К ВОПРОСУ О БЕЗОПАСНОСТИ КРАТКОВРЕМЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОИНТЕНСИВНОГО ШУМА ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ТОНАЛЬНОСТИ

¹ Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6);

² Научно-исследовательский испытательный институт военной медицины
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Лесопарковая, д. 4)

Актуальность. Внедрение специальных звуковых установок в систему обеспечения безопасности обуславливает необходимость проведения медико-биологической оценки воздействия звукового сигнала.

Цель – оценить безопасность воздействия специального звукового сигнала (высокоинтенсивного среднечастотного шума с изменяющейся тональностью с частотой 7 Гц).

Методика. В лабораторных условиях проведены эксперименты с участием добровольцев при уровнях звука 94, 110 дБА и экспозиции 20 мин (в том числе с применением средств индивидуальной защиты органа слуха).

Результаты и их анализ. Воздействие на человека специального звукового сигнала с уровнем звука 94 дБА на протяжении 20 мин не оказывает существенного влияния на состояние органа слуха и не вызывает ухудшение общего самочувствия. Установлено, что уровень звука 110 дБА субъективно является переносимым. Однако после указанного воздействия в течение 20 мин отмечено ухудшение общего самочувствия добровольцев, сопровождающееся последующим нарушением сна, сохраняющееся через сутки после воздействия. Повышение порогов звуковосприятия на частотах 3000, 4000 и 6000 Гц достигало 50–55 дБ с задержкой сроков их восстановления до 5 сут. Путем аутоэксперимента установлено, что уровень звука 126 дБА является добровольно непереносимым и вынуждает человека покинуть зону воздействия или закрыть уши руками. Применение эффективных средств индивидуальной защиты органа слуха позволяет избежать ухудшения общего самочувствия при нахождении человека в зоне с уровнем звука 110 дБА не менее 40 мин.

Заключение. По результатам исследований установлено безопасное время нахождения людей, подвергающихся действию специального звукового сигнала, с уровнем звука до 120 дБА, а также определены характеристики средств индивидуальной защиты органа слуха, обеспечивающие эффективный уровень защиты.

Ключевые слова: безопасность труда, гигиена труда, военная гигиена, акустическая установка, специальный звуковой сигнал, уровень звука, тональный шум, аудиометрия, профессиональная тугоухость, индивидуальное средство защиты.

Введение

Известно, что повышенный шум на рабочем месте оказывает вредное влияние на организм человека, вызывая неблагоприятные изменения в его органах и системах. При этом специфическим клиническим проявлением вредного действия шума является стойкое нарушение слуха, рассматриваемое как профессиональное заболевание. Вероятность возникновения профессиональной тугоухости зависит от сочетания двух факторов: уровня воздействующего шума и стажа работы в этих условиях [10].

По характеру спектра шума выделяют:

а) тональный шум, в спектре которого имеются выраженные тоны. Тональный характер шума для практических целей устанавливается измерением уровней звукового давления в $1/3$ -октавных полосах в диапазоне частот 25–10 000 Гц по превышению уровня в одной из $1/3$ -октавных полос над соседними не менее чем на 10 дБ или по превышению суммарного уровня двух соседних $1/3$ -октавных полос, уровни которых отличаются менее чем на 3 дБ, над соседними не менее чем на 12 дБ;

✉ Рыжиков Михаил Александрович – нач. науч.-исслед. лаб. (гигиены воен. труда) Науч.-исслед. центра, Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, ул. Акад. Лебедева, д. 6), e-mail: doctormiker83@gmail.com;

Кузнецов Максим Сергеевич – канд. мед. наук, препод. каф. оториноларингологии, Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, ул. Акад. Лебедева, д. 6), e-mail: mskuznecov2@mail.ru;

Логаткин Станислав Михайлович – д-р мед. наук, ст. науч. сотр. Гос. науч.-исслед. испыт. ин-та воен. медицины (Россия, 195043, Санкт-Петербург, ул. Лесопарковая, д. 4), e-mail: logatkin.stanislav@yandex.ru;

Кузнецов Сергей Максимович – канд. мед. наук доц., зав. каф. общей и воен. гигиены с курсом воен.-морской и радиац. гигиены, Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, ул. Акад. Лебедева, д. 6), e-mail: kusnez-s-maks@mail.ru

б) широкополосный шум, не содержащий выраженных тонов [8].

