

Из истории автоматике

УДК 628.517.2

А. П. Пронин, канд. техн. наук

Кафедра «Техносферная и экологическая безопасность»,
Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

ВЛИЯНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

Железные дороги, наряду с положительным влиянием на развитие экономики тех регионов, где они строились, наносили непоправимый ущерб экологии. Они разрушали природные ландшафты, приводили к гибели или дроблению популяций диких животных, загрязняли воздух и создавали невыносимый, по понятиям того времени, шум. Сейчас, когда железные дороги стали неотъемлемой частью человеческой цивилизации, любопытно оценить их воздействие на окружающую природную среду, так ли оно велико, как иногда представляется. В работе дана оценка трех основных составляющих этого воздействия: ингредиентных загрязнителей, электромагнитных полей и шума подвижного состава. Показано, что загрязнение воздуха вредными выбросами не превышает такового для других видов транспорта, а зачастую значительно ниже. Электромагнитные поля, создаваемые контактной сетью и высоковольтными линиями автоблокировки, значительно ниже санитарных норм. Шум подвижного состава, хотя и вызывает жалобы населения там, где железные дороги близко подходят к жилым районам, может быть значительно снижен за счет простых технических решений.

железные дороги; воздействие на окружающую природную среду; санитарные нормы; ингредиентные загрязнители; электромагнитные поля; шум подвижного состава

Введение

С момента своего появления железные дороги, наряду с огромным положительным эффектом, который они обеспечивали благодаря стремительному развитию районов, по которым они проходили, оказывали на прилегающие территории и ряд негативных воздействий. Шум подвижного состава, который по сравнению с конной тягой казался оглушающим, пугал животных, не позволял им пересекать железнодорожные пути, при этом их популяции дробились и сокращались. В Северной Америке столкновения и гибель животных под колесами поезда, как диких, так и домашних, были рядовым явлением. Именно там был изобретен «каукетчер» – скотосбрасыватель, спе-

циальная решетка внизу паровоза. Правда, предназначалась она не столько для сохранения жизни животных, сколько для уменьшения опасности схода поезда с рельсов (рис. 1).

Но это были еще «цветочки». Проблемы начались гораздо позднее, когда железные дороги стремительными темпами стали расширять не только саму сеть путей, но и инфраструктуру – локомотивные и вагонные депо, водоснабжение и т. п. Со временем городские вокзалы, которые строились на окраинах, оказались в самом центре, а железнодорожные пути прошли по жилым кварталам, что создало дискомфорт для жителей близлежащих домов (рис. 2).

Развитие электрической тяги хотя и способствовало уменьшению шума и вредных выбросов, но повлекло за собой другую проблему – влияние электромагнитных полей, создаваемое контактной подвеской. Все эти и другие вопросы, связанные с экологической экспансией железных дорог, рассмотрены в настоящей статье.

1 Классификация негативных воздействий железнодорожного транспорта на окружающую природную среду

Вначале следует договориться о терминологии. Согласно общепринятым представлениям экология – это наука о взаимодействии живых организмов и их сообществ между собой и окружающей средой [1]. Это, скорее, биологическое и довольно широкое понятие часто путают с охраной окружающей



Рис. 1. Американский паровоз на мексиканских железных дорогах

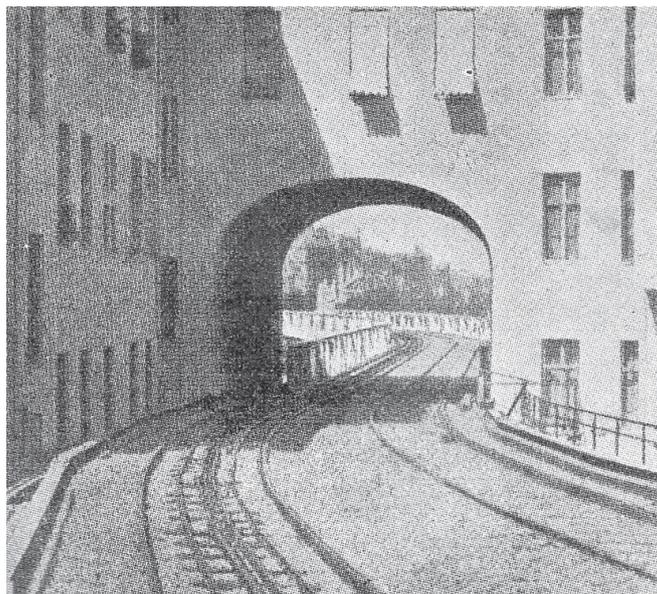


Рис. 2. Железнодорожные пути проходят сквозь дом

среды, являющейся только прикладной частью экологии, посвященной защите природных экосистем от негативных техногенных воздействий [2]. Мы будем пользоваться термином «экологический» именно в этом смысле.

