

УДК 616.28-008.14:613.644]:613.6.027

**АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА И ГИГИЕНИЧЕСКАЯ  
ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ  
НЕЙРОСЕНСОРНОЙ ТУГОУХОСТИ**

**Фунтикова И.С.<sup>1</sup>, Смирнова Е.Л.<sup>2,3</sup>, Потеряева Е.Л.<sup>2,4</sup>, Базуева А.С.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница»,  
Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава  
России, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>НИИ терапии и профилактической медицины – филиал ИЦиГ СО РАН,  
Новосибирск, Россия

<sup>4</sup>ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, Новосибирск, Россия

*Профессиональная нейросенсорная тугоухость (ПНСТ) в настоящее время является лидирующей патологией в структуре профессиональных заболеваний и выявляется у работников большинства отраслей экономики.*

*Проблему профилактики и прогнозирования ПНСТ можно отнести к числу социально значимых, что актуализирует проведение анализа условий труда работающих шумоопасных профессий, являясь основанием для поиска информативных прогностических критериев риска развития ПНСТ.*

**Цель исследования** – провести анализ условий труда у больных ПНСТ и рабочих шумоопасных профессий для расчета индивидуального профессионального риска.

**Материалы и методы.** Проведено обследование 237 мужчин. Из них 152 человека с ПНСТ и 85 человек – рабочие шумоопасных профессий без ПНСТ (группа сравнения). Больные основной группы были разделены на две группы в зависимости от сроков развития заболевания. Проведен анализ результатов клинико-функциональных и инструментальных методов исследований, санитарно-гигиенических условий труда. Статистический анализ проводился в программной среде RStudio software, Inc., Boston, MA, версия 1.2.1335.

**Результаты.** Результаты исследований показали, что по стажу, классам условий труда и принадлежности к различным профессиональным категориям статистически значимых различий между группами пациентов с ранними и поздними сроками развития ПНСТ не выявлено. Установлены статистически значимые различия по различным профессиональным категориям между основной и группой сравнения. При построении логистической модели вероятности развития профессиональной нейросенсорной тугоухости было обнаружено, что на развитие профессиональной НСТ влияет длительность трудового стажа, уровень шума на рабочем месте, наличие гипертрофии левого желудочка по данным ЭКГ и уровень триглицеридов (ТГ) при биохимическом исследовании крови.

**Ключевые слова:** профессиональная нейросенсорная тугоухость, производственный шум, профессиональные заболевания, санитарно-гигиеническая характеристика, условия

труда, профессиональный риск, индивидуальный риск, вредные производственные факторы.

**Для цитирования:** Фунтикова И.С., Смирнова Е.Л., Потеряева Е.Л., Базуева А.С. Анализ условий труда и гигиеническая оценка риска развития профессиональной нейросенсорной тугоухости. Медицина труда и экология человека. 2023; 4:22-38.

**Для корреспонденции:** Фунтикова Инна Сергеевна, врач-оториноларинголог ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница», e-mail: [innafuntikova54@mail.ru](mailto:innafuntikova54@mail.ru).

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10402>

## ANALYSIS OF WORKING CONDITIONS AND HYGIENIC ASSESSMENT OF THE RISK OF DEVELOPING OCCUPATIONAL SENSORINEURAL HEARING LOSS

Funtikova I.S.<sup>1</sup>, Smirnova E.L.<sup>2,3</sup>, Poteryaeva E.L.<sup>2,4</sup>, Bazueva A.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>Research Institute of Therapy and Preventive Medicine - Branch of the Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

<sup>4</sup>State Novosibirsk Regional Clinical Hospital, Novosibirsk, Russia

*Occupational sensorineural hearing loss (NST) is currently the leading pathology in the structure of occupational diseases and is detected among workers in most economic sectors.*

*The problem of prevention and prediction of ONS can be attributed to the number of socially significant, which actualizes the analysis of the working conditions of working noise-hazardous professions, being the basis for the search for informative prognostic criteria for the risk of developing PNST.*

**Introduction.** *To analyze the working conditions of patients with ONST and workers of noise-hazardous professions to calculate individual professional risk.*

**Materials and methods.** *A survey of 237 men was conducted. Of these, 152 people with PNST and 85 people are workers of noise-hazardous professions without ONST (comparison group). The patients of the main group were divided into two groups depending on the timing of the development of the disease. The analysis of the results of clinical, functional and instrumental research methods, sanitary and hygienic working conditions was carried out. Statistical analysis was carried out in the software environment of R Studio software, Inc., Boston, MA, version 1.2.1335.*

**Results.** *The results of the studies showed that there were no statistically significant differences between the groups of patients with early and late stages of the development of ONST in terms of length of service, classes of working conditions and belonging to various professional categories. Statistically significant differences in various professional categories between the main and the comparison group were revealed. When constructing a logistic model of the probability of the*

*development of professional sensorineural hearing loss, it was found that the development of professional NST is influenced by the length of work experience, the level of noise in the workplace, the presence of left ventricular hypertrophy according to ECG data and the level of triglycerides (TG) during a biochemical blood test.*

**Keywords:** *occupational sensorineural hearing loss, industrial noise, occupational diseases, sanitary and hygienic characteristics, working conditions, occupational risk, individual risk, harmful production factors.*

**For citation:** *Funtikova I.S., Smirnova E.L., Poteryaeva E.L., Bazueva A.S. Analysis of working conditions and hygienic assessment of the risk of developing occupational sensorineural hearing loss. Occupational Health and Human Ecology. 2023: 4;22-38.*

**For correspondence:** *Inna S. Funtikova., otorhinolaryngologist of the Novosibirsk State regional clinical hospital, Novosibirsk, Russia, 630087. E-mail: innafuntikova54@mail.ru.*

**Financing:** *the study had no financial support.*

**Conflict of interest:** *the authors declare no conflict of interest.*

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10401>

**Введение.** Шум является доказанным фактором профессионального риска и причиной профессиональной потери слуха [1, 2, 3, 4].

Профессиональная нейросенсорная тугоухость (ПНСТ) в настоящее время является лидирующей патологией в структуре профессиональных заболеваний и выявляется у работников большинства отраслей [5].

Одним из основных механизмов формирования ПНСТ является длительная экспозиция шума, превышающего предельно допустимый уровень (ПДУ). Для повышения эффективности профилактики негативного воздействия производственного шума необходимо использовать систему оценки и управления профессиональными и индивидуальными рисками [6, 7, 8].