Многочисленные исследования показали, что при равном интегральном уровне шума развитие профессиональной тугоухости будет наблюдаться чаще и при меньшем стаже работ, если шум на рабочем месте преимущественно импульсный. Существует точка зрения, что аналогичный негативный эффект может быть вызван воздействием тонального шума, однако в настоящее время недостаточно данных, чтобы связать наличие тонального шума на рабочем месте с ускоренным развитием тугоухости. Вместе с тем, тональный шум оказывает более выраженное общее раздражающее действие на центральную нервную систему, обуславливая, тем самым, развитие неспецифических проявлений влияния шума на организм работника [10].

Наиболее высокие нормативные уровни постоянных шумов установлены для рабочих мест в промышленности и на транспорте. В нашей стране они регламентированы санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [11], согласно которым допустимый уровень звука составляет 80 дБ для труда, характеризующегося легкой физической нагрузкой и легкой напряженностью. С увеличением напряженности и тяжести труда нормативные уровни снижаются. Для тональных и импульсных шумов предусматривается уменьшение предельно допустимого уровня на 5 дБА [3, 11]. В обоснованных случаях допускается превышение уровня звука на рабочих местах, но тогда условия труда уже становятся недопустимыми, а вредными (класс 3). При этом класс 3 подразделяется на 4 степени в зависимости от превышения уровня звука над допустимым [3, 7].

По отношению к воздействию на человека шума с высоким уровнем некоторые из утверждений таковы: инфразвук на уровне 110–130 дБ вызывает боль в желудке и сильную тошноту; крайние уровни беспокойства и расстройства достигаются при минутных экспозициях на уровнях от 90 до 120 дБ на низких частотах (от 5 до 200 Гц), сильные физические травмы и повреждение тканей – на уровне 140–150 дБ; на низких частотах резонансы в теле могут привести к кровотечению и спазмам; в диапазоне средних частот (0,5–2,5 кГц) резонансы в воздушных полостях тела могут вызвать нервное возбуждение [9, 12].

Данные принципы воздействия шума положены в основу создания специальных акустических установок [2, 4, 5]. Так, американские солдаты в Ираке использовали для разгона

плохо вооруженных толп акустическую установку LRAD (Long Range Acoustic Device), передающую оглушительный шум в направленном луче с уровнем 150 дБ на частотах 2100–3100 Гц. Подобные звуковые пушки США начали применять на военных кораблях с 2000 г., чтобы препятствовать приближению маленьких лодок на опасное расстояние [6]. Акустические пушки HyperSpike способны создавать уровень звукового давления свыше 150 дБ при достаточно широком диапазоне частот (от 375 Гц до 18 кГц). HyperSpike способны направлять сфокусированный аудиолуч на расстояние до 5000 м, при этом сохраняется высокий индекс разборчивости передаваемых речевых сообщений. Генерируемое устройством звуковое давление не позволяет приблизиться из-за нарастания уровня звукового давления, при этом громкость звука становится непереносимой, и могут возникать болевые ощущения [1].

Особенности воздействия подобного высокоинтенсивного шума, изменяющегося по частоте, изучены недостаточно. Цель исследования – оценить безопасность воздействия специального звукового сигнала (высокоинтенсивного среднечастотного шума с изменяющейся тональностью с частотой 7 Гц).

Материал и методы

Для проведения экспериментального исследования применяли звуковое оборудование, разработанное ООО «Специальные звуковые технологии», включающее: акустический излучатель «АИ-300» (рисунок, а, б), блок усиления и сопряжения «БУС-24» (см. рисунок, в) и пульт управления «ПУ-02» (см. рисунок, г).

Исследования провели с участием добровольцев в лабораторных условиях, у которых было получено добровольное информированное согласие, в соответствии с требованиями действующих законов и нормативных актов. В качестве добровольцев привлекали практически здоровых лиц мужского пола в возрасте от 21 до 31 года, не имеющих ухудшения функции органа слуха. Добровольцам разъяснили, что в любой момент в ходе эксперимента в случае возникновения каких бы то ни было неприятных ощущений или ухудшения общего самочувствия можно прекратить воздействие специального звукового сигнала, одеть наушники и покинуть зону воздействия.