Следует также иметь в виду, что, в отличие от охраны труда, которая занимается неблагоприятными техногенными факторами, влиянию которых подвергаются практически здоровые трудоспособные люди, в сферу экологии попадают те же факторы, но воздействующие на население в целом, где есть дети, больные, престарелые, т. е. факторы эти оказывают значительно большее влияние. Кроме того, такое воздействие может длиться 24 часа в сутки. В связи с этим санитарные нормы для одних и тех же факторов, влияющих на население, значительно жестче, чем для работающих.

Техногенные факторы (которые часто называют загрязнителями), можно разделить на два принципиально отличающихся друг от друга типа: ингрессионные и энергетические [3].

Первые представляют собой выбросы вредных веществ в атмосферу, а также загрязнение почвы и водоемов продуктами деятельности подвижного состава и стационарными объектами инфраструктуры железных дорог. Их особенностью является то, что после ликвидации источника загрязнения вредные вещества, попавшие в окружающую среду, остаются и продолжают негативно воздействовать на природные экосистемы и население, проживающее вблизи железных дорог, при этом для их ликвидации требуются подчас масштабные работы по очистке.

Энергетические загрязнения, такие как шум или электромагнитные поля, существуют только во время работы источников этих загрязнений, при выключении источника они пропадают.

2 Железнодорожный транспорт как источник ингредиентных загрязнителей

Ингредиентные загрязнения в большинстве своем – это большое количество вредных веществ, выделяющихся в атмосферу как двигателями тепловозов, так и тепловыми электростанциями, вырабатывающими энергию для электрического транспорта, а также предприятиями по производству и ремонту всех видов подвижного состава. Наиболее значимыми загрязнителями среди них являются сажа, оксиды углерода, серы и азота, углеводороды, свинец. Накопление этих веществ в воздухе приводит к значительному ущербу для растительности (кислотные дожди), а также и для здоровья людей (смог). Помимо этого, железнодорожный транспорт требует большого количества невозобновляемых природных ресурсов, в первую очередь нефти и угля, запасы которых постепенно истощаются. При транспортировке железными дорогами нефти и угля, а также разнообразных химических веществ, например удобрений, к месту их потребления загрязняется земная поверхность и все виды акваторий, от малых рек до Мирового океана.

Переход с автономной на электрическую тягу позволяет значительно сократить количество выбросов вредных веществ в атмосферу. Несмотря на то что более половины электрической энергии для железных дорог России производится тепловыми электростанциями, все-таки очистка их выбросов в атмосферу значительно более простая задача, чем очистка так называемых «неорганизованных» выбросов от двигателей тепловозов.

Особо следует отметить вред для природной среды при строительстве новых и реконструкции действующих железных дорог, а также предприятий по их обслуживанию, пассажирских и грузовых терминалов, что требует отвода больших площадей, которые либо выводятся из сельскохозяйственного оборота, либо изымаются из природных ландшафтов, что ухудшает экологическую обстановку и, как следствие, вызывает многочисленные протесты населения.

Однако если сравнить негативные последствия для природы и населения железнодорожного и других видов транспорта, то перевозка одного и того же количества грузов или пассажиров железнодорожным транспортом обходится значительно меньшими потерями (табл. 1, здесь воздействие железнодорожного транспорта принято за единицу).

3 Железнодорожный транспорт как источник электромагнитного загрязнения

Поскольку влияние перечисленных выше ингредиентных загрязнителей на население, растительный и животный мир изучено достаточно полно и это-

Таблица 1. Соотношение удельных показателей воздействия на окружающую среду и население различных видов транспорта

Удельный показатель воздействия	Виды транспорта		
	Железнодорожный	Автомобильный	Авиационный
Затраты энергии	1	8	3,5
Выбросы вредных веществ	1	73	600
Количество несчастных случаев с пассажирами	1	13	Нет данных
Занимаемая площадь	1	1,3	4,8*

* Имеются в виду аэродромы и предприятия по обслуживанию самолетов.

