодорожного полотна, дБ ***

Источник шума	Расстояние от железнодорожного полотна, м				
	10–15	40	60	80	100
Пассажирский поезд	91–100	82–86	80–85	77–83	72–79
Грузовой поезд	91–100	97–90	83–89	80–88	77–86
Пригородный электропоезд	91–100	80–82	79–80	77–83	79

* Источник: [18].

но увеличению расстояния от железнодорожного полотна. Зависимость интенсивности шума от категории источника шума очевидна: грузовой поезд создает больший акустический дискомфорт, чем пассажирский и пригородный.

Разными исследователями были получены характеристики шумов всех категорий поездов в зависимости от скорости и интенсивности их движения, данные по шуму грузовых дворов и станций, депо, тяговых подстанций и других объектов железнодорожного транспорта.

Шум поезда складывается из шума локомотива и вагонов. При работе тепловозов наибольший шум отмечается у выпускной трубы двигателя, где уровни звукового давления достигают 100–110 дБ. Даже на расстоянии 30 м от оси крайнего пути наружный шум тепловоза составляет 83–89 дБ, при увеличении же скорости поезда на 1 км/ч шум возрастает для грузовых поездов на 0,3 дБ, а пассажирских – на 0,37 дБ [9, с. 16; 19, с. 15].

Интенсивность шума при движении поездов, работе сортировочных станций, компрессоров и другого оборудования железнодорожных предприятий достигает 90–100 дБ и более, что значительно превышает допустимые уровни для производственных (50–80 дБ) и жилых (30–50 дБ) помещений и неблагоприятно отражается на пассажирах и работниках железнодорожного транспорта [4, с. 106; 10, с. 22].

Исследование генерирования и способов уменьшения шума от движущегося подвижного состава имеет большое значение в решении проблемы защиты окружающей среды. Одним из важнейших компонентов системы регулирования условий и качества среды является защитное лесоразведение. Защитные насаждения являются неотъемлемой подсистемой как городских искусственных, так и природных ландшафтов [3].

Как известно, защитные насаждения вдоль линий железных дорог – естественный и необходимый природный компонент окружающей среды. Если же рассматривать шум как отрицательное явление городской среды, то здесь выявляется особое назначение защитных насаждений – ограничение свободного распространения шума в пространстве города между источниками шума и объектом защиты – жилыми территориями, то есть

уменьшение шума и трансформация его частных характеристик при прохождении через среду защитных насаждений.

Зеленая масса крон деревьев, состоящая из листвы различной конфигурации, плоскости и ориентации, представляет собой переменную контрастную среду, где непрерывно меняются местами непрозрачные и прозрачные элементы среды. Моделировать подобную среду чрезвычайно трудно, однако на уровне обобщенных представлений известных в акустике физических процессов, происходящих в данной среде, уже имеются некоторые теоретические разработки, по которым механизм снижения уровня шума зеленой массой листвы интерпретируется как физико-механический процесс.

Защитные лесные насаждения плотной посадки можно рассматривать как полупрозрачный экранирующий барьер на пути распространения звуковых волн, за которыми образуется звуковая тень. Следовательно, анализ акустического функционирования защитных насаждений на основе разработанных теоретических положений обусловил направление исследования – в первую очередь определение показателей снижения шума полосами защитных насаждений различного дендрологического состава и конструкции и в связи с этим их эффективности как средства шумозащиты.

Основные исследования шумозащитных свойств насаждений в различных аспектах, посвященные вопросу действия механизма снижения шума в зависимости от морфологических свойств древесно-кустарниковых пород, изложены в трудах советских и зарубежных авторов, таких как С.П. Алексеев, К. Эйринг, Ф. Майстер, В. Рурберг, Е. Садовский, П.И. Лешин, С.И. Крестьяшин, В. Ален и И. Гинзбург, В.А. Осин, Б.Г. Прутков, И.А. Шишкин, М.М. Болховитина [1; 2; 8; 15; 18].