Добровольцы 1-й группы (n = 5) первоначально подвергались воздействию с уровнем звука 94 дБА и экспозицией 20 мин, что соответствовало по энергии действию постоянно-

а) акустический излучатель «АИ-300»

б) акустический излучатель «АИ-300» (вид сзади)

в) блок усиления и сопряжения «БУС-24»

г) пульт управления «ПУ-02»

Основные элементы звукового оборудования.

го шума за 8-часовой рабочий день 80,2 дБА и практически отвечало допустимому эквивалентному уровню (класс 2 [7]) при оценке условий труда на рабочих местах в промышленности. Добровольцы находились в положении сидя на заранее определенном расстоянии от излучателей.

С учетом получения положительных результатов исследования эксперименты продолжили во 2-й группе добровольцев ($n = 5$) при уровне звука 110 дБА и планируемой экспозиции 20 мин. Эквивалентный уровень звука при этом составил 96,2 дБА. Добровольцы находились в состоянии покоя, сидя на стульях.

При обследовании добровольцев до и после эксперимента оценивали общее самочувствие, проводили отоскопию, оценку слуха шепотной речью. Аудиологическое исследование включало:

- тональную пороговую аудиометрию, которую выполняли на клиническом аудиометре «АД-226» в диапазоне частот 125–8000 Гц через 5–10 мин после акустического воздействия, а при наличии существенного повышения порога слуха – до полного его восстановления;

- оценку вызванной отоакустической эмиссии на частоте продукта искажения (Distortion-product otoacoustic emissions, DPOAE) с использованием системы для регистрации отоакустической эмиссии фирмы «Interacoustics» (Дания).

Результаты и их анализ

Уровень звука, создаваемый звуковым оборудованием в свободном акустическом поле, составлял 120, 110, 105 и 100 дБА соответственно на удалении 32, 75, 101,5 и 140 м от излучателей. Исследования показали, что специальный звуковой сигнал являлся, преимущественно, среднечастотным, максимальный уровень звука при этом приходился на полосы 2000 и 3150 Гц. Низкочастотные составляющие имели уровень звукового давления примерно в 100 раз меньше, чем на указанных частотах. Звуковой сигнал формировался чередованием частотных полос 2000 и 3000 Гц. Причем указанное чередование происходило с частотой 7 Гц, что примерно в 10 раз меньше резонансных частот для органов груди и живота.

Исследованиям с участием испытуемых-добровольцев предшествовала проведенная в аутоэксперименте проверка субъективного восприятия и переносимости кратковременного воздействия звукового сигнала с уровнем звука до 126 дБА. При этом установлено, что уровень звука сигнала до 120 дБА воспринимался как меняющийся по тональности с определенной периодичностью, не вызывал болевых ощущений и являлся переносимым при кратковременном воздействии. Более длительное воздействие признавалось недопустимым. При таком уровне сигнала речевое общение было практически невозможно. В то же время, увеличение звукового давления в 2 раза (до уровня 126 дБА) вызывало неприятные ощущения, близкие к болевым. Создавалось впечатление наличия колебания барабанных перепонки с изменением тональности звукового сигнала. Субъективно указанное воздействие оценивалось как добровольно непереносимое.

В процессе эксперимента воздействие специального звукового сигнала добровольцы 1-й группы оценивали как допустимое. После акустической нагрузки жалоб на ухудшение общего самочувствия не последовало. Все добровольцы отметили наличие легкого шума в ушах высокочастотного характера. При отоскопии у 2 обследуемых наблюдалась инъекция сосудов по ходу рукоятки молоточка, что следует рассматривать как начальные признаки раздражения барабанной перепонки под влия-

нием акустической нагрузки. Ухудшения слуха при проверке шепотной речью не отмечено.

В результате проведения тональной пороговой аудиометрии максимальное повышение порога слуха наблюдалось на частоте 6000 Гц и составило 20 дБ. На низких частотах повышения порогов слуха не отмечено. Имел место нисходящий тип кривых аудиограммы без костно-воздушного разрыва. Через 16 ч после воздействия произошло полное восстановление функции органа слуха.