му вопросу посвящено огромное количество работ, в данной статье коснемся только энергетических загрязнителей, как наименее изученных применительно к железнодорожному транспорту.

К основным генераторам электромагнитных полей, которыми при автономной тяге являются высоковольтные линии автоблокировки, основная и резервная, при электрической тяге добавляется еще и контактная сеть. Несмотря на то что воздушные линии электропередачи постоянного тока (Эдисон) и переменного (Вестингауз) появились еще в конце XIX в., до сих пор нет единого мнения о влиянии создаваемых ими электромагнитных полей на человеческий организм. Это нашло свое отражение и в санитарных нормах, которые в разных государствах отличаются в разы, а то и в десятки раз.

Общее мнение, к которому приходят ученые разных стран, – электромагнитные поля постоянного тока и переменного тока промышленной частоты предположительно воздействуют на нервную систему человека, изменяют кровяное давление, возможно, угнетают кроветворную функцию, но в каких пределах это происходит и при каких значениях величин – здесь мнения сильно разнятся.

Следует напомнить, что электромагнитное поле характеризуется двумя основными параметрами: напряженностью электрического поля, В/м (кВ/м), и электромагнитной индукцией, Тл (ранее использовалась величина напряженности магнитного поля, А/м). Ниже приведено сопоставление допустимых значений электромагнитных полей в разных странах, иллюстрирующее отсутствие единого мнения по поводу их влияния на здоровье [4–6] (табл. 2).

По поводу магнитной составляющей электромагнитных полей мнения еще больше расходятся, и эта величина в Российской Федерации для населения вообще не нормируется. Можно только отметить, что при магнитно-ядерной томографии магнитная индукция в теле человека достигает 10 Тл без каких-либо видимых последствий для здоровья, тогда как нормами, например ЕС, она ограничивается 40 мТл [7].

Таблица 2. Допустимые уровни напряженности переменного электромагнитного поля промышленной частоты при длительном воздействии на население

Страна или международная организация	Напряженность электрического поля, В/м
Российская Федерация	500/1000*
Международная комиссия по защите от неионизирующей радиации	10 000
США и Канада	Не нормируется**

*Внутри жилых помещений/на территории жилой застройки.

**Министерства здравоохранения США и Канады не считают необходимым устанавливать допустимые уровни электромагнитных полей промышленной частоты для населения, поскольку отсутствуют достоверные научные доказательства, что такое воздействие вызывает проблемы со здоровьем, нормирование электромагнитных полей там начинается только с частоты 3 кГц.

Наши измерения показывают, что уровни электромагнитных полей, создаваемых контактной подвеской и линиями электроснабжения автоблокировки на границе полосы отвода, составляют в среднем 220–270 В/м для контактной подвески переменного тока и 60–80 В/м для высоковольтных линий автоблокировки, что значительно ниже допустимых значений и не представляет опасности для населения.

Электромагнитные поля радиочастот, создаваемые линиями радиосвязи железнодорожного транспорта, за пределами полосы отвода значительно ниже полей, создаваемых системами гражданской сотовой связи, где излучатели повсеместно располагаются даже на крышах жилых домов (рис. 3).

**Рис. 3.** Излучатель сотовой связи на крыше жилого дома

4 Железнодорожный транспорт как источник шумового загрязнения

Теперь перейдем к менее дискуссионному и более изученному виду энергетического загрязнения – шуму. Оставив в стороне предприятия железнодорожного транспорта, поскольку их шум ничем не отличается от аналогичных предприятий других отраслей, обратимся к наиболее распространенному источнику – подвижному составу. Именно он вызывает зачастую многочисленные жалобы населения на шум железных дорог. Поэтому именно для этого шума разработаны основные нормативные документы [8].

Основным показателем шумового воздействия от движущихся поездов, принятым во всем мире, в том числе в Российской Федерации, является эквивалентный уровень звука, дБАэкв, измеряемый на расстоянии 25 м от оси пути.