Следует отметить, что в работах указанных авторов отсутствует единый подход к определению эффективности снижения шума лесными насаждениями, особенно к расчету ожидаемой эффективности снижения ими уровня шума. Анализ трудов данных авторов показал, что в основу предлагаемых методов расчета положен принцип распространения звуковой энергии в атмосфере, не учитывающий молекулярного поглощения, по которому

уменьшение силы звука обратно пропорционально квадрату расстояния, то есть 6 дБ на удвоенное расстояние от точечного источника и 3 дБ на удвоенное расстояние от линейного источника. Предлагаемые методы расчета включают также численные коэффициенты, характеризующие качественный состав защитных насаждений.

Ввиду отсутствия показателей снижения шума, выраженных в современных единицах дБ, и четких конструктивных и дендрологических характеристик, имеющих математическое выражение в формулах расчета, очередной задачей данного исследования было определение этих характеристик и изучение закономерностей, влияющих на снижение уровня шума полосами защитных насаждений.

В «Руководстве по учету в проектах планировки и застройки городов требований снижения уровней шума» (1983 г.) (далее – Руководство) указано, что посадка деревьев в полосе может быть рядовая или шахматная при расстоянии между деревьями не более 4 м, высоте деревьев не менее 5–8 м, а кустарника 1,5–2 м. При этом шахматная посадка является более эффективной для снижения уровня шума [16].

Данные по различию в шумогасящей способности хвойных и лиственных пород являются также противоречивыми. Согласно Руководству насаждения из хвойных пород по сравнению с лиственными более эффективны по шумозащите и не зависят от времени года. Но в городских условиях они растут плохо, поэтому их целесообразно объединять с лиственными породами. Однако высокий уровень техногенного акустического воздействия, превышающий ПДУ, отрицательно сказывается на самих растениях, и срок эксплуата-

ции защитных лесных насаждений в городской черте значительно ниже, чем в сельской местности.

Натурные наблюдения, проводимые на Приволжской железной дороге, подтвердили основные теоретические положения, выдвинутые автором: наибольший шумовой эффект при движении создают грузовые поезда (97 дБ), а наименьший – пригородные электропоезда (90 дБ). Интенсивность общего уровня шумового воздействия под влиянием защитных лесных насаждений при движении грузовых поездов снижается в среднем на 3,9 %, а при движении пригородных – на 2,5 % (см. табл. 2).

Таким образом, эффективность снижения шумового воздействия защитными насаждениями составляет 5–12 дБ.

Кроме естественного барьера снижения шумового загрязнения со стороны железнодорожного транспорта самым эффективным и компактным решением являются шумозащитные экраны.

Шумозащитные (или, как их иногда называют, акустические) экраны представляют собой сборно-разборную конструкцию, состоящую из опорных стоек и акустического полотна, в свою очередь представленного системой горизонтальных профилей и акустических панелей. По своим свойствам шумозащитные экраны могут быть как шумопоглощающими (непрозрачными), так и шумоотражающими (комбинированными).

В настоящее время накоплен большой практический опыт применения акустических экранов для снижения шума окружающей среды. В Японии, США, Германии, Италии и других странах установлены десятки тысяч километров экранов вдоль транспортных магистралей.

Таблица 2

Снижение интенсивности общего уровня шума под влиянием защитных лесных насаждений (в % относительно открытой территории) *

Расстояние от железнодорожного полотна, м	Категория железнодорожного транспорта	
	Грузовой поезд	Пригородный поезд
10–35	4,1–3,3	1,1–5,1
35–60	3,3–4,5	5,1–3,9
60–500	4,5–4,0	3,9–0

* Источник: [11; 12].

Акустические экраны работают на двух основных принципах акустической защиты: отражение и поглощение звука. Для них характерна дифракция звука, то есть огибание звука на верхнем и боковых ребрах экранов. Снижение шума экраном также зависит от длины и высоты экрана, расстояния от экрана до источника шума и защищаемого объекта, характеристик материала экрана, наличия звукопоглощающих (звукоотражающих) поверхностей. Эффективность экрана может достигать 12–16 дБ для вертикальных и Г-образных экранов и 10–12 дБ для технологических [17]. При проектировании экранов также должны быть рассмотрены факторы, не влияющие на эффект снижения шума экраном, но важные с точки зрения эксплуатации экрана – стоимость экрана, требования безопасности, эстетическое восприятие.

