

УДК 57.043 (504.058)

В.М. Казиев, З.У. Джуртубаева, А.А. Шавеева

ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет
им. В.М. Кокова, Нальчик, email: val-kaziev@mail.ru

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Ключевые слова: здоровье, шум, ущерб, стоимость, безопасность.

В статье рассмотрены социально-экономические аспекты воздействия шумового загрязнения, которые приводят к общей потере здоровья и утрате трудоспособности, что определяет совокупный материальный ущерб, по средствам зависимости продолжительности работы в годах и часов в сутки, и эквивалентного уровня звука, что выражается через среднегодовую оплату труда, характеризующую увеличение затрат на производство продукта и, как следствие, потерей прибыли предприятия.

V.M. Kaziev, Z.U. Dzhurtubayeva, A.A. Shavaeva

FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik, email: val-kaziev@mail.ru

SOCIO-ECONOMIC ASPECTS OF THE IMPACT OF NOISE POLLUTION

Keywords: health, noise, damage, cost, safety.

The article considers socio-economic aspects of the impact of noise pollution, which lead to a general loss of working capacity, which leads to cumulative material damage, expressed through the dependence of work years and hours per day on the conditions of noise pollution, reflected as an average annual wage, characterized by an increase in the cost of production of the product and as a consequence the loss of profits of the enterprise.

Рассмотрение социально-экономических аспектов влияния шумового загрязнения в рамках неуклонно возрастающего увеличения городских агломераций, которые становятся основным пространством жизнедеятельности населения, является основополагающим вопросом с точки зрения здоровья человека и влияния этого фактора на экономические потери предприятия в целом и оплаты труда в частности.

Цель исследования

Целью исследования является анализ воздействия шумового загрязнения на здоровье человека, приводящего к таким заболеваниям как различная степень слуховых нарушений, психические реакции, отключение вегетативной нервной системы, регулирующей функции внутренних органов, сердечно-сосудистой системы и обмен веществ и как следствие инвалидности, что приводит к экономическим потерям характеризующимися частичной или полной утратой трудоспособности.

Материал и методы исследования

В работе были использованы материалы исследований ученых России и зарубежных стран. Используются методы структурно-функционального анализа, методы наблюдения и исследования конкретных явлений, эксперимент, а также обобщение, классификация и описание результатов исследования эксперимента.

Результаты исследования и их обсуждение

Шумовое загрязнение относится к числу вредных для человека загрязнений окружающей среды.

Для целей данной статьи под шумовым загрязнением будем понимать шум антропогенного происхождения, ухудшающий жизнедеятельность человека, причиняющий вред здоровью человека по средствам физических, химических, биологических, психофизиологических факторов.

Значительное влияние на здоровье и поведение человека оказывает воздействие шума (звука), который «зависит от его интенсивности, спектрального состава, времени суток, типа звука, продолжительности и регулярности воздействия» [5,7].

Звуковая волна характеризуется частотой (высотой) и амплитудой (громкостью) колебаний, длиной волны (продолжительностью), спектром (тембром).

Звуковая волна измеряется в герцах (Гц), 1 герц равен частоте 1 колебания в секунду. Амплитуда показывает силу давления, создаваемого звуковой волной, измеряется в децибелах и показывает не силу давления звука, а во сколько раз это давление больше минимального уровня давления, которое может уловить ухо человека. При этом громкость зависит не только от амплитуды, но и от частоты колебаний в единицу времени.

Шумовое загрязнение сплошного широкополосного спектра, 300-800 Гц, от низко до высокочастотных излучений, менее раздражительно, чем ограниченная в определенном интервале частота колебаний. Наибольшее негативное воздействие на организм человека вызывают шумовые загрязнения в диапазоне частот 3000-5000 Гц [6,8].

Количество колебаний в единицу времени – частота звука, начинает наносить вред организму человека при 75 дБА, при 120 дБА вызывает ярко выраженные болезненные ощущения и может при вести к смертельному исходу при 180 дБА.

Нормативная интенсивность звуковой волной в жилых помещениях является 40 дБА днем и 30 дБА – ночью. В среднем для города нормальным шумом считается 55 дБА [6].