Уровни наружного шума, создаваемые подвижным составом, состоят из трех составляющих: шум привода, шум качения колес по рельсам и аэродинамический шум.

Шум от привода включает в себя шум от тяговых двигателей и передач, а также вентиляторов, компрессоров и других агрегатов.

Шум от качения возникает вследствие контакта колеса с рельсом и связан с высоким давлением качения стали по стали, характерным для системы «колесо – рельс». Интенсивность и частота шума зависят в основном от состояния поверхностей колеса и рельса. Неровности на поверхности катания колеса и рельса ведут к сильному излучению шума. Большинство измерений показывают, что основная часть излучаемого шума качения приходится на колеса. Эти шумы доминируют в спектре частот выше 1600 Гц. При частотах ниже 500 Гц доминируют шумы от рельсов, которые, кроме перечисленных факторов, определяются конструкцией верхнего строения пути, балластной призмы и грунтового основания. В промежутке между частотами 500 и 1600 Гц эти шумы имеют примерно одинаковую интенсивность.

Аэродинамический шум возникает в результате обтекания подвижного состава воздухом, т. е. в результате воздействия турбулентных граничных потоков, а также срывов воздушных потоков на головном и хвостовом вагонах и в отдельных узлах, например, на тележках и крышевом оборудовании с токоприемниками.

Мощность шума качения, как показывают многочисленные исследования, растет пропорционально третьей степени скорости, в то время как аэродинамического шума – пропорционально пятой степени. В связи с этим существует некая критическая скорость, когда уровни шума качения и аэродинамического шума сравниваются. Например, у поездов серии ICE она равна 300 км/ч.

Для уменьшения уровней шума поездов используется целый ряд мероприятий, которые в основном направлены на защиту от шума качения как

основного источника в диапазоне скоростей до 300 км/ч. Комплекс таких мероприятий получил название LNT-технологии (Low-Noise Technology). Он включает в себя следующее:

- применение дисковых тормозов вместо колодочных на всех колесных парах, что позволяет дольше сохранять гладкой поверхность катания колес и тем самым способствует снижению шума;

- шлифование рельсов;

- применение демпфирующих накладок на дисках колес;

- установку шумозащитных фартуков, экранирующих ходовую часть подвижного состава;

- устройство близко к пути низких шумозащитных экранов (пример такого экрана, установленного на одном из участков железных дорог Германии, показан на рис. 4).



Рис. 4. Низкий шумозащитный экран

Низкий экран имеет преимущество перед высоким, так как не закрывает пассажирам вид из окна поезда, однако он эффективен только в сочетании с шумозащитными фартуками на подвижном составе [9] (рис. 5).

Применение мероприятий LNT-технологии уже на стадии проектирования подвижного состава и строительства или реконструкции путей позволяет снизить затраты, которые потребуются в качестве компенсаций за отрицательное воздействие шума подвижного состава на окружающую среду.

Другим способом снижения шума подвижного состава является использование зеленых насаждений.

Зеленые насаждения (деревья и кустарники) рассеивают и поглощают энергию распространяющихся сквозь них звуковых волн. В результате этих

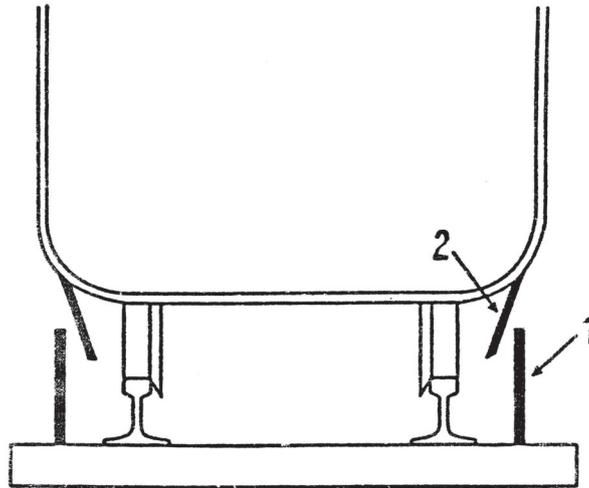


Рис. 5. Низкий шумозащитный экран в сочетании с фартуком на подвижном составе:
1 – экран; 2 – фартук

эффектов уровни шума, распространяющегося через полосу зеленых насаждений, оказываются уменьшенными по сравнению со случаем безлесной поверхности.