Наблюдения в процессе эксперимента во 2-й группе добровольцев показали, что при таком уровне звука их поведение было обычным. Они могли переговариваться между собой, некоторые использовали мобильные телефоны для поиска данных в Интернете и компьютерных игр. Способность к активным действиям сохранялась.

Несмотря на предупреждение, сделанное до начала исследования, о своих ощущениях и субъективном состоянии добровольцы сообщили только после его окончания (табл. 1).

Как видно из данных, приведенных в табл. 1, даже 20-минутное воздействие специального звукового сигнала приводит к выраженному ухудшению общего самочувствия с относительно длительным эффектом последствия. Имели место жалобы не только со стороны органа слуха, но и общего плана. Все добровольцы заявили, что не хотели бы подвергаться подобному воздействию в последующем.

Таблица 1

Субъективное состояние испытуемых-добровольцев, подвергшихся воздействию звукового сигнала с уровнем звука 110 дБА

Фамилия	Субъективное состояние добровольцев		
	Во время воздействия	После воздействия	Через 16 ч
Д-й	Звуковой сигнал неприятен, но терпим	Ощущение звона и заложенности в ушах от 30 мин до 2 ч	Ощущение подавленности
П-н	Звуковой сигнал неприятен, но довольно терпим. Чувство сонливости, ухудшение настроения. Последние 5–7 мин хотелось закрыть уши	Ухудшение общего самочувствия, заложенность в ушах. Интенсивный звон в ушах, который стал уменьшаться спустя 1 ч после воздействия	Нарушение сна (уснул только к 6–7 ч утра). Заложенность в правом ухе сохранилась, звон прошел. При появлении подобного звукового сигнала (автомобильной сигнализации) возникали неприятные ассоциации
А-н	Воздействие звукового сигнала оценивается как сильное, но переносимое. Чувство апатии, желание закрыть уши	Нарушение ориентации, головокружение, апатия, состояние подавленности. Звон в ушах	Нарушение сна (уснул только в 4–5 ч утра). Звон в ушах сохранялся ночью. Ничего не хочется делать
П-в	Воздействие звукового сигнала вызывает тревожное состояние, дискомфорт	Нарушение ориентации, головокружение, ухудшение настроения. Заложенность в ушах, звон, сохранившиеся до отхода ко сну	Общее состояние хорошее, настроение улучшилось. Заложенность в левом ухе сохранилась
Я-в	Звуковой сигнал вызывает неприятное ощущение и чувство страха. Первоначально отмечается чувство давления на голову. Через 10 мин наступает привыкание	Гул в ушах, легкая тошнота. Появилась головная боль, которая прошла к ночи	Нарушение сна из-за звона в ушах (часто просыпался). Чувство слабости, апатия. Ничего не хочется делать

По-видимому, нарушение ориентации, легкая тошнота, апатия, состояние подавленности обусловлены особенностями специального звукового сигнала, а именно: высоким уровнем звука и низкочастотным (7 Гц) изменением его спектральных составляющих во времени.

При проведении отоскопии после воздействия сигнала у 3 добровольцев наблюдалась нормальная отоскопическая картина, у 2 – имела место инъекция сосудов по ходу рукоятки молоточка, у 4 – восприятие шепотной речи уменьшилось незначительно (с 6 до 5 м) и у 1 – осталось без изменения.

При аудиометрическом исследовании установлено значительное повышение порогов звуковосприятия по воздуху до 40–55 дБ преимущественно в частотных полосах 3000 Гц и выше (табл. 2). Максимальное повышение порогов слуха имело место на частотах 3, 4 и 6 кГц. Пороги звуковосприятия по кости также повышались до 40–45 дБ (у 3 испытуемых) и до 20–25 дБ у остальных.

Полученные данные свидетельствуют о нарушении функции органа слуха по смешанному типу (частично за счет звукопроводения и частично за счет звуковосприятия). Пороги слуховой чувствительности восстановились полностью, у 2 добровольцев – через 3 сут, а у 3 – только через 5 сут. При проверке шепотной речью слух вернулся к исходному состоянию через 16 ч после воздействия.