Все факторы, определяющие шумозащитную эффективность экранов, сложно учесть на основании той или иной теории [22]. В практических расчетах снижения шума для линейного источника частот используют график Маекавы. З. Маекава выполнил ряд экспериментальных исследований на моделях экранов. Его метод предполагает, что полубесконечный экран помещен в свободном пространстве, поэтому поверхность грунта игнорируется [21].

Е. Ратэ, исходя из результатов, полученных З. Маекавой, предложил величину снижения шума принимать постоянной и равной 5 дБ. Кроме того, по мнению ученого, при увеличении расстояния между источником шума и точкой расчета, кроме поглощения звука, возникающего в атмосфере, следует принимать во внимание влияние поверхности земли на снижение уровней звукового давления [22]. Экспериментальные данные Е. Ратэ можно использовать для прогнозирования снижения шума для линейных источников, в частности и железных дорог.

Для экспериментальной оценки эффективности акустических экранов разработаны ГОСТ 30690–2000 «Экраны акустические передвижные. Методы определения ослабления звука в условиях эксплуатации» [6] и ГОСТ 51943–2002 «Экраны акустические для защиты от шума транспорта. Методы экспериментальной оценки эффективности» [7].

Для определения эффективности экрана по ГОСТ 51943–2002 измеряются уровни звука (эквивалентные уровни звука или уровни звуко-

вого давления) до («без экрана») и после установки экрана («с экраном») в контрольной точке (у защищаемого объекта) и одновременно с этим в опорной точке (для контроля характеристик источника шума). При проведении испытаний «с экраном» и «без экрана» должны соблюдаться требования идентичности характеристик источника звука, рельефа местности и метеорологических условий.

При проектировании железных дорог вблизи населенных пунктов следует создавать вдоль трассы железной дороги акустические экраны, позволяющие снизить уровень шума. Например, можно расположить трассу в выемке, откосы которой будут выполнять роль естественного акустического шумопоглощающего экрана. При невозможности расположить трассу в выемке вдоль железнодорожного пути в районах жилой застройки приходится сооружать акустический (шумопоглощающий) экран, представляющий собой кирпичную кладку в кирпич под углом («елочка»). Такой экран, установленный на расстоянии 4,5 м от железнодорожного пути, высотой от 1,5 до 6 м и длиной не менее 600 м, снижает шум на 15 дБ.

Однако сплошная ограждающая стена вдоль железной дороги ухудшает ее эстетическое восприятие, поэтому возведение такой стены можно рассматривать как вынужденную меру в сложных условиях районов плотной застройки. Изгороди, деревья и другие посадки приводят к аналогичному эффекту при достаточной ширине посадок. В соответствии с расчетами полоса отвода зеленых насаждений шириной 50 м снижает уровень шума на 5–10 дБ [5, с. 124; 20, с. 48].

Если говорить о снижении шумового воздействия акустическими экранами, то они установлены на Юго-Восточной железной дороге, Московской железной дороге и Октябрьской железной дороге.

Исследования, проводимые Балтийским государственным техническим университетом «ВОЕНМЕХ» (г. Санкт-Петербург), показали, что эффективность экрана составляет 11–12 дБ. Измерения проводились на расстоянии 30 м от экрана, одновременно с этим проведены измерения над экраном в опорной точке для контроля идентичности характеристик источника шума при измерениях «с экраном» и «без экрана» (высота шумозащит-

ного экрана – 3 м, длина – 500 м). Данные натуральных испытаний приведены в таблице 3.

Исходя из проведенных исследований, можно говорить о сравнении эффективности в снижении шумового воздействия биологического (защитные лесные насаждения) и технического барьеров (шумозащитные экраны), которое наибольшее у второго.

Результаты исследований показали, что защитные лесные насаждения вдоль Приволжской железной дороги выполняют роль экологического барьера, снижающего негативное воздействие со стороны объектов железнодорожного транспорта. Хотя в отношении шумового воздействия по степени эффективности поглощения шума они уступают механическим средствам защиты (шумозащитные экраны).