Для получения существенного эффекта полоса зеленых насаждений вдоль источника шума не должна иметь просветов, т. е. кроны деревьев должны быть сомкнутыми, а пространство под кронами – заполнено плотными кустами. Наилучшие результаты дают хвойные породы деревьев.

На рис. 6 показаны результаты измерений уровней шума по мере удаления от пути, вдоль которого имеется полоса зеленых насаждений. Видно,

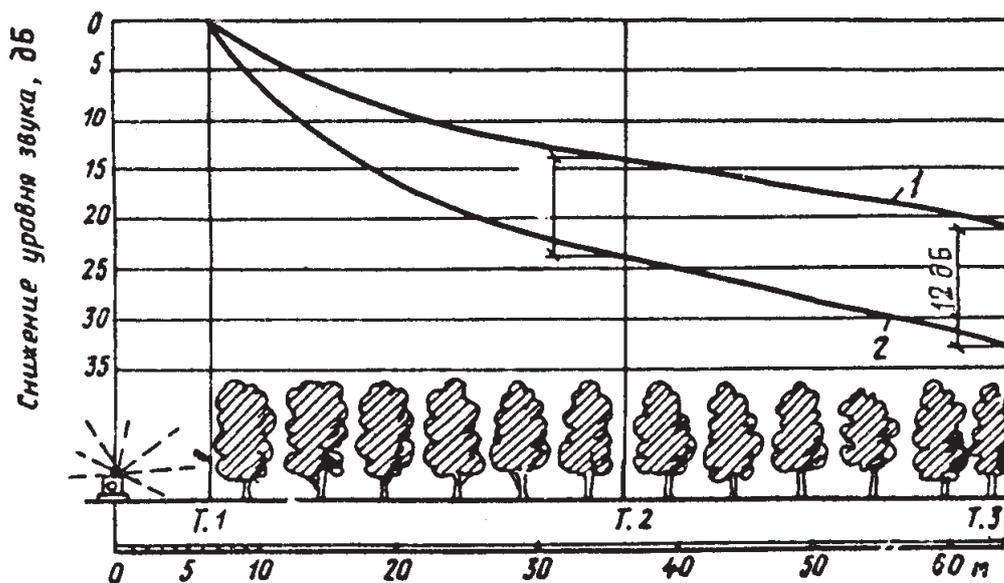


Рис. 6. Эффективность снижения шума подвижного состава в зависимости от расстояния до железнодорожных путей:
1 – без зеленых насаждений; 2 – с зелеными насаждениями

что наиболее интенсивно затухают уровни шума в пределах первых 30 м от железнодорожной магистрали. По мере увеличения этого расстояния дополнительное затухание уровня шума незначительно.

На основании этих и других аналогичных результатов можно считать, что с помощью полосы зеленых насаждений шириной порядка 60 м можно обеспечить дополнительное снижение шума подвижного состава на величину около 12 дБА.

Эффективность экрана в виде насыпи несколько меньше (на 2–3 дБ), так как ее невозможно разместить в непосредственной близости от колеи.

При необходимости снижения шума поезда более чем на 20 дБ следует использовать шумозащитные туннели (галереи). Эффективность туннеля будет определяться отношением расстояния от точки наблюдения до ближайшего конца туннеля к наименьшему расстоянию от этой же точки до туннеля.

Насколько эффективны могут быть предложенные выше шумозащитные сооружения, можно видеть на примере одного из участков железной дороги, проходящего от терминала Санкт-Петербург-Московский до отметки «10-й километр» [10]. Представленные данные по фактическим значениям шума являются результатами многочисленных измерений, по предполагаемому снижению шума экранами с эффективностью 12 дБ – результатами расчетов по нормативным документам [11].

Без использования экранов, в зоне акустического дискомфорта оказываются три жилых квартала Санкт-Петербурга:

А. Около ул. Днепропетровская, в пределах от развилки ОЖД в районе 1 км до Обводного канала (расстояние границы квартала до крайней колеи от 40 до 100 м.

Б. Между ст. Фарфоровский пост и ст. Сортировочная (расстояние от границы жилых домов старой застройки между 6-м км и 7-м км до железной дороги около 40 м, от домов новой застройки – около 150 м.

