

УДК: 628.517.2  
OECD: 01.03.AA

## К оценке ущерба от транспортного шума

Борцова С.С.

Ст. преподаватель, кафедра «Экология и производственная безопасность»,  
БГТУ «ВОЕНМЕХ им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, РФ

### Аннотация

Предложены подходы к определению ущерба от транспортного шума – главной составляющей оценки экономической эффективности шумозащитных мероприятий. Они основаны на последних рекомендациях по оценке риска здоровью населения от воздействия транспортного шума и анализе современных методов экономической оценки потерь от заболеваний и инвалидизации, лишенных недостатков, выявленных в действующих на сегодняшний момент нормативных документах. Методика, реализуемая в МР 2.1.10.0059–12, позволяет спрогнозировать число заболеваний, связанных с воздействием шума по каждой из поражаемых систем и органам в зависимости от времени негативного воздействия. А предложенная классификация затрат для расчета экономического ущерба от шума позволит более точно и полно оценить экономические потери, связанные с ухудшением здоровья людей.

**Ключевые слова:** ущерб от шума, риск здоровью, стоимость болезни, экономическая эффективность, шумозащита.

### *To assess damage from traffic noise*

*Bortsova S.S.*

*Senior lecturer, the department of Ecology and Industrial Safety, Baltic State Technical University  
'VOENMEH' named after D.F. Ustinov, St. Petersburg, Russia*

### **Abstract**

*Approaches to determining the damage caused by traffic noise, which is the main component of assessing the economic efficiency of noise mitigation measures, are proposed. They are based on the latest recommendations for assessing the risk to public health from exposure to traffic noise and analyzing modern methods of economic assessment of losses from diseases and disability, devoid of the shortcomings identified in the current regulatory documents. The methodology implemented in MP 2.1.10.0059-12 allows predicting the number of diseases associated with noise exposure for each of the affected systems and organs, depending on the time of negative exposure. The proposed classification of costs for calculating the economic damage from noise will make it possible to assess the economic losses associated with the human health deterioration more accurately and completely.*

**Keywords:** *noise damage, health risk, cost of illness, cost-effectiveness, noise protection.*

## Введение

Транспортный шум – неотъемлемая часть жизни большинства живущих в мегаполисах людей. В этой связи невозможно недооценивать эффект средств от его защиты.

В основе оценки экономической эффективности шумозащитных мероприятий лежит значение предотвращенного ущерба. При этом оценить вред от шума как фактора негативного воздействия на окружающую среду (ОС) на сегодняшний момент не представляется возможным. Минприроды, принимающее таксы и методики размера такого вреда, не реализовало свои полномочия в этой области. Ростехнадзор во времена своего нормативно-правового регулирования в сфере охраны ОС предпринял лишь попытки взимать плату за негативное воздействие на ОС от шума, однако и они остались в виде проектов.

Оценка ущерба от шума реализуется в настоящее время в отраслевых нормативно-правовых актах.

В частности, в ОДМ [1] оценивается социальный ущерб населению в связи с ухудшением здоровья людей и снижением показателей их работоспособности под воздействием шума. Во внимание принимаются максимальные за день и ночь уровни звука (УЗ), количество подвергаемых этому воздействию человек и условная оценка стоимости указанных негативных эффектов.

Однако, в т.ч. проводимые исследования [2] доказывают, что максимальные показатели УЗ, имея кратковременный характер, преувеличивают получаемый ущерб. Время действия шума вообще не берётся во внимание при расчётах по ОДМ [1].

Также вызывает сомнение достоверность полученных значений экономической оценки шумового воздействия, ведь первоисточником этих данных является Руководство 1981 г. [3], где четко указано на необходимость их дальнейшей корректировки и уточнения «из-за отсутствия необходимого объема научных данных» на период разработки Руководства. В ОДМ [1] они лишь проиндексированы в цены 2010 года (что добавляет погрешности при современных расчётах).

Поэтому предлагается обновленный подход к экономической оценке ущерба, вызванного пребыванием человека в помещениях с повышенными уровнями шума, лишенный указанных недостатков.