Начиная с 2011 г. в России активно используется унифицированная методика оценки индивидуального и группового профессионального риска с учетом фактических условий труда, вероятности травмирования, качества используемых средств индивидуальной защиты, состояния здоровья работника, выявленных профессиональных заболеваний и несчастных случаев на производстве [9, 10, 11, 12, 13].

Методологической основой вторичной профилактики является ранняя диагностика, выявление признаков заболевания на доклинической стадии, профессиональный отбор лиц во вредные и опасные условия труда, выделение групп риска и диспансерное наблюдение, что достигается своевременным и качественным проведением предварительных и периодических медицинских осмотров с применением высокочувствительных диагностических маркеров риска [14, 15, 16, 17, 18, 19].

Учитывая актуальность данной проблемы, необходимо разрабатывать и внедрять дополнительные критерии, которые могут быть использованы для прогнозирования вероятности возникновения у рабочих ПНСТ в дополнение к стандартным методам.

**Цель исследования** – провести анализ условий труда у больных ПНСТ и рабочих шумоопасных профессий для расчета индивидуального профессионального риска.

**Материалы и методы.** Обследовано 237 мужчин. Из них 152 человека с ПНСТ и 85 человек – рабочие шумоопасных профессий без ПНСТ. Средний возраст пациентов в исследуемой группе составил 57 [52,75, 60,25] лет, средний стаж работы в контакте с шумом составил 29,5 [23, 34,25] года.

Больные ПНСТ были разделены на две группы в зависимости от сроков развития заболевания. 1 группа - 58 человек с ранними сроками развития заболевания (стаж работы в мужчин шуме менее 15 лет; средний возраст – 55,5 [51,25, 60]), 2 группа - 94 человека с поздними сроками развития заболевания (стаж работы в шуме более 15 лет; средний возраст – 57 [53,25, 60,75]).

Группа сравнения – 85 человек: средний возраст – 57 [52, 63] лет, средний стаж работы в контакте с шумом – 25 [19, 32] лет.

С целью оценки влияния профессионального риска на формирование ПНСТ был проведен подробный анализ условий труда обследованных лиц. Гигиенический анализ условий труда выполнен согласно Р.2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» [20].

Изучены клинические, функциональные, инструментальные методы исследований пациентов с ПНСТ и группы контроля, проведен анализ архивного материала, представленный амбулаторными картами, историями болезни и компьютерной базой данных.

Статистический анализ проводился в программной среде RStudio software, Inc., Boston, MA, версия 1.2.1335. Во всех случаях различия признавались статистически значимыми при достигнутом уровне значимости  $P < 0,05$ .

**Результаты.** Анализ санитарно-гигиенической характеристики условий труда обследованных лиц показал, что все рабочие подвергались сочетанному воздействию вредных производственных факторов.

Больные ПНСТ представлены следующими профессиональными группами: гражданская авиация (пилоты, бортмеханики, бортинженеры штурманы, бортрадисты), работники предприятий металлургии (фрезеровщики, формовщики, заточники, заливщики, клепальщики, слесари-сборщики, электросварщики, токари, машинисты котельных установок, шихтовщики), работники горно-добывающей отрасли (водители карьерного большегрузного автотранспорта, бульдозеристы, машинисты буровых станков, горных вымочных машин, машинисты экскаватора, тепловоза, электровоза, автогрейдера, трактористы, подземные проходчики), работники водного транспорта (капитан-механик, штурман, механик плавкрана).

Наряду с воздействием производственного шума обследованные подвергались воздействию ряда сопутствующих производственных факторов, таких как вибрация, инфразвук, производственная пыль. Основные неблагоприятные производственные

факторы, воздействующие на работающих, подвергающихся воздействию производственного шума, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Распределение пациентов по воздействующим вредным производственным факторам

Table 1

Distribution of patients in terms of exposure to harmful occupational factors

Характеристики	Группа сравнения	Больные ПНСТ	P-value [95% ДИ]‡	Все наблюдения
Вибрация общая (дБ)	115 [110,75, 118,25]	113 [103, 119,5]	0,264 [-2, 7]	<b>113,3 [108, 119]</b>
Вибрация локальная (дБ)	123 [115, 130]	121 [114, 129]	0,386 [-2, 8]	<b>122 [115, 129,75]</b>
Инфразвук (дБ)	95 [91, 102,5]	97 [90, 103,5]	>0,99 [-9, 14]	<b>97 [90, 104]</b>
Пыль (мг/м <sup>3</sup> )	7,1 [3,94, 16,3]	4,5 [2,78, 9,8]	0,103 [-0,3, 5]	<b>6,7 [3,15, 11,8]</b>
Уровень шума (дБА)	85,1 [82, 92]	92,5 [87, 101]	<0,001*** [-8, -4]	<b>91 [84, 99,62]</b>

‡P-значения U-критерия Манна-Уитни [разница 95% ДИ для медианы]; \*P-value < 0,1, \*\*P-value < 0,05, \*\*\*P-value < 0,001. Для ненормально распределенных количественных показателей указаны медиана, 1-й и 3-й квартили.

‡P-values of the Mann-Whitney U test [difference 95% CI for median]; \*P-value < 0.1, \*\*P-value < 0.05, \*\*\*P-value < 0.001. For non-normally distributed quantitative indicators, the median, 1st and 3rd quartiles are indicated.

Как видно из таблицы 1, в группе больных эквивалентный уровень производственного шума составил 92,5 дБА, а в группе сравнения 85,1 дБА (P<0,001). Следовательно, в группе больных ПНСТ профессиональный риск был выше, чем в группе здоровых рабочих шумоопасных профессий. По уровню сопутствующих производственных факторов статистически значимых различий между группами больных ПНСТ и группой сравнения получено не было.

Анализ уровня сопутствующих производственных факторов был проведен также в группах больных с ранними и поздними сроками развития ПНСТ. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Распределение пациентов с ранними и поздними сроками развития ПНСТ по воздействию производственным факторам

Table 2

Distribution of patients with early and late stages of development of ONST by influencing production factors

Производственный фактор	Неустойчивые (стаж < 15 л)	Устойчивые (стаж > 15 л)	P-value [95% ДИ]‡	Все наблюдения
Вибрация общая (дБ)	112 [103, 120]	113,5 [103,75, 118,5]	0,888 [-7,7, 7]	113 [103, 119,5]
Вибрация локальная (дБ)	128 [110, 131,4]	120,5 [116,25, 127,75]	0,699 [-7, 10]	121 [114, 129]
Инфразвук (дБ)	97 [97, 102]	97 [72, 106]	0,563 [-7, 26]	97 [90, 103,5]
Пыль (мг/м <sup>3</sup> )	3,15 [2,08, 4,5]	7,03 [3,94, 11,7]	0,039** [-9, -0,1]	4,5 [2,78, 9,8]
Уровень шума (дБ)	91 [86, 98]	95,5 [89, 102]	0,051* [-6, 0]	92,5 [87, 101]

‡P-значения U-критерия Манна-Уитни [разница 95% ДИ для медианы]; \*P-value < 0,1, \*\*P-value < 0,05, \*\*\*P-value < 0,001. Для ненормально распределенных количественных показателей указаны медиана, 1-й и 3-й квартили.