Отоакустическая эмиссия (ОАЭ) определялась на частотах 1, 2, 4 и 6 кГц при фиксированной интенсивности. Исследования, проведенные через 1 сут после эксперимента, позволили установить, что уровень ОАЭ на частотах продукта искажения снижался у всех испытуемых хотя бы на одной частоте. Снижение уровня ОАЭ на 3–4-й исследованных частотах отмечено у 3 человек. При этом средние значения (по 10 ушам) на частотах 1 и 2 кГц существенных изменений не претерпели по сравнению с исходным уровнем ОАЭ ± 3 дБ. Среднее снижение уровня ОАЭ на высоких частотах (4 и 6 кГц) получено равным 8 дБ, однако индивидуальные различия были

значительными (от 3,7 до 33,1 дБ), что, вероятно, обусловлено индивидуальной чувствительностью к действию шума.

Наличие таких изменений после воздействия специального звукового сигнала свидетельствует об угнетении наружных волосковых клеток спирального (кортиева) органа. При этом замечено, что у 1 из добровольцев с изначально высоким уровнем ОАЭ (19,4–20,3 дБ) наблюдалось наибольшее повышение порогов слуховой чувствительности после воздействия звукового сигнала, а также наиболее выраженное ухудшение общего самочувствия (шум в ушах, дезориентация, нарушение сна, головная боль).

Полученные данные в целом согласуются с результатами аудиометрических исследований, в ходе которых установлено преимущественное повышение порогов слуховой чувствительности на высоких частотах, при минимальных изменениях – на низких.

В рамках настоящего исследования проведена проверка влияния специального звукового сигнала с уровнем (110 ± 1) дБА на организм 6 добровольцев, применявших средства индивидуальной защиты (СИЗ) органа слуха. Продолжительность воздействия составила 40 мин, эквивалентный по энергии уровень звука за 8 ч при этом был равен 99,2 дБА.

Из числа добровольцев 3 применяли противошумные наушники Peltor H 64 FB/V (Швеция) с пассивной системой защиты слуха (масса 180 г) и 3 – наушники Peltor Com Tac XP (Швеция) с включенной активной системой защиты слуха (усиление внешних звуковых сигналов было минимальным), массой 306 г. Защитные характеристики применявшихся наушников приведены в табл. 3.

После указанной акустической нагрузки испытуемые жалоб не предъявляли. Во всех случаях наблюдалась нормальная отоскопическая картина, восприятие шепотной речи нарушено не было.

При аудиометрическом исследовании выявлено повышение порогов по воздушной проводимости на высоких частотах до

Таблица 2

Повышение порогов звуковосприятия* после акустической нагрузки ($M \pm \sigma$), дБ

Повышение порогов слуха (дБ) в полосах частот, Гц							
250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
По воздуху							
4,5 $\pm$ 3,7	3,0 $\pm$ 3,5	2,5 $\pm$ 2,6	4,0 $\pm$ 4,6	33,0 $\pm$ 22,8	40,0 $\pm$ 10,3	36,0 $\pm$ 9,1	21,5 $\pm$ 12,5
По кости							
2,5 $\pm$ 2,6	2,0 $\pm$ 2,6	1,5 $\pm$ 2,4	2,0 $\pm$ 2,6	25,0 $\pm$ 19,0	22,0 $\pm$ 11,4	16,5 $\pm$ 7,1	8,5 $\pm$ 7,5

*Данные по правому и левому уху добровольцев.

Таблица 3

Защитные характеристики СИЗ органа слуха

Тип СИЗ органа слуха	Звукопоглощение на частотах, дБ			
	высокое	среднее	низкое	суммарное
Peltor H 64 FB/V	32	22	14	25
Peltor Com Tac XP с активной системой защиты слуха	31	25	16	28

15–20 дБ и до 10–15 дБ – на низких. При обследовании через 16 ч после воздействия жалоб на состояние здоровья также не было, а пороги слуховой чувствительности возвратились к исходному уровню.

Необходимо отметить, что, несмотря на применение эффективных СИЗ органа слуха, имело место повышение порогов слуховой чувствительности по воздуху до 20 дБ на частоте 6 кГц, что свидетельствует о достаточно интенсивном воздействии звукового сигнала на орган слуха.