### 1. Ущерб здоровью населения от воздействия шума

На первом этапе на основе данных о шумовом воздействии на население необходимо оценить социальный ущерб от шума, выражающийся в количестве заболевших, видах заболеваний по системам органов, оценить их динамику.

Более точную оценку воздействия шума на состояние здоровья населения можно получить, обратившись к санитарному законодательству и гигиеническим исследованиям, результаты которых приведены в табл.1.

Транспортный шум воздействует в первую очередь на нервную систему и систему кровообращения. Нарушения нервно-психической сферы проявляются раньше, начиная с УЗ в 35–40 дБА. Изменения в органе слуха начинается с УЗ 65–70 дБА. Риски наступления негативных эффектов от воздействия шумового фактора резко возрастают, достигая максимальных величин (1,00) при УЗ 80 дБА и 125 дБА для неспецифического и специфического воздействия соответственно (рис.1) [2, 4].

Таблица 1

Виды нарушений здоровья населения, проживающего под воздействием транспортного шума [4]

Поражаемые органы и системы	Нарушения здоровья	Данные о пороговых уровнях шума, дБА
Нервная система	Нервозность (нервное напряжение, раздражение)	35
	Расстройство сна	40
	Когнитивные нарушения	42
	Вегето-сосудистая дистония	60
Система кровообращения	Повышение кровяного давления неспецифическое, без диагноза гипертензии	65
	Гипертензивная болезнь сердца	70
	Ишемическая болезнь сердца	70
	Стенокардия	70
	Инфаркт миокарда	70
Болезни уха и сосцевидного отростка	Шум в ушах (субъективный)	45
	Кондуктивная и нейросенсорная потеря слуха	80
	Потеря слуха, вызванная шумом	80

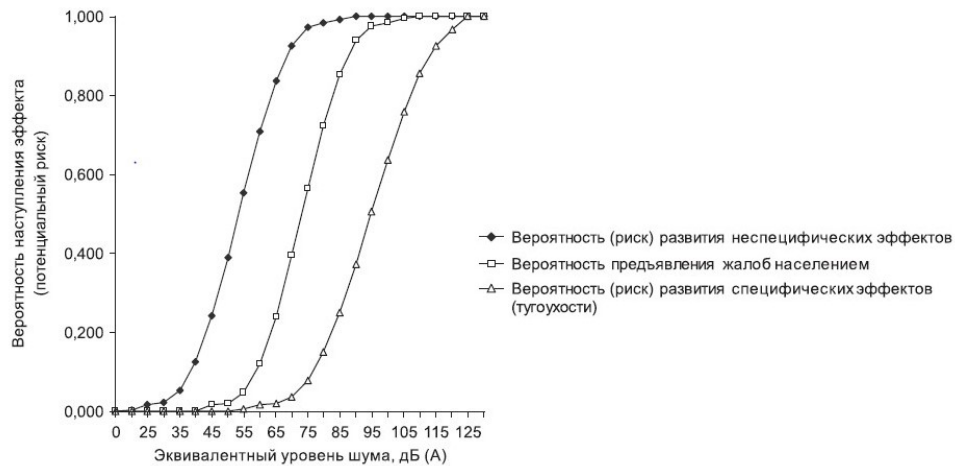


Рис. 1. Вероятность негативных последствий от воздействия шума

Последние наработки в области оценки риска здоровью населения от воздействия транспортного шума собраны в Методических рекомендациях [4]. Представленный там подход предполагает решение системы рекуррентных уравнений (1), построенных на основе математических моделей развития неблагоприятных эффектов под воздействием шума по данным отечественных и зарубежных исследований. Представляется возможной оценка риска нарушений сердечно-сосудистой, нервной систем и органов слуха с учетом времени воздействия фактора шума:

$$\begin{cases} R_{t+1}^{A_{cl}} = R_t^{A_{cl}} + \left[ 0,0118 \cdot R_t^{A_{cl}} + 0,001 \cdot \left\langle \frac{Y_{3t} \cdot (1 - R_t^{A_{cl}})}{50} - 1 \right\rangle - 1 \right] \cdot C \\ R_{t+1}^{A_{cc}} = R_t^{A_{cc}} + \left[ 0,052 \cdot R_t^{A_{cc}} + 0,015 \cdot \left\langle \frac{Y_{3t} \cdot (1 - R_t^{A_{cc}})}{58,5} - 1 \right\rangle - 1 \right] \cdot C \\ R_{t+1}^{A_{nc}} = R_t^{A_{nc}} + \left[ 0,0074 \cdot R_t^{A_{nc}} + 0,0016 \cdot \left\langle \frac{Y_{3t} \cdot (1 - R_t^{A_{nc}})}{43} - 1 \right\rangle - 1 \right] \cdot C \end{cases} ; \quad (1)$$

начальные уровни:

$$R_0^{A_{cl}} = 0,023$$

$$R_0^{A_{cc}} = 0,007$$

$$R_0^{A_{nc}} = 0,02855$$

где  $R_t^{A_i}$  - риск нарушения  $i$ -й системы органов на начальный (заданный) момент времени  $t$ ;  $R_{(t+1)}^{A_i}$  - риск нарушения  $i$ -й системы органов для следующего временного шага  $(t + 1)$  (зависит от  $C$ );  $R_t^{A_{cl}}$ ,  $R_t^{A_{cc}}$ ,  $R_t^{A_{nc}}$  - агрегированный риск развития нарушений различной тяжести слухового аппарата, сердечно-сосудистой системы и нервной системы соответственно (в виде негативных эффектов табл.1) на момент времени  $t$ ;  $Y_{3t}$  - средневзвешенный суточный уровень шума в исследуемый период  $t$ , (дБА);  $C$  - временной эмпирический коэффициент, учитывающий времени воздействия шума (час, день, неделя, месяц, год);  $\langle \rangle$  - скобки Келли, принимающие значения  $\langle x \rangle$  при  $x < 0$  и  $\langle x \rangle = x$  при  $x \geq 0$ .

Модель позволяет рассчитывать риск на любой заданный момент времени  $t$ , а также прогнозные значения как:

$$\Delta R_t^{A_i} = R_t^{A_i} - R_t^{A_i/\phi}, \quad (2)$$

где  $\Delta R_t^{A_i}$  - дополнительный агрегированный риск нарушения  $i$ -й системы органов на момент времени  $t$ ;  $R_t^{A_i}$  - агрегированный риск нарушения  $i$ -й системы органов под воздействием шумовой нагрузки на момент времени  $t$ ;  $R_t^{A_i/\phi}$  - агрегированный риск нарушения  $i$ -й системы органов без воздействия шумовой нагрузки на момент времени  $t$  (фоновый риск).

Данная методика [4] позволяет определить число заболеваний, связанных с воздействием шума по каждому из поражаемых органов и систем в год или другой период времени. С её помощью можно определить число случаев заболеваний на 1000 или непосредственно на количество попадающих под воздействие шума человек, а в дальнейшем, оценив стоимость их лечения, рассчитать экономические потери, связанные с ухудшением здоровья людей.

Также эта методика содержит формулы для расчета доли лиц, раздраженных ночным шумом; с устойчивым нарушением сна при автомобильном шуме; учитывает жалобы населения на шум; беспокойство во сне и т.п., что пока невозможно оценить экономически.

## 2. Экономическая оценка нарушения здоровья

Следующим этапом служит денежное выражение непосредственно затрачиваемых на лечение ресурсов, а также убытков, которые в этой связи несёт общество.

Разработанные на сегодняшний день методики позволяют с определенной достоверностью подсчитать ущерб от заболеваемости, инвалидизации и смертности населения [5]. Последний вид ущерба рассматривать не будем.

Для целей настоящего исследования с учетом представленных в [5 - 9] методик можно предложить следующую классификацию затрат для расчета экономического ущерба от шума:

- по типам: прямые, косвенные и нематериальные;
- по дифференцирующим факторам: пол, возраст, форма течения и стадия заболевания, причина нетрудоспособности, группа инвалидности, сфера занятости;
- по этапам лечения: затраты на профилактику и диагностику заболевания, амбулаторно-поликлиническое или стационарное ведение, на реабилитационные мероприятия или санитарно-курортное лечение;
- по времени лечения: календарный год, нескольких лет или в течение всей жизни.