В рамках городской застройки в силу расположения строений фронтально, происходит отражение звуковых волн и кратное увеличение шума. В дневное время на главных магистральных улицах больших населенных пунктах шумовое загрязнение создается легковыми, грузовыми автомобилями, автобусами и рельсовым транспортом. Уровень шума от данных транспортных средств варьирует в пределах 75 – 90 дБА [4] в дневное время и снижается в ночное, и составляет 45 – 55 дБА, и во многом зависит от их количества и технического состояния.

Исследования показывают, что в случае проезда по улице порядка 200 автомобилей в час создается шумовое загрязнение на уровне около 60 дБА. В случае проезда порядка 1000 и более автомобилей уровень шума возрастает до 70 дБА. Грузовые автомобили усиливают шум

в зависимости от их количества в общем потоке на 6 дБА. Удвоение числа автомобилей увеличивает шум на улице на 3 дБА [1,2,13].

Мощное шумовое загрязнение создают вертолеты и самолеты, вызывая ухудшение слуха и другие болезненные явления у работников наземных служб аэропорта, а также у жителей населенных пунктов, над которыми они пролетают. Отрицательное воздействие на людей зависит не только от уровня максимального шума, создаваемого самолетом при полете, но и от продолжительности действия, общего числа пролетов за сутки и фонового уровня шумового загрязнения. На интенсивность шумового загрязнения и площадь распространения звука существенное влияние оказывают такие метеорологические условия как, распределение скорости ветра и температуры воздуха по высоте приземистого слоя, так же облака и осадки [11-13].

Шумовое загрязнение может вызывать у человека различные психические реакции, отключение вегетативной нервной системы, регулирующей функции внутренних органов, сердечно-сосудистой системы и обмен веществ, повреждения слуха, а при высоких уровнях громкости вызывает болезненные ощущения [11].

При интенсивности шумового загрязнения в «диапазоне 140-145 дБА возникают вибрации в мягких тканях носа и горла, в костях черепа и зубах, грудной клетки, в мышцах рук и ног, появляется боль в ушах и голове, усталость и раздражительность, а при увеличении шумового загрязнения выше уровня 160 дБА может произойти разрыв барабанных перепонок [13]. Также отрицательно влияет на центральную нервную систему человека и работу сердца и его динамику, изменяет, биопотенциалы и вызывает биохимические изменения в структурах головного мозга [5].

Современная наука опирается на концепцию биологической эквивалентности эффектов влияния шумового загрязнения, на здоровье исходя из того, что изменение громкости в 2 раза соответствует изменению уровня звука на 10 дБА. Эта концепция подтверждена исследованиями, проведенными с использованием социально-гигиенических, физиолого-гигиенических и клинических методов [13].

Таблица 1

Вероятность наступления некоторой степени заболеваний (V_s) [3,5]

Уровень звука постоянного шума, L_{pAeq} , дБА	Интервал времени воздействия T , лет				
	5	10	15	20	25
85	0,01	0,03	0,05	0,06	0,07
90	0,04	0,10	0,14	0,16	0,16
95	0,07	0,77	0,24	0,28	0,29
100	0,12	0,29	0,37	0,42	0,43
105	0,18	0,48	0,53	0,58	0,60
110	0,26	0,55	0,71	0,78	0,78
115	0,36	0,71	0,83	0,87	0,84

Для определения социально-экономического влияния шумового загрязнения за основу принимаем влияние звукового давления (шума) на снижение слуха – нейросенсорную тугоухость, при этом понимая, что это не самостоятельная патология, а результат комплекса заболеваний уха и нервной системы.

Связь воздействия шумового загрязнения на порог слышимости и потерю слуха регламентируется стандартом ГОСТ Р ИСО 1999-2017 [2]. Параметры прогноза влияния шума на порог слышимости на основании уровня звука постоянного шума (эквивалентный уровень звука) на интервале времени L_{pAeq}, T дБА, и вероятное количество людей, у которых ожидается состояние от ухудшения до полной потери слуха в процентном отношении устанавливает СП 51.13330.2011 [12].

Основные социально-экономические аспекты влияния шумового загрязнения связаны с уровнем звукового давления в нормируемом диапазоне частот, откорректированных по частотной характеристике (A) шумомера и характеризуется вероятностью (V_s) нанесения вреда организму человека в частности, слуховому аппарату.

Вероятность наступления некоторой степени повреждения слухового аппарата зависит от суммы октавных уровней звукового давления и их продолжительности во времени на человека.