Безопасным уровнем однократного воздействия специального звукового сигнала при 20-минутной экспозиции может быть ориентировочно принято его эквивалентное значение около 90 дБА. В этом случае оно будет соответствовать классу 3.2 [7], причем не верхнему его пределу (95 дБА), а на 5 дБА меньше, учитывая специфическое действие сигнала и его преимущественно тональный характер.

Исходя из принципа равной энергии и предельного эквивалентного значения для однократного воздействия (90 дБА), произведен расчет безопасной продолжительности воздействия звукового сигнала при уровне звука до 120 дБА. При этом установлено, что прогнозируемая безопасная длительность однократного воздействия уровня специального звукового сигнала составляет:

- 100 дБА – 50 мин;
- 105 дБА – 16 мин;
- 110 дБА – 5 мин;
- 120 дБА – 0,5 мин.

Как видно из приведенных данных, прогнозируемое предельное время пребывания при уровне звука 110 дБА составляет 5 мин, т. е. в 4 раза меньше, чем время, которому подвергались добровольцы. Что касается уровня звука 120 дБА, то оценочные эксперименты показали его переносимость при непродолжительном воздействии, что согласуется с прогнозируемой безопасной длительностью – 0,5 мин.

Для более высоких уровней звука проводить расчет безопасной длительности воздействия признано нецелесообразным, поскольку, как было показано ранее, уровень специального звукового сигнала 126 дБА даже короткое время является добровольно непереносимым.

Заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено:

1) воздействие на человека специального звукового сигнала с уровнем звука 94 дБА на протяжении 20 мин не оказывает существенного влияния на состояние органа слуха и не вызывает ухудшения общего самочувствия. Имеющиеся изменения слуховой функции носят адаптационный характер и являются обратимыми;

2) специальный звуковой сигнал с уровнем звука 110 дБА субъективно является переносимым. Однако после указанного воздействия в течение 20 мин отмечено ухудшение общего самочувствия добровольцев, сопровождающееся последующим нарушением сна, сохраняющееся через сутки после воздействия. Наблюдалось нарушение слуха по смешанному типу. Повышение порогов звуковосприятия на частотах 3000, 4000 и 6000 Гц достигало 50–55 дБ. Имела место задержка сроков их восстановления до 5 сут, что не может рассматриваться как безопасное;

3) прогнозируемое безопасное время однократного воздействия на человека специального звукового сигнала при уровне звука 100, 105, 110, 120 дБА составляет 50, 16, 5 и 0,5 мин соответственно. Более продолжительная экспозиция (без средств индивидуальной защиты органа слуха) может привести к развитию острой акустической травмы. Уровень звука 126 дБА является добровольно непереносимым и вынуждает человека покинуть зону воздействия или закрыть уши руками;

4) применение эффективных средств индивидуальной защиты органа слуха позволяет избежать ухудшения общего самочувствия при нахождении в зоне с уровнем звука 110 дБА не менее 40 мин.

Литература

1. Акустические пушки Hyperspike [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hyperspike.ru/>.
2. Ахметханов Р.Р. Акустическое оружие, расчет и сравнение характеристик // XXI Туполевские чтения (школа молодых ученых): междунар. молодежная науч. конф., 19–21 ноября 2013 г.: материалы конференции. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2013. Т. II. С. 10–11.

3. Гигиеническая оценка факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: руководство Р 2.2.2006–05. СПб. : ЦОТБСППО, 2005. 144 с.
4. Левин Д.П., Селиванов Д.П. Роль и место оружия нелетального действия в современных конфликтах // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. Вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/articles/576/576.pdf>.
5. Левин Д.П., Люшнин С.А. База данных «Оружие нелетального действия» как инструмент прогнозирования рисков развития ОНД-технологий // Инженерный журнал: наука и инновации. 2015. Вып. 3. URL: <http://engjournal.ru/catalog/arsetae/1378.html>.
6. Симухин В.В. Медико-биологические эффекты воздействия импульсных шумов сверхвысокой интенсивности // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2012. № 4. С. 69–73.
7. О специальной оценке условий труда : Федер. закон РФ от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ (ред. от 01.05.2016 г.). URL: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555.
8. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах : СанПиН 2.2.4.3359–16 : утв. постановлением гл. гос. сан. врача РФ от 21.06.2016 г. № 81. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420362948>.
9. Синогина Е.С., Архипов В.А., Шереметьева У.М. Методы и средства борьбы с терроризмом. Томск : Изд-во ТГПУ, 2012. 220 с.
10. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.1.003-2014. М. : Стандартинформ, 2015. 26 с.
11. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки : СН 2.2.4/2.1.8.562–96 : утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996 г. № 36. СПб. : ЦОТБСППО, 2006. 20 с.
12. Altmann J. Acoustic Weapons – A Prospective Assessment // Science and Global Security. 2002. Vol. 9. P. 165–234.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.
Поступила 21.02.2018 г.