Однако их эксплуатация в денежном эквиваленте оценивается иначе [10, с. 15–16]. Так, затраты на 1 га защитных лесных полос (включая подготовку почвы, уход за ней, посадку саженцев, уход за взрослыми насаждениями) составляют 45 108 руб., где 1 погонный метр стоит в среднем 169,155 рублей. Нормативы затрат по данным Волгоградского областного унитарного предприятия «Волгоград-лес» представлены в таблице 4.

Ориентировочная стоимость акустических экранов в зависимости от длины, высоты, конфигурации, конструкции и материалов за 1 погонный метр составила в среднем 3 500 рублей. Сметная стоимость шумозащитных экранов представлена в таблице 5.

Таблица 3

Эффективность акустических экранов (на расстоянии 30 м от экрана) *

Характеристика источника шума	Октавные полосы частот, Гц								Эффективность акустических экранов, дБ
	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	
Прохождение поезда по ближним путям	0,9	4,3	1,0	7,2	10,1	13,1	16,4	17,0	12,2
Прохождение электропоезда по ближним путям	0,8	5,5	4,0	6,1	6,9	14,1	14,2	13,8	10,9

* Источник: [3; 12].

Таблица 4

Нормативы затрат на выполнение государственных услуг для Волгоградской области (по данным Волгоградского областного унитарного предприятия «Волгоград-лес») *

Мероприятие	Стоимость в денежных единицах, руб./га
Санитарная безопасность	8 608
Лесовосстановление	13 713
Уход за лесами	22 787
Общая сметная стоимость работ по комплексу операций	45 108

* Источник: [12; 13].

Таблица 5

Сметная стоимость шумозащитных экранов *

Наименование	Единица измерения	Данные
Габаритные размеры блока шумозащитного экрана	см	300,0 × 100,0
Масса блока с установленными шумопоглощающими элементами	кг	Не более 90,0
Снижение эквивалентного уровня шума	дБ	До 35,0
Прогнозируемый срок службы	лет	До 30,0
Цена с учетом НДС	руб.	3 500

* Источник: [12].

Затраты на использование биологического барьера (защитные лесные насаждения) на Волгоградском производственном участке Приволжской железной дороги (протяженность участка – 30,29 км) составляют 5 123,7 тыс. руб./год, а затраты на сооружение технического барьера (шумозащитные экраны) – 106 015 тыс. руб. При этом если не учитывать эксплуатационные затраты на поддержание исправного состояния технического барьера, то срок его окупаемости составит 20,7 лет.