Наиболее просты в подсчете, в т.ч. в части сбора информации, прямые затраты ( $Z_{пр}$ ). Они отражают стоимость самого лечения. В структуре прямых затрат выделяют медицинские (затраты на диагностику, лечебные и реабилитационные процедуры, лекарственные препараты, содержание больного в лечебном учреждении и т.п.) и немедицинские (накладные расходы самого пациента, например, оплата сервисных услуг в медучреждении, услуги социальных служб, личные транспортные расходы).

Прямые затраты складываются из затрат на каждый этап лечения и расходов пациента:

$$Z_{пр} = Z_{диаг} + Z_{амб} + Z_{стац} + Z_{реаб} + Z_{пац}, \quad (3)$$

где  $Z_{диаг}$ ,  $Z_{амб}$ ,  $Z_{стац}$ ,  $Z_{реаб}$  - затраты на диагностику, амбулаторный этап, стационарный этап и реабилитации соответственно. Эти затраты включают стоимости медицинских процедур, фармакотерапию и расходы на пребывания больного в лечебном учреждении.  $Z_{пац}$  - накладные расходы пациента.

Проводимые на каждом этапе медицинские процедуры оцениваются как произведение стоимости каждой процедуры и их количества.

Стоимость лекарственных препаратов определяют исходя из прописываемых курсовых доз и средних цен упаковки лекарственного средства.

Содержание больного в лечебном учреждении обойдется в стоимость койко-дня, умноженной на количество дней пребывания в стационаре.

В случае, когда заболевание длится годами или необходимо периодическое прохождение какого-либо этапа терапии, затраты оцениваются как произведение стоимости одного года (этапа) лечения и числа лет, на которые оно планируется. Результаты такого анализа имеют прогностический характер, поэтому для получения более точных данных целесообразно применить дисконтирование.

Наличие стандартов оказания медицинской помощи и руководств по лечению пациентов в отношении заболеваний, вызываемых воздействием шума, позволяет более детально рассчитать затраты на их лечение, выделив в числе попадающих под сверхнормативное акустическое воздействие несколько моделей пациентов, различающихся по возрасту, полу и стадии заболевания.

Затраты на одного пациента (группы пациентов одной модели) суммируются по всему количеству выявленных или прогнозируемых случаев заболевания.

Косвенные затраты ( $Z_{к}$ ) связаны с заболеванием неявно, в их числе, например, упущенная выгода как самого заболевшего и членов его семьи (неполученные в связи с заболеванием доходы при невыходе на работу и снижении производительности труда), так отрасли производства и региона в целом.

Здесь также учитывается возрастная составляющая населения в зависимости от трудоспособности. Однако, учитывая, что зачастую за ребенком и пожилыми людьми ухаживают их трудоспособные родители и дети соответственно, этой дифференциацией можно пренебречь.

Для расчета регионального ущерба от заболеваемости ( $Z_{к,р}$ ) применима Методика [8]. Он представляет собой упущенную выгоду в производстве ВВП (объем недопроизведенного ВВП) из-за временного выбытия человека из сферы производства в результате временной нетрудоспособности и рассчитывается в зависимости от возраста ( $x$ ), пола ( $s$ ) и причине нетрудоспособности ( $m$ ) как:

$$Z_{к,рх,с,м} = T_{ВНх,с,м} \cdot \frac{N_{ВНх,с,м}}{N_{ВНс,м}} \cdot \frac{ВВП}{365 \cdot ЧЗ}, \quad (4)$$

где:  $T_{ВНс,м}$  - число дней временной нетрудоспособности;  $N_{х,с,м}$  - число случаев временной нетрудоспособности, равное 1/5 числа случаев временной нетрудоспособности, соответствующей пятилетней возрастной группы;  $N_{с,м}$  - число случаев временной нетрудоспособности в отчетном году;  $ВВП$  - валовой внутренний продукт в Российской Федерации;  $ЧЗ$  - численность занятых в Российской Федерации.

Подсчитанные по каждому дифференцирующему фактору экономические потери ВВП суммируются.