Для цитирования. Рыжиков М.А., Кузнецов М.С., Логаткин С.М., Кузнецов С.М. К вопросу о безопасности кратковременного воздействия высокоинтенсивного шума изменяющейся тональности // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2018. № 1. С. 57–64. DOI 10.25016/2541-7487-2018-0-1-57-64

On the issue of safety of short-term exposure to high-intensity noise of a changing key

Ryzhikov M.A.¹, Kuznetsov M.S.¹, Logatkin CM.², Kuznetsov S.M.¹

¹ Kirov Military Medical Academy (Academic Lebedev Str., 6, St. Petersburg, 194044, Russia);

² State Scientific Research Testing Institute military medicine (Lesoparkovaja Str., 4, St. Petersburg, 195043, Russia)

✉ Mikhail Aleksandrovich Ryzhikov – Head of research laboratory, Department of habitability, Research center, Kirov Military Medical Academy (Academic Lebedev Str., 6, St. Petersburg, 194044, Russia);

Maksim Sergeevich Kuznetsov – PhD Med. Sci., lecturer in Otorhinolaryngology, Kirov Military Medical Academy (Academic Lebedev Str., 6, St. Petersburg, 194044, Russia);

Mikhailovich Logatkin Stanislav – Dr. Med. Sci. Associate Prof., Senior Research Associate, State Scientific Research Testing Institute military medicine (Lesoparkovaja Str., 4, St. Petersburg, 195043, Russia), e-mail: logatkin.stanislav@yandex.ru;

Sergej Maksimovich Kuznetsov – PhD Med. Sci. Associate Prof., Head of Department of General and military hygiene with a course of naval and radiation hygiene, Kirov Military Medical Academy (Academic Lebedev Str., 6, St. Petersburg, 194044, Russia)

Abstract

Relevance. The introduction of special sound installations into security systems necessitates a medical and biological assessment of the impact of sound signals.

Intention. The purpose is to evaluate the safety of a special sound signal (high-intensity mid-frequency noise changing with a frequency of 7 Hz tonality).

Methods. In the laboratory, experiments were conducted with the participation of volunteers at sound levels of 94, 110 dBA and 20 minutes exposure (including personal protection equipment (PPE) for the hearing organ).

Results and discussion. The impact on a human of a special sound signal with a sound level of 94 dBA for 20 minutes does not have a significant effect on the condition of the hearing organ and does not cause a deterioration in overall well-being. A sound level of 110 dBA is established to be subjectively tolerable. However, after this exposure for 20 minutes, the overall well-being of volunteers worsened, accompanied by a subsequent sleep disturbance, which persisted a day after the exposure. The increase in the thresholds of sound perception at frequencies of 3000, 4000 and 6000 Hz reached 50–55 dB with a delay of their recovery up to 5 days. It was established autoexperimentally that the sound level of 126 dBA is voluntarily intolerable and forces a person to leave the affected area or to close his ears with his hands. Effective means of individual hearing protection preclude deterioration of overall health when exposed to a sound level of 110 dBA for at least 40 minutes.

Conclusion. Based on the results of the research, the safe time of exposure to the special sound signal of up to 120 dBA is established, as well as characteristics of individual hearing protection devices providing an effective level of protection.

Keywords: occupational safety, occupational health, military hygiene, acoustic installation, special sound signal, sound level, tonal noise, audiometry, occupational deafness, personal protective equipment.