‡P-values of the Mann-Whitney U test [difference 95% CI for median]; \*P-value < 0.1, \*\*P-value < 0.05, \*\*\*P-value < 0.001. For non-normally distributed quantitative indicators, the median, 1st and 3rd quartiles.

Обнаружена тенденция к наличию статистически значимых различий по уровню шума. Оказалось, что средний уровень производственного шума в группе больных с ранними сроками развития заболевания составил 91 дБА, а в группе пациентов с поздними сроками развития заболевания – 95,5 дБА (P=0,051).

Статистически значимые различия были выявлены по уровню промышленного аэрозоля (P=0,039) среди пациентов с ранними и поздними сроками развития заболевания. Так, у больных с ранними сроками развития ПНСТ уровень воздействующей производственной пыли был достоверно ниже, чем у пациентов с поздними сроками развития заболевания. Этот факт может объясняться тем, что группы могут различаться между собой по профессиональному составу.

В ходе анализа условий труда произведена оценка распределения пациентов по классам условий труда в зависимости от уровня производственного шума. Достоверных различий по классам условий труда в группах больных ПНСТ и сравнения, а также в группах больных с ранними и поздними сроками развития заболевания не обнаружено.

Произведено распределение профессиональных групп (пациенты всей исследуемой выборки) по воздействию вредным производственным факторам (табл. 3).

Таблица 3

Распределение профессиональных групп по воздействующим вредным факторам

Table 3

## Distribution of professional groups by influencing harmful factors

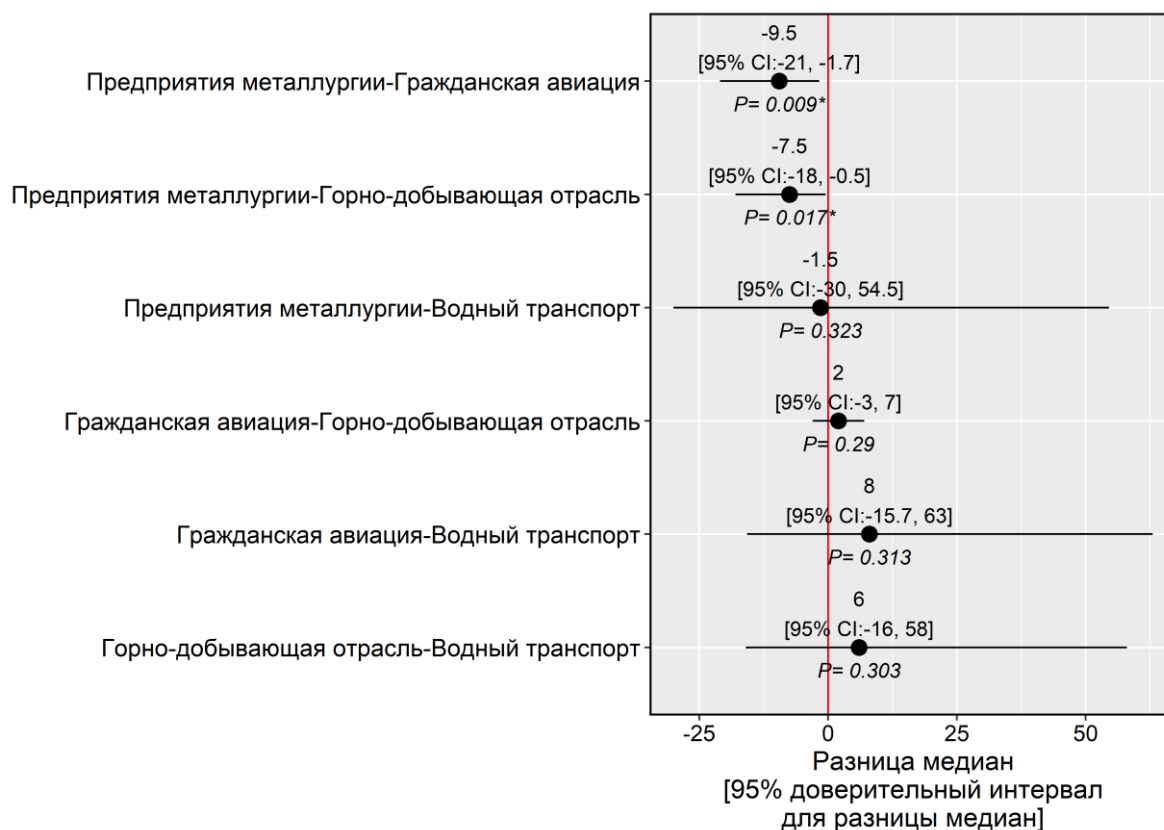
Производственные факторы	Водный транспорт	Горнодобывающая отрасль	Гражданская авиация	Предприятия металлургии	P-value†
Вибрация общая (дБ)	108 [82,5, 118,5]	114 [110, 118]	116 [111, 120,5]	106,5 [96,75, 113,975]	0,02**
Вибрация локальная (дБ)	-	121,5 [116,25, 128]	129 [119,5, 130,75]	120,5 [112,25, 131,75]	0,344
Инфразвук (дБ)	-	105 [101, 108,5]	97 [90, 102]	90 [90, 97]	0,038**
Пыль (мг/м <sup>3</sup> )	-	6,5 [3, 15]	3,96 [2,49, 5,43]	6,75 [3,88, 11,05]	0,511
Уровень шума (дБ)	102 [101, 102]	86 [82,75, 93]	97,84 [91, 107]	86,5 [83, 93,55]	<0,001** *

†P-значения теста Краскела-Уоллиса; \*P-value < 0,1, \*\*P-value < 0,05, \*\*\*P-value < 0,001; Для ненормально распределенных количественных показателей указаны медиана, 1-й и 3-й квартили.