В. Между ул. Цимбалина и ул. Шелгунова (расстояние от ближайших домов до железной дороги около 400 м).

При использовании экранов жилые дома в квартале А оказываются вне зоны акустического дискомфорта, если защитный экран будет начинаться за 200 м от первого (углового) дома ул. Днепропетровской и до Обводного канала.

В квартале Б установка экрана эффективностью 12 дБ обеспечит достаточное снижение шума только для домов новой застройки, для домов старой застройки необходима установка экрана эффективностью не менее 14 дБ.

Жилой район В находится практически за пределами зоны дискомфорта, и для его защиты от действия шума железной дороги специальных мероприятий не требуется.

Заключение

Влияние железных дорог, хотя и являющихся источниками негативного воздействия на окружающую природную среду и население, все же значительно ниже, чем других источников, таких, например, как предприятия химической промышленности, металлургические комбинаты, тепловые электростанции и т. п.

По таким показателям, как загрязнение ингредиентными загрязнителями, а также изъятие земель и нарушение ландшафтов, железнодорожный транспорт предпочтительнее других видов транспорта, таких как автомобильный или авиационный.

Воздействие на население, живущее вблизи железных дорог, электромагнитных полей, создаваемых контактной сетью железных дорог и высоковольтными линиями автоблокировки, как показали проведенные нами измерения, значительно ниже существующих санитарных норм, которые в нашей стране являются самыми жесткими в мире.

Подвижной состав железных дорог является источником шума, вызывающего жалобы населения, проживающего вблизи железных дорог. Основным источником такого шума – процесс качения колеса по рельсам, а основным излучатель – сами колеса. Поскольку источник шума находится достаточно низко от поверхности земли, его легко экранировать с помощью низких шумозащитных экранов, которые в сочетании с установкой фартуков на подвижном составе и некоторыми другими мероприятиями получили название LNT-технологии.

Зеленые насаждения также способны снизить шум подвижного состава, важным здесь является подбор пород деревьев и кустарников.

На примере участка железной дороги от терминала Санкт-Петербург-Московский пассажирский до отметки «10-й километр» показано, что такие мероприятия способны полностью снизить шумовое воздействие до санитарных норм.

Библиографический список

1. Советский энциклопедический словарь. – М. : Советская энциклопедия, 1979. – 1549 с.
2. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды : федер. закон № 7-ФЗ : принят Гос. Думой 10 января 2002 г. – [М., 2002].
3. Пронин А. П. Энергетическое загрязнение окружающей среды объектами железнодорожного транспорта / А. П. Пронин // Сб. «Вопросы экологии на железнодорожном транспорте». – СПб., 1992. – С. 12–15.

4. СанПиН 2971–84. Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты. – [М., 1984].
5. International Commission on nonionizing Radiation Protection. ICNIRP. Publication for Limiting Exposure to Time Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz). Published in Health Physics 74 (4): 494–522, 1998.
6. Limits of Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Energy in the Frequency Range from 3 kHz to 300 GHz, Environmental and Radiation Health Sciences Directorate, Health Canada, 2015. – 18 p.
7. European Union. Amending Directive 2004/40/EC on minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risk arising from physical agents (electromagnetic fields). Official Journal of the European Union, 2008, L114/88.
8. ГОСТ 20444–2014. Шум. Транспортные потоки. Метод определения шумовых характеристик. – М. : Стандартинформ, 2015. – 15 с.
9. Пронин А. П. Экологические аспекты защиты селитебных территорий от шума подвижного состава железных дорог / А. П. Пронин, Г. К. Зальцман // Безопасность жизнедеятельности. – 2009. – № 11. – С. 29–35.
10. Иванов Н. И. Акустико-экологическая безопасность при скоростном движении поездов / Н. И. Иванов, А. В. Никифоров, Г. К. Зальцман, А. П. Пронин, С. А. Лебедев // Железнодорожный транспорт. Экспресс информация. – Вып. 3–4. – М. : ЦНИИТЭИ МПС, 1996. – С. 1–59.
11. ГОСТ Р 54933–2012. Шум. Методы расчета уровней шума, излучаемого железнодорожным транспортом. – М. : Стандартинформ, 2013. – 24 с.