Анализ вероятности повреждения слуха были проведены в работах российских ученых [4,5,6,7,9] и с группированы в таблице 1.

Социально-экономический ущерб (СЭУ) наносимый шумовым загрязнением характеризуется количеством исследуемых и качественным состоянием таких заболеваний как психические реакции, отключение вегетативной нервной системы, регулирующей функции внутренних органов, сердечно-сосудистой системы и обмен веществ, повреждения слуха [9-11].

Социально-экономический ущерб (СЭУ) определяется эффективностью противодействия заболеваниям (S) и экономический ущерб (ΔB) применения противозумовых мероприятий.

Эффективность противодействия заболеваниям (S) будет зависеть от количества людей W находящихся в зоне шумового загрязнения.

Эффективность противодействия заболеваниям определяется по формуле, в %:

$$S = \left(1 - \frac{V_{s2} \cdot W_2}{V_{s1} \cdot W_1} \right) \cdot 100, \quad (1)$$

где W_1 и W_2 – количество заболевших людей до и после воздействия шумового загрязнения; V_{s1} и V_{s2} – вероятность наступления некоторой степени заболеваний до и после воздействия шумового загрязнения.

Положительная эффективность противодействия заболеваниям является ситуация, при которой значение формулы (1) будут меньше ноля.

Эффективность противодействия заболеваниям зависит от мероприятий предусмотренных проектной документацией на момент строительства. А также

будет зависима от научно-технического прогресса (НТП) в результате применения новой техники и технологий и новых конструктивных решений, что позволит снизить число подвергающихся шумовому загрязнению, что уменьшит число заболеваний.

Если в результате НТП эквивалентный уровень шума увеличится с 90 до 95 дБА, а число заболевших меньше вдвое ($W_1 / W_2 = 2$), то эффективность противодействия заболеваниям S_{51} в интервале времени 5 лет, составит:

$$S_{51} = \left(1 - \frac{0,09}{2} \cdot 0,04 \right) = 0,9964.$$

Если уровень шума увеличится с 95 до 100 дБА, а число заболевших меньше вдвое ($W_1 / W_2 = 2$), то эффективность противодействия заболеваниям S_{52} будет уменьшаться, а заболевания увеличиваться и составит:

$$S_{51} = \left(1 - \frac{0,09}{2} \cdot 0,12 \right) = 0,9892.$$

Такая ситуация соответствует положению, при котором увеличение шумового загрязнения увеличивает число заболеваний. Необходимо отметить, что при уменьшении эквивалентного уровня шума и при увеличении числа подвергающихся воздействию шумового загрязнения, также будет происходить рост числа заболеваний.

Экономический ущерб (ΔB) в результате заболеваний отражается в затратах, обусловленных ростом числа дней временной нетрудоспособности или частичной утратой общей трудоспособности, повышенным утомлением здоровых рабочих, а в некоторых случаях и более ранним выходом на пенсию и дополнительным отпуском [1,11,12].

Экономический ущерб (ΔB) обусловленный заболеваемостью от шумового загрязнения рассматриваем с точки зрения критериев, которыми пользуются при определении утраты трудоспособности в результате профессиональных заболеваний, согласно [10], в %:

$$\Delta B_1 = 0,16 (L_{pAeq} - 75). \quad (2)$$

Если уровень звука постоянного шума L_{pAeq} не превышает 60-75 дБА, за-

болеваемость вследствие шумового загрязнения практически отсутствует.

Таким образом, ущерб, нанесенный потерей здоровья в виде стойкой утраты общей трудоспособности или повышенной утомляемости через определенное количество лет (T_0) при воздействии шумового загрязнения в виде звука постоянного шума L_{pAeq} , который имеет то же самое среднеквадратическое значение звукового давления в течение T лет, определяем по формуле:

$$\Delta B_2 = 2 \left(\Delta Y_1 + \left(\frac{T_0 - T}{T} \right) \cdot \Delta Y_2 \right), \quad (3)$$

где $\Delta Y_1 = 7,5 \times 3^{1/\lambda} \lambda^{-1}$ – среднее количество не трудоспособных в условиях шумового загрязнения за определенное количество лет; $\Delta Y_2 = 7,5 \times 3^{1/\lambda} \lambda^{-1} (1 - [1 - B(T)]^\lambda)$ – количество не трудоспособных исследуемого местоположения за определенное количество лет, где $t = 1g [1 - B(10)] 1g^{-1} [1 - P(T)]$; $\lambda = 1 + 0,4771g [1 - B(10)]$, где $B(T)$ и $B(10)$ – вероятность наступления заболеваний при заданном уровне звука постоянного шума через определенное количество лет T и 10 лет воздействия [2,14,15,17].