†Kruskal-Wallis test P-values; \*P-value < 0.1, \*\*P-value < 0.05, \*\*\*P-value < 0.001; For non-normally distributed quantitative indicators, the median, 1st and 3rd quartiles.

Обнаружены статистически значимые различия между профессиональными группами по уровню производственной вибрации (P=0,02), инфразвука (P=0,038), шума (P<0,001).

В профессиональных группах, где по результатам теста Краскела-Уоллиса были обнаружены статистически значимые различия (P<0,05), производились апостериорные попарные сравнения с использованием теста Данна, последующей коррекцией полученных P-значений поправкой Бенжамини-Хохберга и расчетом 95% доверительных интервалов для разницы медиан в каждой паре сравнения. Результаты анализа представлены графически на рисунках 1, 2, 3.



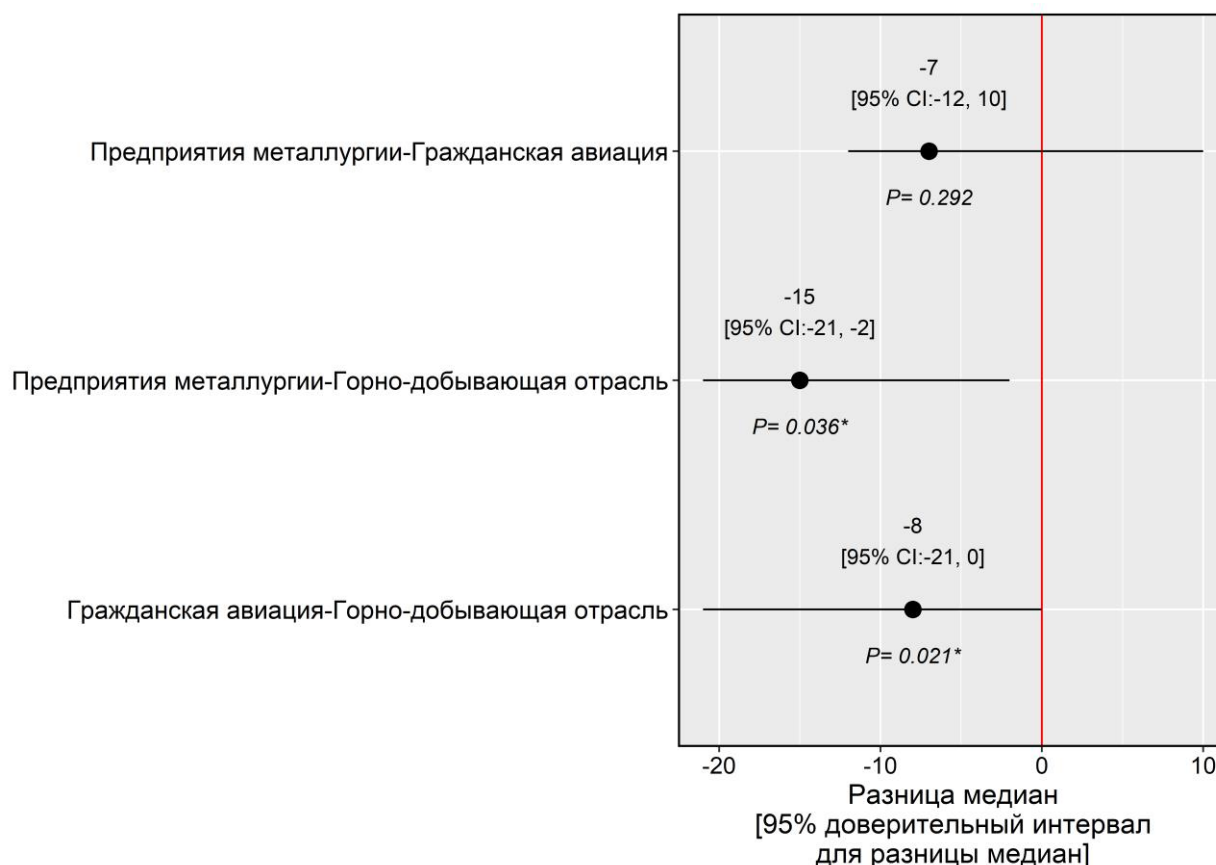
**Рис. 1.** Апостериорные (попарные) сравнения уровней общей вибрации (дБ) среди различных профессиональных групп

**Fig. 1.** Post hoc (pairwise) comparisons of total vibration levels (dB) among different occupational groups

По оси ординат указаны сравниваемые пары. Опытная разность медиан общей вибрации (дБА) в каждой сравниваемой паре указана точкой на графике и соответствует оси абсцисс. Размах от каждой точки на графике соответствует ширине 95% доверительного интервала для разницы медиан. Дополнительно указаны P-значения теста Данна в каждой сравниваемой паре.

Медиана общей вибрации в гражданской авиации на 9,5 [95% ДИ: 1,7, 21] дБ статистически значимо ( $P=0,009$ ) выше, чем в предприятиях металлургии. Медиана общей вибрации в горнодобывающей отрасли на 7,5 [95% ДИ: 1,7, 21] дБ статистически значимо ( $P=0,017$ ) выше, чем в предприятиях металлургии. По остальным парам сравнения статистически значимых различий не выявлено, как представлено на рисунке 2.