Anatoly P. Pronin

«Technosphere and ecological safety» department,
Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university

Problems of environmental impact of railway transport

From its first day the railways, along with a huge positive impact on the economic development of the regions where they have been built, were causing irreparable damage to the ecology of these regions. They were destroying the natural landscape, resulted to the death or to the fragmentation of population of wild animals, polluted the air and created unbearable noise, according to the ideas of those days. Now, when the railways are an integral part of human civilization, it is interesting to evaluate their current impact on the environment, is it as large as sometimes it is presented. The paper provides the assessment of the three main components of this impact: ingredient pollutants, electromagnetic fields and noise of rolling stock. It shows that air pollution by harmful emissions do not exceed one of the other modes of transport, and often is much lower. Electromagnetic

fields, generated by the contact network and overhead lines of automatic block signal system, are well below health and safety regulations. The noise of rolling stock, although it gives rise to public complaints where the railways come close to residential areas, can be significantly reduced by using simple technical solutions.

railways; environmental impact; sanitary regulations; ingredient pollutants; electromagnetic fields; rolling stock noise

References

1. Soviet Encyclopedic Dictionary (1979) [Sovetskiy entsiklopedicheskiy slovar']. Moscow, Soviet Encyclopedia (Sovetskaya Entsiklopediya), 1549 p.
2. Federal law 7-Φ3 d. 10.01.2002 «On Protection of Environment» [Federal'nyy zakon issue 7-FZ ot 10.01.2002 «Ob okhrane okruzhayushchey sredy»].
3. Pronin A. P. (1992). Energy environmental pollution by the railway transport facilities [Energeticheskoye zagryazneniye okruzhayushchey sredy ob'yektami zheleznodorozhnogo transporta]. Collection «Ecology issues of railway transport» (Sbornik «Voprosy ekologii na zheleznodorozhnom transporte»). St. Petersburg, pp. 12–15.
4. SanPiN 2971–84. Sanitary Rules and Regulations for public protection from electric field exposure, produced by AC overhead electric power lines of industrial frequency [SanPiN 2971–84. Sanitarnyye normy i pravila zashchity naseleniya ot vozdeystviya elektricheskogo polya, sozdavayemogo vozduzhnymi liniyami elektroperedachi peremennogo toka promyshlennoy chastoty].
5. International Commission on nonionizing Radiation Protection (1998). ICNIRP. Publication for Limiting Exposure to Time Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz). Published in Health Physics 74 (4), pp. 494–522.
6. Limits of Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Energy in the Frequency Range from 3 kHz to 300 GHz (2015). Environmental and Radiation Health Sciences Directorate, Health Canada, 2015, 18 p.
7. European Union. Amending Directive 2004/40/EC on minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risk arising from physical agents (electromagnetic fields) (2008). Official Journal of the European Union, L114/88.
8. GOST 20444–2014. Noise. Traffic flows. Methods of noise characteristic determination [Shum. Transportnyye potoki. Metod opredeleniya shumovykh kharakteristik.]. Moscow, Standartinform, 2015, 15 p.
9. Pronin A. P., Zal'tsman G. K. (2009). Ecological aspects of residential area protection from the noise of railway rolling stock [Ekologicheskiye aspekty zashchity selitebnykh territoriy ot shuma podvizhnogo sostava zheleznnykh dorog]. Health and safety (Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti), issue 11, pp. 29–35.
10. Ivanov N. I., Nikiforov A. V., Zal'tsman G. K., Pronin A. P., Lebedev S. A. (1996). Acoustic and ecological safety for high-speed train traffic [Akustiko-ekologicheskaya bezopasnost' pri skorostnom dvizhenii poyezdov]. Railway transport. Express information (Zheleznodorozhnyy transport. Ekspress informatsiya), issue 3–4, TsNIITEI MPS. Moscow, pp. 1–59.

11. GOST R 54933–2012. Noise. Calculation methods for external noise emitted by railway transport [Shum. Metody rascheta urovney shuma, izluchayemogo zheleznodorozhnym transportom]. Moscow, Standartinform, 2013, 24 p.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии Вал. В. Сапожниковым
Поступила в редакцию 01.03.2016, принята к публикации 18.05.2016*

ПРОНИН Анатолий Павлович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная и экологическая безопасность» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.
e-mail: pronin56@yandex.ru