Отношение $\left(\frac{T_0 - T}{T} \right)$ в формуле (3)

определяет ущерб связанный с утратой общей трудоспособности в условиях шумового загрязнения с уровнем звука постоянного шума ниже 85 дБА при условии $T_0 > T$.

Суммарный ущерб от шумового загрязнения характеризуется количественным и качественным состоянием заболеваний, обусловленный эквивалентным уровнем звука, и суммируется для определения, в %:

$$\Delta B = \Delta B_1 + \Delta B_2. \quad (4)$$

Ежегодные материальные потери от воздействия шумового загрязнения в течение срока воздействия определяются по формуле:

$$\lambda = \left(\frac{1,5 \cdot U \cdot R}{100} \right) \cdot \Delta B, \quad (5)$$

где U – среднестатистическая оплата труда; R – количество людей, получивших эквивалент шумового загрязнения.

Таблица 2

Нанесенный материальный ущерб ΔВ %, в зависимости от работы лет и часов в сутки, в условиях шумового загрязнения

Лет воздействия	Время воздействия, часов	Интенсивность шумового загрязнения, дБА						
		85	90	95	100	105	110	115
1	6	-	2,0	3,5	5,5	7,5	9,5	12,0
5	10	0,5	2,5	5,0	7,6	10,0	12,2	15,6
10	6	0,7	3,5	6,0	10,5	13,0	17,7	22,0
	10	1,1	4,6	8,1	12,6	17,6	22,9	27,8
25	6	1,2	6,1	10,0	16,0	23	32,0	42,5
	10	2,0	9,0	14,9	25,2	36,5	48,0	60,0
Среднее	6	0,9	3,8	4,5	10,6	14,5	19,7	24,8
	10	1,2	5,4	9,4	15,1	21,3	27,7	34,4

Материальный ущерб ΔВ определяется по формуле (4), T – время воздействия в сутки, T₀ – сколько лет воздействия, и L_{рАeq} – интенсивность шумового загрязнения.

Социально-экономические аспекты борьбы с шумовым загрязнением возможно выразить по средствам заданного срока окупаемости инвестиционных вложений через нормативный срок окупаемости капитальных вложений:

$$H = \left(\frac{1,53 \cdot U_k \cdot R}{100} \right) \times \left(\Delta B_1 - \Delta B_2 \right) - \left(\frac{C}{Y} + 1 \right), \quad (6)$$

где ΔВ₁ и ΔВ₂ – экономический ущерб с точки зрения критериев утраты трудоспособности в результате профессиональных заболеваний, через определенное количество лет (T₀) при воздействии шумового загрязнения в виде звука постоянного шума L_{рАeq}; U_k – среднестатистическая оплата труда в исследуемом регионе, U_k = U₀ (1 + i × Y / 200), где U₀ – среднегодовая заработная плата, i – рост инфляции, %; C – затраты на противозумовые мероприятия; Y – заданный срок окупаемости инвестиционных вложений; l – эксплуатационные расходы на содержание средства защиты от шумового загрязнения.

Социально-экономические аспекты воздействия шумового загрязнения, выраженные через совокупный материальный ущерб (ΔВ%), сведены в таблицу 2.

Выводы

Для определения социально-экономического влияния шумового загрязнения за основу принято влияние звукового давления (шума) на снижение слуха – нейросенсорную тугоухость, при этом понимая, что шумовое загрязнение вызывает различные заболевания вегетативной нервной системы, сердечно-сосудистой системы, ухудшает обмен веществ, нейросенсорную тугоухость.

В результате увеличения эквивалентного уровня шума с 90 до 95 дБА эффективность противодействия заболеваниям составляет 0,9964, при увеличении шума с 95 до 100 дБА эффективность противодействия заболеваниям уменьшится до 0,9892. Если уровень звука постоянного шума не превышает 60-75 дБА, заболеваемость вследствие шумового загрязнения отсутствует.