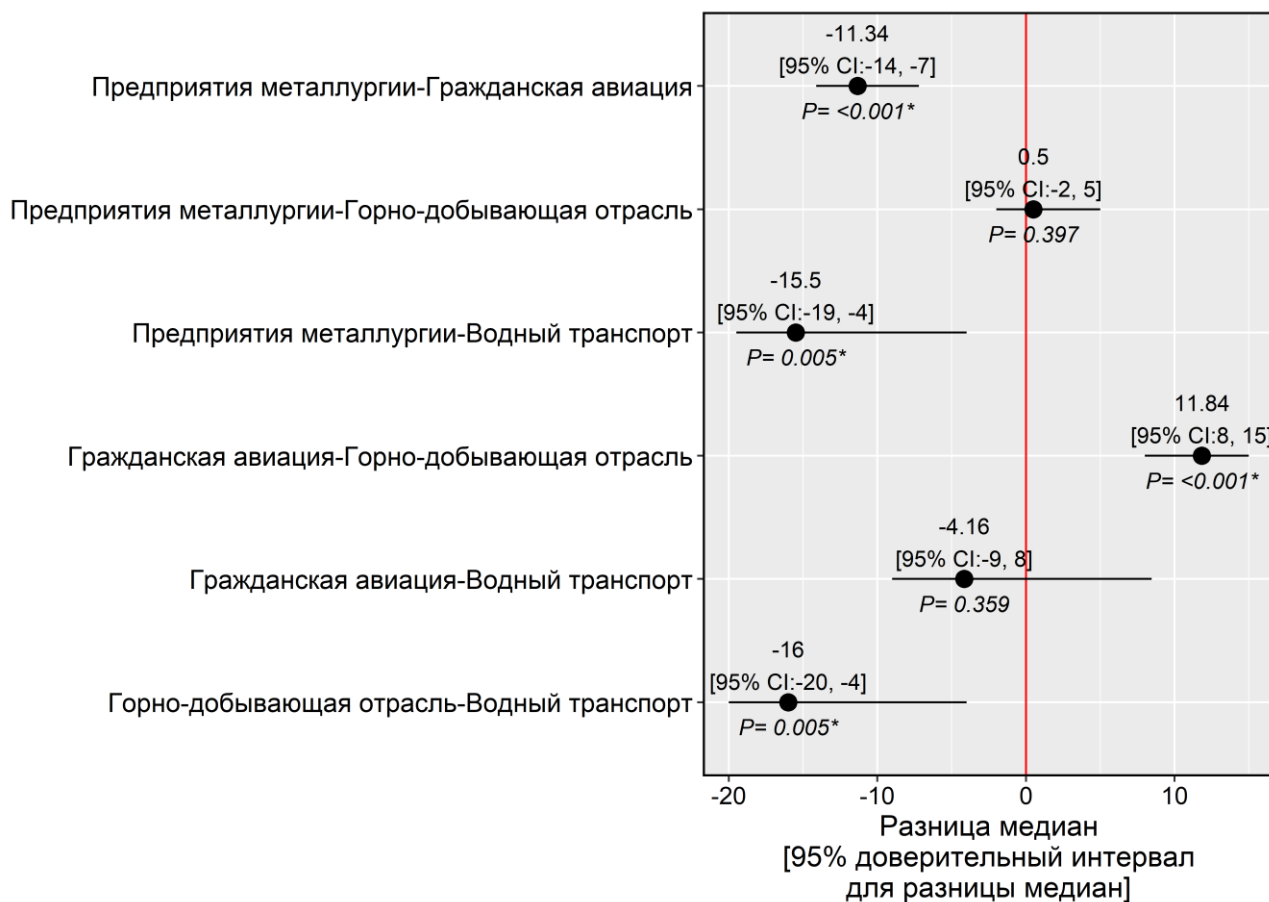


**Рис. 2.** Апостериорные (попарные) сравнения уровней инфразвука (дБА) среди различных профессиональных групп

**Fig. 2.** Post hoc (pairwise) comparisons of infrasound levels (dBA) among different occupational groups

По оси ординат указаны сравниваемые пары. Опытная разность медиан инфразвука (дБА) в каждой сравниваемой паре указана точкой на графике и соответствует оси абсцисс. Размах от каждой точки на графике соответствует ширине 95% доверительного интервала для разницы медиан. Дополнительно указаны P-значения теста Данна в каждой сравниваемой паре.

Медиана инфразвука в горнодобывающей отрасли на 15 [95% ДИ: 2, 21] дБА статистически значимо ( $P=0,036$ ) выше, чем в предприятиях металлургии. Медиана инфразвука в горнодобывающей отрасли на 8 [95% ДИ: 0, 21] дБА статистически значимо ( $P=0,021$ ) выше, чем в гражданской авиации. По остальным парам сравнения статистически значимых различий не выявлено.



**Рис. 3.** Апостериорные (парные) сравнения уровней шума (дБА) среди различных профессиональных групп

**Fig. 3.** Post hoc (pairwise) comparisons of noise levels (dBA) among different occupational groups

По оси ординат указаны сравниваемые пары. Опытная разность медиан инфразвука (дБ) в каждой сравниваемой паре указана точкой на графике и соответствует оси абсцисс. Размах от каждой точки на графике соответствует ширине 95% доверительного интервала для разницы медиан. Дополнительно указаны P-значения теста Данна в каждой сравниваемой паре.

Медиана уровня шума в гражданской авиации на 11,34 [95% ДИ: 7, 14] дБА статистически значимо ( $P < 0,001$ ) выше, чем в предприятиях металлургии. Медиана уровня шума в водном транспорте на 15,5 [95% ДИ: 4, 19] дБА статистически значимо ( $P = 0,005$ ) выше, чем в предприятиях металлургии. Медиана уровня шума в гражданской авиации на 11,84 [95% ДИ: 8, 15] дБА статистически значимо ( $P < 0,001$ ) выше, чем в горнодобывающей отрасли. Медиана уровня шума в водном транспорте на 16 [95% ДИ: 4, 20] дБА статистически значимо ( $P = 0,005$ ) выше, чем в горнодобывающей отрасли. По остальным парам сравнения статистически значимых различий не выявлено.

Для проведения корреляционного анализа в группах обследованных произведена оценка результатов биохимического исследования крови. Обнаружены статистически значимые различия между группами больных ПНСТ и группой сравнения по уровню триглицеридов (ТГ) ( $P = 0,004$ ), глюкозы ( $P = 0,048$ ), ЛПНП ( $P = 0,003$ ). В группе здоровых рабочих

шумоопасных профессий достоверно выше был уровень глюкозы и ЛПНП по сравнению с группой больных ПНСТ, а уровень ТГ достоверно ниже. При этом средний уровень глюкозы и ТГ в обеих группах соответствовал нормальным значениям, а средний уровень ЛПНП в группе контроля превышал норму.

Биохимические показатели липидного профиля анализировали в группах больных с ранними и поздними сроками развития заболевания. Статистически значимых различий обнаружено не было.

Всем пациентам проводили ЭКГ исследование. Статистически значимых различий между группами устойчивых и неустойчивых по стажу по результатам ЭКГ исследования выявлено не было. Обнаружена лишь тенденция к наличию статистически значимых различий по частоте метаболических изменений миокарда. Метаболические изменения миокарда в группе больных с ранними сроками развития ПНСТ встречались у 24% обследованных по сравнению с 40% в группе с поздними сроками развития заболевания ( $P=0,053$ ).