По этой же методике [8] можно рассчитать ущерб (упущенную выгоду в производстве ВВП) вследствие получения человеком инвалидности.

Затраты на пособия (пенсии) по инвалидности и иные социальные выплаты, дополнительные затраты государства на медицинское обслуживание, расходы на оплату листов нетрудоспособности можно рассчитать по методикам, представленным в [9].

В частности, стоимость дня временной нетрудоспособности может быть рассчитана по формуле:

$$C_{ВН} = \frac{ЗП \cdot (БЛ + ЕСН + ПН)}{22} + \frac{ВРП}{350}, \quad (5)$$

где:  $C_{ВН}$  - «стоимость» дня временной нетрудоспособности,  $ЗП$  - средняя заработная плата,  $БЛ$  - больничный лист, %,  $ЕСН$  - единый социальный налог, %,  $ПН$  - подоходный налог, %,  $ВРП$  - валовой региональный продукт на душу населения в год.

К нематериальным затратам ( $Z_{нм}$ ) можно отнести достаточно сложные для экономической оценки показатели, такие как моральный ущерб и индекс QALY (сохранённые годы качественной жизни). Они отражают физические и нравственные страдания человека, связанные как с ухудшениями функций его организма, так и с нарушениями сложившегося образа его жизни.

Методология оценки морального ущерба описывается в работах доктора экономических наук М.В. Дулясовой, индекс QALY применяется в том числе в фармаэкономическом анализе «затраты-полезность».

В целях упрощения расчетов косвенные и нематериальные затраты не стоит детализировать отдельно по видам заболеваний. Достаточно их деление только по полу, возрасту и сфере занятости населения. Прямые же затраты необходимо рассчитать отдельно по каждому виду нарушения здоровья: сердечно-сосудистой системы, нервной системы и органов слуха.

Таким образом, полный социально-экономического ущерб населению от транспортного шума можно представить как:

$$У = Z_{пр}^{сс,нс,сл} \cdot n^{сс,нс,сл} + (Z_{к} + Z_{нм}) \cdot N, \quad (6)$$

где:  $n^{сс}, n^{нс}, n^{сл}$  - число случаев заболеваний сердечно-сосудистой системы, нервной системы и слухового аппарата соответственно,  $N$  - общее число заболевших.

## Заключение

Для оценки эффективности шумозащитных мероприятий необходимо знать величину предотвращаемого в результате их применения ущерба. Существующие на сегодняшний день методики оценки ущерба от воздействия на население транспортного шума основаны на знаниях сорокалетней давности и не позволяют достоверно оценить его величину. Поэтому с учётом последних рекомендаций Роспотребнадзора, Минздравсоцразвития и Минфина России, а также экономических исследований предложены более актуальные подходы к оценке экономического ущерба от транспортного шума.

На основе информации об источниках шума, их характеристиках (частотных, временных), распределении шума на селитебной территории, численности населения, подвергающегося акустическому воздействию, с помощью методики [4] выявляются вероятные нарушения здоровья от такого воздействия и определяется число случаев заболеваний по каждой из систем органов. Далее по каждой группе заболеваний выделяются подгруппы, дифференцируемые в зависимости от возраста, пола, формы течения и стадии заболевания населения. Руководствуясь нормативными медицинскими документами по объёму и порядку оказания медицинской помощи для каждого этапа проводимой терапии по данным преискурантов ведущих ЛПУ, крупных фармацевтических дистрибьюторов, аптечных складов и др. рассчитываются прямые затраты  $Z_{пр}$  по каждой группе (подгруппе, этапу) и суммируются по всему количеству выявленных или прогнозируемых случаев заболевания.

Рассчитываются косвенные затраты от нарушений здоровья. Здесь все пострадавшие делятся только по возрастному критерию, а также в случае расчета регионального ущерба – по сферам занятости. Оцениваются потери в производстве ВВП, расходы на оплату листков нетрудоспособности, прочие социальные выплаты, дополнительные затраты государства на медицинское обслуживание. По возможности оцениваются нематериальные затраты: моральный ущерб и индекс QALY. Косвенные и нематериальные затраты суммируются по численности населения, подвергающегося акустическому воздействию.