References

1. Akusticheskie pushki Hyperspike [Hyperspike acoustic cannons]. URL: <http://www.hyperspike.ru/>. (In Russ.)
2. Akhmetkhanov R.R. Akusticheskoe oruzhie, raschet i sravnenie kharakteristik [Acoustic weapons, calculation and comparison of characteristics]. *XXI Tupolevskie chteniya (shkola molodykh uchenykh)* [XXI Tupolev Readings (School of Young Scientists)]: Scientific. Conf. Proceedings. Kazan'. 2013. Vol. II. Pp. 10–11. (In Russ.)
3. Gigienicheskaya otsenka faktorov rabochei sredy i trudovogo protsessa. Kriterii i klassifikatsiya uslovii truda : rukovodstvo R 2.2.2006-05 [Guide on Hygienic Assessment of Factors of Working Environment and Work Load. Criteria and Classification of Working Conditions. Manual R 2.2.2006-05]. Sankt-Peterburg. 2005. 144 p. (In Russ.)
4. Levin D.P., Selivanov D.P. Rol' i mesto oruzhiya neletal'nogo deistviya v sovremennykh konfliktakh [The role and place of non-lethal weapons in modern conflicts]. *Inzhenernyi zhurnal: nauka i innovatsii* [Engineering Journal: Science and Innovation]. 2013. Issue 1. URL: <http://engjournal.ru/articles/576/576.pdf>. (In Russ.)
5. Levin D.P., Lyushnin S.A. Baza dannykh «Oruzhie neletal'nogo deistviya» kak instrument prognozirovaniya riskov razvitiya OND-tekhnologii ["Non-Lethal Weapons" Database as a tool for predicting the risk of NLW technology development]. *Inzhenernyi zhurnal: nauka i innovatsii* [Engineering Journal: Science and Innovation]. 2015. Issue 3. URL: <http://engjournal.ru/catalog/arise/itae/1378.html>. (In Russ.)
6. Simukhin V.V. Mediko-biologicheskie efekty vozdeistviya impul'snykh shumov sverkhvysokoi intensivnosti. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2012. N 4. Pp. 69–73. (In Russ.)
7. O spetsial'noi otsenke uslovii truda : Federal'nyi zakon Rossii ot 28.12.2013 N 426-FZ [A On a special assessment of working conditions. Federal law 28.12.2013 N 426-FZ]. URL: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555. (In Russ.)
8. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k fizicheskim faktoram na rabochikh mestakh : SanPiN 2.2.4.3359-16 [Sanitary and epidemiological requirements for physical factors in the workplace: Sanitary rules and regulations 2.2.4.3359-16]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420362948>. (In Russ.)
9. Sinogina E.S., Arkhipov V.A., Sheremet'eva. U.M. Metody i sredstva bor'by s terrorizmom [Methods and means of combating terrorism]. Tomsk. 2012. 220 p. (In Russ.)
10. Sistema standartov bezopasnosti truda. Shum. Obshchie trebovaniya bezopasnosti : GOST 12.1.003-2014 [Occupational safety standards system. Noise. General safety requirements. State standard 12.1.003-2014]. Moskva. 2015. 26 p. (In Russ.)
11. Shum na rabochikh mestakh, v pomeshcheniyakh zhilykh, obshchestvennykh zdaniy i na territorii zhiloi zastroyki : SN 2.2.4/2.1.8.562-96 [Noise in workplaces, in residential, public buildings and residential buildings. Health standards 2.2.4/2.1.8.562-96]. Sankt-Peterburg. 2006. 20 p. (In Russ.)
12. Altmann J. Acoustic Weapons – A Prospective Assessment. *Science and Global Security*. 2002. Vol. 9. Pp. 165–234.

Received 21.02.2018

For citing: Ryzhikov M.A., Kuznetsov M.S., Logatkin S.M., Kuznetsov S.M. K voprosu o bezopasnosti kratkovremennogo vozdeistviya vysokointensivnogo shuma izmenyayushcheisya tonal'nosti. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2018. N 1. Pp. 57–64. (In Russ.)

Ryzhikov M.A., Kuznetsov M.S., Logatkin CM., Kuznetsov S.M. On the issue of safety of short-term exposure to high-intensity noise of a changing key. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2018. N 1. Pp. 57–64. DOI 10.25016/2541-7487-2018-0-1-57-64.