Для оценки корреляционных связей между ПНСТ и клиническими предикторами, количественным выражением вероятности развития заболевания (индивидуального профессионального риска) использовался метод логистической регрессии. Точность дискриминации между контролем и основной группой определялась с помощью ROC-анализа. Переменные включались в модель при уровне значимости ( $P$ ) бета-коэффициентов  $<0,1$ . Для получения наивысшего качества модели производилась ее перестройка с пошаговым исключением статистически незначимых регрессоров. Свободный член и коэффициенты регрессионной модели прогноза наличия ПНСТ представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Результаты логистической регрессии. Зависимая переменная – наличие нейросенсорной тугоухости**

Table 4

**Logistic regression results. Dependent variable – presence of sensorineural hearing loss**

	$\beta$	SE $\beta$	OR [95% ДИ]
(Intercept)	-7,663***	1,761	
Трудовой стаж (лет)	0,052**	0,018	1,053[1,017-1,093]
Шум (дБ)	0,071***	0,017	1,074[1,039-1,113]
Отсутствие гипертрофии левого желудочка (ЭКГ)	-0,768*	0,35	0,464[0,228-0,907]
Уровень ТАГ (ммоль/л)	0,665*	0,262	1,944[1,198-3,36]
Общая оценка модели	Общая оценка модели: Отношение правдоподобия $P<0,001$ ***, тест Хосмера-Лемешоу $P=0,313$ , псевдо $R^2: 0,213$ , конкордантность 73,9%, $AUC=0,739$ , пороговая вероятность 52%, чувствительность 84,9%, специфичность 51,8%.		

P-value:  $<0,1$ , \* $<0,05$ , \*\* $<0,01$ , \*\*\* $<0,001$ . Указаны статистически значимые предикторы, влияющие на вероятность наличия ПНСТ, их бета-коэффициенты ( $\beta$ ), стандартная ошибка бета-коэффициентов, отношение шансов (OR) с 95% доверительными интервалами.

P-value:  $<0,1$ , \* $<0,05$ , \*\* $<0,01$ , \*\*\* $<0,001$ . Statistically significant predictors influencing the likelihood of having PNST, their beta coefficients ( $\beta$ ), standard error of beta coefficients, ratio odds ratio (OR) with 95% confidence intervals.

Исходя из полученного регрессионного уравнения, вероятность наличия ПНСТ (индивидуальный профессиональный риск) определяется как:

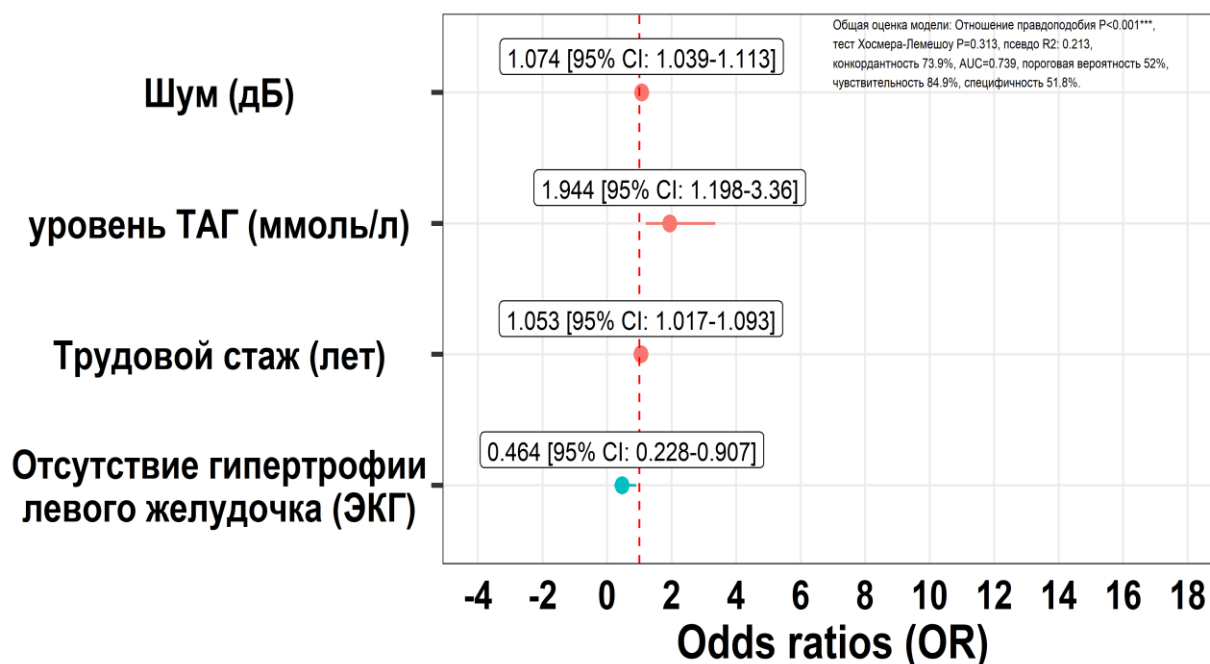
$$p=1/(1+\exp(-7,663+0,052x+0,071y-0,768z+0,665k)),$$

где «x» – длительность трудового стажа (лет), «y» – уровень шума на рабочем месте (дБА), «z» – гипертрофия левого желудочка по данным ЭКГ («1» – отсутствует, «0» – присутствуют), «k» – уровень триглицеридов (ТГ) по данным биохимического исследования крови (ммоль/л), exp – экспонента.

При повышении вышеназванных количественных показателей вероятность наличия ПНСТ возрастает. Также значимо влияет на повышение вероятности ПНСТ наличие гипертрофии левого желудочка. Наиболее высокие значения чувствительности и специфичности модели получены при пороговой вероятности принятия решения в 52,0%. Модель обладает высокой чувствительностью (84,9%) при относительно низкой специфичности (51,8%).

*Пример расчета.* Пациент с трудовым стажем 34 года, уровнем шума на рабочем месте 109 дБ с наличием гипертрофии левого желудочка по данным ЭКГ и уровнем ТГ 1,47 ммоль/л. Согласно полученному регрессионному уравнению, вероятность наличия профессиональной нейросенсорной тугоухости у данного пациента определяется как  $p = 1/(1+\exp(-7.663+0.052*34+0.071*109-0.768*0+0.665*1.47)) = 0.943$  или 94,3%. С учетом принятой пороговой вероятности принятия решения в 52,0% пациент квалифицируется, в соответствии с регрессионной моделью, как имеющий профессиональную нейросенсорную тугоухость.

Полученные данные продемонстрированы на рисунке 4.