На основании представленных подходов к оценке ущерба от транспортного шума возможна разработка методики его определения. Представляется возможным получение универсальных показателей экономического ущерба, вызванного пребыванием человека в помещении с уровнями шума, влияющими на самочувствие и состояние его здоровья (отдельно для ночного и дневного времени суток) в зависимости от уровня шума, возраста населения и других, указанных в статье дифференцирующих факторов.

## Список литературы

1. ОДМ 218.2.013-2011 Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам, утв. Распоряжением Росавтодора (Федерального дорожного агентства) от 13.12.2012 N 995-р.
2. Ушаков И.Б., Клепиков О.В., Попов В.И., Самодурова Н.Ю. Воздействие городского автотранспортного шума с оценкой риска здоровью населения. Гигиена и санитария. 2017, 96(9): с.904-908.
3. Руководство по технико-экономической оценке шумозащитных мероприятий, осуществляемых строительно-акустическими методами [Текст] // М: СТРОЙИЗДАТ, 1981
4. МР 2.1.10.0059–12 «Состояние здоровья населения в связи с состоянием

окружающей среды и условиями проживания населения. Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума. Методические рекомендации».

5. Шеломенцев А.Г., Малинина Е.С. Подходы к экономической оценке потерь здоровья населения. Азимут научных исследований: экономика и управление. 2019; 8 (2(27)): с.241-246.

6. Ягудина Р.И., Куликов А.Ю., Комаров И.А. Методология проведения анализа «затрат» при проведении фармакоэкономических исследований. Фармакоэкономика. 2011; 4(3): с.3-6.

7. Ягудина Р. И., Зинчук И. Ю., Литвиненко М. М. Анализ «стоимости болезни»: виды, методология, особенности проведения в Российской Федерации. Фармакоэкономика. 2012; 5(1): с.4-9.

8. Приказ Минэкономразвития России N 192, Минздравсоцразвития России N 323н, Минфина России N 45н, Росстата N 113 от 10.04.2012 "Об утверждении Методологии расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения" (Зарегистрировано в Минюсте России 28.04.2012 N 23983).

9. Голева О.И. Экономическая оценка потерь от инвалидизации населения в РФ: подходы и методы. Финансы: теория и практика. 2017; 21(5): с.30-39.

## References

1. ODM 218.2.013-2011 Guidelines for traffic noise protection for areas adjacent to roads.

2. Ushakov I.B., Klepikov O.V., Popov V.I., Samodurova N.Yu. Exposure to urban traffic noise with health risk assessment. Hygiene and Sanitation. 2017, 96 (9): pp.904-908.

3. Guidelines for the technical and economic assessment of noise protection measures carried out by construction-acoustic methods [Text] // М: STROYIZDAT, 1981

4. MR 2.1.10.0059–12 "The state of health of the population in connection with the state of the environment and living conditions of the population. Assessment of public health risk from traffic noise. Guidelines"

5. Shelomentsev A.G., Malinina E.S. Approaches to the economic assessment of health losses of the population. Research Azimuth: Economics and Management. 2019; 8 (2(27)): pp.241-246.

6. Yagudina R.I., Kulikov A.Yu., Komarov I.A. Methodology of cost-utility analysis in pharmacoeconomic research. Pharmacoeconomika. 2011; 4(3): pp.3-6. (In Russ.)

7. Yagudina R.I., Zinchuk I.Yu., Litvinenko M.M. Cost of illness analysis: types, methodology, Russian specifics. Pharmacoeconomika. 2012; 5(1): pp.4-9. (In Russ.)

8. Order of the Ministry of Economic Development of Russia N 192, the Ministry of Health and Social Development of Russia N 323n, the Ministry of Finance of Russia N 45н, Rosstat N 113 of 10.04.2012 "On approval of the Methodology for calculating economic losses from mortality, morbidity and disability of the population".

9. O.I. Goleva. Economic Evaluation of Losses From Invalidism of the Population in Russia: Approaches and Methods. Finance: theory and practice. 2017; 21(5): pp.30-39.