При увеличении эквивалентного уровня шума на 5 дБА социально-экономический ущерб будет неуклонно повышаться в виде стойкой утраты общей трудоспособности при воздействии шумового загрязнения в виде звука постоянного шума в течение 25 лет интенсивностью 115 дБА и составит около 60% от среднегодовой оплаты труда, при интенсивности шумового загрязнения 85 дБА в течение того же срока составит 2%.

Библиографический список

1. Гигиенические рекомендации по устранению уровней шума на рабочих местах с учетом напряженности и тяжести труда № 2411—81. М.: Минздрав СССР, 1981. 10 с.
2. ГОСТ Р ИСО 1999-2017. Национальный стандарт российской федерации. Акустика. Оценка потери слуха вследствие воздействия шума. М.: Стандартинформ, 2017. 24 с.
3. ГОСТ Р ИСО 389-7-2023. Государственная система обеспечения единства измерений. Акустика. Опорный нуль для калибровки аудиометрической аппаратуры. Часть 7. Опорный порог слышимости при прослушивании в условиях свободного и диффузного звуковых полей. М.: Российский институт стандартизации, 2023. 16 с.
4. ГОСТ 27436-87 (СТ СЭВ 4864-84). Внешний шум автотранспортных средств. Допустимые уровни и методы измерений.
5. Юдин Е.Я., Борисов Л.А., Горенштейн И.В. и др. Борьба с шумом на производстве: Справочник / под общ. ред. Е.Я. Юдина. М.: Машиностроение, 1985. 400 с.
6. Дахова О.О. Шумовое загрязнение города Нальчик // Материалы Международной научно-практической конференции. МОиН РФ, Учреждение Российской академии наук Геофизический центр РАН, Управление природными ресурсами и охраны окружающей среды Республики Адыгея, Государственное образовательное учреждение «Майкопский государственный технологический университет». Майкоп: Издательство «Магарин Олег Григорьевич» 2011. С. 76-84.
7. Лазаренков А.М., Филянович Л.П., Кот Т.П., Мордик Е.В. Учебно-практическое пособие по расчетам в охране труда. Минск: БНТУ, 2018. 190 с.
8. Лазаренков А.М., Ушакова И.Н. Охрана труда: учебно-методическое пособие для практических занятий. Минск: БНТУ, 2011. 205 с.
9. Полянский Д.А. Разработка научных основ совершенствования охраны труда в электроэнергетике в условиях внедрения энергосберегающей техники и технологии: дис. ... канд. тех. наук. Москва, 2004. 142 с.
10. Приказ Минтруда России от 30.09.2020 N 687н (с изм. от 14.12.2023) «Об утверждении критериев определения степени утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_371033/282fb33b02e007e162b722ee7ad2dc5ecc2c22d7/ (дата обращения 11.01.2025).
11. Радоуцкий В.Ю. Улучшение условий труда работников шумных производств агропромышленного комплекса на примере ОАО «Белагромаш-Сервис»: дис. ... канд. тех. наук. Орел, 2004. 154 с.
12. Постановление от 28 января 2021 года N 2 Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (с изменениями на 30 декабря 2022 года). [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 28.12.2024).
13. Сергиенко В.П., Бухаров С.Н. Вибрация и шум в нестационарных процессах трения. Минск: Белорусская наука, 2012. 346 с.
14. Суворов Г.А., Шкаринов Л.Н., Денисов Э.И., Овакимов В.Г. Принципы дифференциального нормирования производственного шума: Материалы III Всесоюзной конференции по борьбе с шумом и вибрацией. Действие шума и вибрации на организм. Челябинск: ВНИИТБчермет, 1980. С. 126-129.
15. Суворов Г.А., Шкаринов Л.Н., Денисов Э.И., Овакимов В.Г. Теоретические основы гигиенического нормирования шума // Вестник АМН СССР, 1981. С. 62-66.
16. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Санитарные нормы. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. 2.1.8. Физические факторы окружающей природной среды. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. 16 с.
17. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с Изменением N 1). [Электронный ресурс]. URL: <https://gusn.mosreg.ru/deyatelnost/knd/gosudarstvennyy-stroitelnyy-nadzor/normativno-pravovye-akty-soderzhashie-obyazatelnye-trebovaniya/14-09-2018-12-52-28-sp-51-13330-2011-zashchita-ot-shuma-aktualizirovan> (дата обращения: 08.01.2025).