**Рис. 4.** Отношения шансов значимых предикторов логистической модели вероятности наличия ПНСТ

**Fig. 4.** Odds ratios of significant predictors of the logistic model of the probability of having OST

Указаны опытные значения отношений шансов с 95% доверительными интервалами.

**Обсуждение.** Индивидуальный профессиональный риск можно определить как вероятность нарушений здоровья и их тяжесть вследствие воздействия вредных производственных факторов. Оценка условий труда по гигиеническим критериям является априорной. Общую оценку риска раннего развития ПНСТ необходимо проводить с учетом комплекса критериев.

Проведенное исследование показало, что на всех обследованных воздействовал комплекс вредных производственных факторов. Наряду с производственным шумом рабочие подвергались воздействию вибрации, инфразвука, промышленного аэрозоля.

Между группами больных ПНСТ и группой сравнения обнаружены статистически значимые различия по уровню воздействующего шума. Так, в группе больных эквивалентный уровень производственного шума составил 92,5 дБА, а в группе сравнения 85,1 дБА ( $P < 0.001$ ). Следовательно, в группе больных ПНСТ профессиональный риск был выше, чем в группе здоровых рабочих шумоопасных профессий. По уровню остальных сопутствующих производственных факторов статистически значимых различий между группами больных ПНСТ и группой сравнения получено не было.

По эквивалентному уровню производственного шума в группах больных с ранними и поздними сроками развития ПНСТ статистически значимых различий не выявлено. Но имелась тенденция к наличию статистически значимых различий по среднему уровню производственного шума в группе больных с ранними и поздними сроками развития заболевания. Так, в группе «устойчивых» средний эквивалентный уровень шума составил 95,5 дБА, а в группе «неустойчивых» - 91 дБА ( $P = 0.051$ ).

При анализе уровня производственных факторов в различных профессиональных группах было обнаружено, что у работников водного транспорта и гражданской авиации наиболее высокие уровни производственного шума.

При помощи логистического регрессионного анализа было обнаружено, что на индивидуальный риск развития ПНСТ влияет длительность трудового стажа, уровень шума на рабочем месте, гипертрофия левого желудочка по данным ЭКГ, уровень триглицеридов крови. Наличие гипертрофии левого желудочка и нарушений липидного профиля может косвенно свидетельствовать о наличии у пациентов сосудистой патологии, которая также является фактором риска раннего развития ПНСТ.

**Заключение.** Таким образом, анализ условий труда обследованных лиц показал, что по уровню производственного шума профессиональный риск у больных ПНСТ был достоверно выше, чем в группе рабочих шумоопасных профессий без ПНСТ. Однако на сроки формирования заболевания профессиональный риск влияния не оказывал. Так как у заболевших в ранние сроки средний уровень производственного шума был ниже, по сравнению с лицами с поздними сроками развития ПНСТ.

При построении логистической модели вероятности развития ПНСТ было обнаружено, что на развитие заболевания влияет длительность трудового стажа, уровень

шума на рабочем месте, наличие гипертрофии левого желудочка по данным ЭКГ и уровень триглицеридов крови.

Предложенные критерии могут быть использованы для прогнозирования вероятности развития у работников шумоопасных профессий ПНСТ в дополнение к стандартным методам.

#### Список литературы:

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. 340 с.
2. Бухтияров И.В., Денисов Э.И., Курьеров Н.Н., Прокопенко Л.В., Булгакова М.В., Хахилева О.О. Совершенствование критериев потери слуха от шума и оценка профессионального риска. Медицина труда и промышленная экология. 2018;(4):1-9. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-4-1-9>.
3. Базарова Е.Л., Федорук А.А., Рослая Н.А., Ошеров И.С., Бабенко А.Г. Оценка профессионального риска, связанного с воздействием шума, у работников модернизируемых участков металлургического предприятия. Медицина труда и промышленная экология. 2019;(3): 142-148. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-3-142-148>.
4. Панкова В.Б., Вильк М.Ф., Федина И.Н., Бухтияров И.В., Дайхес Н.А., Таварткиладзе Г.А., Волохов Л.Л. Новые критерии профотбора и профпригодности по слуху для работы в условиях воздействия производственных вредностей. Вестник оториноларингологии. 2022;87(3):57-62. <https://doi.org/10.17116/otorino20228703157>.
5. Спиринов В.Ф., Старшов А.М. К некоторым проблемам хронического воздействия производственного шума на организм работающих (обзор литературы). Анализ риска здоровью. 2021;1: 186–196. doi: 10.21668/health.risk/2021.1.19.
6. Бакиров А.Б., Шайхлисламова Э.Р., Волгарева А.Д., Каримова Л.К., Гимранова Г.Г. Результаты научно-исследовательских работ по оценке рисков здоровью работников при производственном воздействии физических факторов. Медицина труда и экология человека. 2021; №3 (27).
7. Фаизова Д.Д. Некоторые вопросы проведения специальной оценки условий труда в организации. Вестник магистратуры. 2021; №9-1 (120).
8. Мельцер А.В., Якубова И.Ш., Ерастова Н.В., Кропот А.И. Оценка профессионального априорного риска для здоровья на рабочем месте. Гигиена и санитария. 2022;101(10):1195-1199. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1195-1199>.
9. Панкова В.Б., Федина И.Н., Серебряков П.В., Волохов Л.Л., Бомштейн Н.Г. Пошаговый алгоритм диагностики, экспертизы и оценки профпригодности при потере слуха от воздействия шума. Наука и инновации в медицине. 2020; Т. 5(1): 58-61. doi: 10.35693/2500-1388-2020-5-1-58-61.