Таким образом, поскольку шумовое воздействие, оказывающее свое влияние на объекты железнодорожного транспорта и окружающую среду в целом, является одним из негативных процессов, мерой борьбы с этим воздействием выступают биологические барьеры, как наиболее экономичное и экологичное средство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балычев, В. Д. Шумогасящая способность лесных насаждений в Нижнем Поволжье / В. Д. Балычев // Оптимизация агроландшафтов, проблемы и перспективы развития агролесомелиорации и защитного земледелия : материалы науч.-практ. конф. аспирантов и молодых ученых / ВНИАЛМИ. – Волгоград, 2004. – С. 54–58.
2. Болховитина, М. М. Исследование влияния зеленых насаждений на снижение шума городских территорий : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Болховитина М. М. – Л., 1977. – 22 с.
3. Волков, А. М. Гигиеническое нормирование шума и вибрации подвижного железнодорожного транспорта / А. М. Волков. – М. : Медицина, 1970. – 251 с.
4. Говорушко, С. Н. Влияние хозяйственной деятельности на окружающую среду / С. Н. Говорушко. – Владивосток : Дальнаука, 1999. – 171 с.
5. Голубев, И. Р. Окружающая среда и транспорт / И. Р. Голубев, Ю. В. Новиков. – М. : Транспорт, 1987. – 207 с.
6. ГОСТ 30690–2000. Экраны акустические передвижные. Методы определения ослабления звука в условиях эксплуатации. – М. : Госстандарт, 2000. – 10 с.
7. ГОСТ 51943–2002. Экраны акустические для защиты от шума транспорта. Методы экспериментальной оценки эффективности. – М. : Госстандарт, 2000. – 9 с.
8. Градостроительные меры борьбы с шумом / Г. Л. Осипов, Б. Г. Прутков, И. А. Шишкин, И. Л. Карагодина. – М. : Стройиздат, 1975. – 215 с.
9. Игнатович, Н. И. Чем опасен транспорт для людей, животных и растений? / Н. И. Игнатович, Н. Г. Рыбальский. – М. : РЭФИА, 1996. – 80 с.
10. Коробов, Ю. И. Экология и железнодорожный транспорт / Ю. И. Коробов, Ж. В. Пузанова // Железнодорожный транспорт. Сер. «Экология и железнодорожный транспорт». – 1992. – № 1. – С. 1–32.
11. Матвеева, А. А. Экологическая оценка шумового воздействия объектов железнодорожного транспорта (на примере Приволжской железной дороги) / А. А. Матвеева // Эколого-экономические проблемы Южного макрорегиона : материалы круглого стола, г. Волгоград, 30 марта 2010 г. / отв. ред. С. Н. Кириллов [и др.]. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2010. – С. 142–146.
12. Матвеева, А. А. Состояние и экологическая роль защитных лесных насаждений вдоль железных дорог (в пределах г. Волгограда) : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А. А. Матвеева. – Волгоград, 2009. – 22 с.
13. Нормативы затрат на выполнение государственных услуг для Волгоградской области. – Волгоград : ВОУП «Волгоград-лес», 2009. – 6 с.
14. Пospelов, П. И. Техничко-экономические показатели конструкций шумозащитных экранов на Московской кольцевой автомобильной дороге / П. И. Пospelов, Д. М. Строков // Проектирование автомобильных дорог : сб. науч. тр. МАДИ (ГТУ). – М. : МАДИ, 2002. – С. 131–136.
15. Прутков, Б. Г. Основные методы и средства снижения шумов в городах СССР / Б. Г. Прутков // Строительная акустика : тр. НИИСФ. – Вып. 21. – М., 1979. – С. 16–28.
16. Руководство по учету в проектах планировки и застройки городов требований снижения уровней шума. – М. : Стройиздат, 1983. – 25 с.
17. Тюрина, Н. В. Проблема снижения шума акустическими экранами / Н. В. Тюрина, Н. И. Иванов // Экология и безопасность. – № 2. – 2009. – С. 38–40.
18. Факторович, А. А. Защита городов от транспортного шума / А. А. Факторович. – Киев : Будивельник, 1982. – 144 с.
19. Чеботаев, А. А. Гармонизация развития транспортного комплекса, окружающей среды и человека / А. А. Чеботаев // Экологическая экспертиза. – 1999. – № 2. – С. 12–20.
20. Экологическая чистота и качество проектных решений / под ред. Е. С. Свинцовой. – СПб. : Петерб. гос. ун-т путей сообщения, 2000. – 129 с.
21. Maekava, Z. Experimental study on the acoustical designing of a screen for noise reduction / Z. Maekava // Journal of the Acoustical Society of Japan. – 1962. – № 18. – P. 187–196.
22. Rathe, E. J. Note on two common problems of sound propagation / E. J. Rathe // Journal of Sound and Vibration. – 1969. – Vol. 10, N 3. – P. 472–479.

**USE OF BIOLOGICAL AND MECHANICAL BARRIERS
TO DECREASE IN NOISE INFLUENCE ON OBJECTS
OF THE RAILWAY TRANSPORTATION**

A.A. Matveeva

The author of the article conducts researches of protective forest planting along the Privolzhsky railways; he also determines the efficiency of decrease in acoustic discomfort. The comparative analysis of the degree of effectiveness in decreasing of acoustic discomfort by means of biological (tree-belt areas) and mechanical (noise-protective screens) barriers is given as well as their advantages and disadvantages are revealed.

Key words: *railway transportation, noise influence, acoustic screens, agroforestry melioration, tree-belt areas along the railways.*