10. Панкова В.Б. Значение количественной оценки потери слуха у лиц, работающих в условиях воздействия повышенной шумовой нагрузки. Вестник оториноларингологии. 2018;83(3):33-36. <https://doi.org/10.17116/otorino201883333>.
11. Phillips A, Cooney R, Harris Z, Myrtil D, Hodgson M. Noise and Occupational Medicine: Common Practice Problems. J Occup Environ Med. 2019 Dec;61(12):1019-1029. doi: 10.1097/JOM.0000000000001728. PMID: 31592942.
12. Дайхес Н.А., Аденинская Е.Е., Мачалов А.С. Аудиологическая характеристика потери слуха, вызванной шумом. Российская оториноларингология. 2018;5 (96): 109-114. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2018-5-109-114>.
13. Вильк М.Ф., Панкова В.Б., Федина И.Н. Профессиональная тугоухость - социально значимая проблема. Здравоохранение Российской Федерации. 2019;63(5):258-263. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2019-63-5-258-263>.
14. Клинические рекомендации «Потеря слуха, вызванная шумом» (утв. Минздравом России), 2018.
15. Бухтияров И.В. Современное состояние и основные направления сохранения и укрепления здоровья работающего населения России. Медицина труда и промышленная экология. 2019;(9):527-532. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532>
16. Раудина С.Н., Семенихин В.А., Филимонов С.Н. Гигиеническая оценка условий труда и заболеваемость органа слуха у работников угольной промышленности. Медицина в Кузбассе. 2020; 19(4):64-9. DOI: 10.24411/2687-0053-2020-10041
17. Гендлер С. Г., Прохорова Е. А. Оценка совокупного влияния производственного травматизма и профессиональных заболеваний на состояние охраны труда в угольной промышленности. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022; № 10-2: 105-116. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_102\_0\_105.
18. Важенина А.А., Транковская Л.В., Анищенко Е.Б., Иванова И.Л. Комплексная гигиеническая оценка условий труда специалистов лабораторий санитарно-гигиенического профиля. Тихоокеанский медицинский журнал. 2019; №3:77.
19. Kang HJ, Jin Z, Oh TI, Kim SS, Park DY, Kim SH, Yeo SG. Audiologic Characteristics of Hearing and Tinnitus in Occupational Noise-Induced Hearing Loss. J Int Adv Otol. 2021 Jul;17(4):330-334. doi: 10.5152/iao.2021.9259. PMID: 34309554; PMCID: PMC8975410.
20. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

#### References:

1. On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2021: State Report. Moscow: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being, 2022 340 p.
2. Bukhtiyarov I.V., Denisov E.I., Kuryerov N.N., Prokopenko L.V., Bulgakova M.V., Khakhileva O.O. Improvement of criteria for hearing loss from noise and assessment of occupational risk.

- Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2018;(4):1-9. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-4-1-9>.
3. Bazarova E.L., Fedoruk A.A., Roslaya N.A., OsheroV I.S., Babenko A.G. Assessment of occupational risk associated with noise exposure in employees of modernized sections of metallurgical enterprises. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019;(3): - pp. 142-148. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-3-142-148> .
  4. Pankova V.B., Vilk M.F., Fedina I.N., Bukhtiyarov I.V., Daikhes N.A., Tavartkiladze G.A., Volokhov L.L. New criteria of professional selection and professional suitability by hearing for work under the influence of industrial hazards. *Vestnik otorinologologii*. 2022;87(3):57-62. <https://doi.org/10.17116/otorino20228703157>
  5. Spirin V.F., Starshov A.M. To some problems of the chronic impact of industrial noise on the body of workers (literature review). *Analiz riska zdorov'yu*. 2021; 1:186-196. doi: 10.21668/health.risk/2021.1.19.
  6. Bakirov A.B., Shaikhislamova E.R., Volgareva A.D., Karimova L.K., Gimranova G.G. Results of research work on the assessment of health risks of workers under the industrial impact of physical factors. *Medicina truda i ekologiya cheloveka*.2021; 3 (27).
  7. Faizova D.D. Some issues of conducting a special assessment of working conditions in an organization. *Vestnik magistratury*. 2021; №9-1 (120).
  8. Meltzer A.V., Yakubova I.Sh., Erastova N.V., Kropot A.I. Assessment of occupational a priori health risk in the workplace. *Gigiena i sanitariya*. 2022;101(10):1195-1199. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1195-1199>
  9. Pankova V.B., Fedina I.N., Serebryakov P.V., Volokhov L.L., Bomshtein N.G. Step-by-step algorithm of diagnosis, examination and assessment of professional suitability for hearing loss from noise exposure. *Nauka i innovacii v medicine*. 2020;Vol. 5(1): 58-61. doi: 10.35693/2500-1388-2020-5-1-58-61.
  10. Pankova V.B. The significance of the quantitative assessment of hearing loss in persons working under conditions of exposure to increased noise load. *Vestnik otorinologologii*. 2018; 83(3): 33-36. <https://doi.org/10.17116/otorino201883333> .
  11. Phillips A, Cooney R, Harris Z, Myrtil D, Hodgson M. Noise and Occupational Medicine: Common Practice Problems. *J Occup Environ Med*. 2019 Dec;61(12):1019-1029. doi: 10.1097/JOM.0000000000001728. PMID: 31592942.
  12. Daikhes N.A., Adeninskaya E.E., Machalov A.S. Audiological characteristics of hearing loss caused by noise. *Rossiyskaya otorinologiya*.2018; 5 (96): 109-114. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2018-5-109-114> .
  13. Vilk M.F., Pankova V.B., Fedina I.N. Professional hearing loss - socially a significant problem. *Zdravoohranenie Rossijskoj Federacii*. 2019;63(5):258-263. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2019-63-5-258-263> .
  14. Clinical recommendations "Hearing loss caused by noise" (approved by the Ministry of Health of Russia), 2018.
  15. Bukhtiyarov I.V. The current state and main directions of preserving and strengthening the health of the working population of Russia. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019;(9):527-532. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532>



16. Raudina S.N., Semenikhin V.A., Filimonov S.N. Hygienic assessment of working conditions and hearing organ morbidity in coal industry workers. *Medicina v Kuzbase*. 2020; 19(4):64-9. DOI: 10.24411/2687-0053-2020-10041
17. Gendler S. G., Prokhorova E. A. Assessment of the cumulative impact of occupational injuries and occupational diseases on the state of occupational safety in the coal industry. *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'*. 2022; 10-2: 105-116. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_102\_0\_105.
18. Vazhenina A.A., Trankovskaya L.V., Anishchenko E.B., Ivanova I.L. Complex hygienic assessment of working conditions of specialists of the laboratory of sanitary and hygienic profile. *Tihookeanskij medicinskij zhurnal*. 2019; 3:77.
19. Kang HJ, Jin Z, Oh TI, Kim SS, Park DY, Kim SH, Yeo SG. Audiologic Characteristics of Hearing and Tinnitus in Occupational Noise-Induced Hearing Loss. *J Int Adv Otol*. 2021 Jul;17(4):330-334. doi: 10.5152/iao.2021.9259. PMID: 34309554; PMCID: PMC8975410.
20. P 2.2.2006-05. Guidelines for the hygienic assessment of the factors of the working environment and the labor process. Criteria and classification of working conditions.

Поступила/Received: 16.03.2023

Принята в печать/Accepted: 11.08.2023