



Сухова А.В., Преображенская Е.А.

## Персонализированная оценка риска артериальной гипертензии при воздействии шума и вибрации

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 141014, Мытищи, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Актуальность исследования обусловлена медико-социальной значимостью профилактики болезней системы кровообращения у работающих во вредных и (или) опасных условиях труда.

**Цель** — разработать алгоритм персонализированной оценки риска артериальной гипертензии (АГ) при воздействии шума и вибрации.

**Материалы и методы.** Обследованы две группы: группу 1 (420 человек) составили работники обогащенных фабрик, подвергающиеся воздействию шума; группу 2 (355 человек) — подземные горнорабочие, подвергающиеся сочетанному воздействию шума (класс 3.2) и вибрации. Для выявления факторов риска АГ в каждой группе были выделены подгруппы в зависимости от наличия АГ: подгруппа «АГ+» и подгруппа «АГ–». Оценивали профессиональные и непрофессиональные факторы риска АГ. Для каждого из факторов риска АГ, по которым установлено достоверное различие в сравниваемых подгруппах, рассчитывали прогностический коэффициент с помощью метода последовательного математического анализа Вальда.

**Результаты.** Установлена высокая распространённость АГ у работников, подвергающихся воздействию шума (43%) и сочетанному воздействию шума и вибрации (47%), со средней степенью профессиональной обусловленности ( $RR = 1,5–1,57$ ;  $EF = 33–34\%$ ). Выявлены прогностически значимые факторы риска АГ: возраст работника старше 50 лет, стаж работы в условиях воздействия шума и вибрации более 20 лет, индекс курения более 20, высокий уровень личностной тревожности, нарушение углеводного обмена, состояние дезадаптации (индекс функциональных изменений ИФИ  $> 3,1$ ), дисбаланс вегетативной нервной системы с преобладанием симпатикотонии ( $LF/HF > 1,5$ ). На основании полученных результатов разработан персонализированный алгоритм оценки суммарного риска АГ.

**Ограничения исследования.** Полученные данные специфичны для работников, подвергающихся воздействию шума и вибрации, методологический подход данного исследования может использоваться для оценки риска АГ у работников других профессиональных групп.

**Заключение.** Применение алгоритма позволит выявлять предрасположенных к АГ работников на ранних стадиях болезни, формировать группы диспансерного наблюдения, проводить профилактические мероприятия по предупреждению прогрессирования АГ.

**Ключевые слова:** шум; вибрация; рабочие-мужчины; подземные горнорабочие; рабочие обогащенных фабрик; сердечно-сосудистая система; риск артериальной гипертензии; профессиональные и непрофессиональные факторы риска

**Соблюдение этических стандартов.** Исследования проведены с соблюдением требований конфиденциальности персональных данных, этических норм и принципов проведения медицинских исследований с участием человека, изложенных в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (ред. 2013 г.). На участие в исследовании было получено письменное согласие обследованных работников. Программа исследования одобрена Комитетом по биоэтической этике ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (протокол № 16 от 18 февраля 2021 г.).

**Для цитирования:** Сухова А.В., Преображенская Е.А. Персонализированная оценка риска артериальной гипертензии при воздействии шума и вибрации. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(11): 1304–1311. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-11-1304-1311> <https://elibrary.ru/ytgegc>

**Для корреспонденции:** Сухова Анна Владимировна, e-mail: annasukhova-erisman@yandex.ru

**Участие авторов:** Сухова А.В. — концепция исследования, написание текста, работа с литературными источниками, редактирование; Преображенская Е.А. — концепция исследования, сбор и обработка материала, написание текста, редактирование. *Все соавторы* — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 08.11.2024 / Принята к печати: 19.11.2024 / Опубликовано: 17.12.2024

Anna V. Sukhova, Elena A. Preobrazhenskaya

## Personalized assessment of the risk of hypertension when exposed to noise and vibration

Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation

### ABSTRACT

**Introduction.** The relevance of the study is due to the medical and social significance of the problem of prevention of cardiovascular diseases in workers in harmful and (or) dangerous working conditions.

**The aim** is to develop an algorithm for a personalized assessment of the risk of arterial hypertension (AH) when exposed to noise and vibration.

**Materials and methods.** Two groups were examined: group 1 (four hundred twenty people) consisted of workers of processing plants exposed to noise; group 2 (355 people) — underground miners exposed to combined noise and vibrations. To identify risk factors for hypertension, subgroups are allocated in each group, depending on the presence of hypertension — the “AH+” subgroup and the “AH–” subgroup. Occupational and non-occupational risk factors of hypertension were assessed. For each of the risk factors of hypertension, for which a significant difference was established in the compared subgroups, the prognostic coefficient was calculated using the Wald method of sequential mathematical analysis.

**Results.** A high prevalence of hypertension was found in workers exposed to noise (43%) and combined effects of noise and vibration (47%) with an average degree of occupational conditioning ( $RR=1.5–1.57$ ,  $EF=33.0–34.0\%$ ). Prognostically significant risk factors for hypertension were identified: the age of an employee over 50 years, work experience under the influence of noise and vibration for more than 20 years, a smoking index of more than 20, a high level of personal anxiety, a violation of carbohydrate metabolism, a state of maladaptation (index of functional changes  $IFC>3.1$ ), an imbalance of the autonomic nervous system with a predominance of sympathicotonia ( $LF/HF>1.5$ ). Based on the results obtained, a personalized algorithm for assessing the total risk of hypertension has been developed.

**Limitations.** The data obtained was specific to workers exposed to noise and vibration, the methodological approach of this study can be used to assess the risk of hypertension in workers in other occupational groups.

**Conclusion.** The application of the algorithm will make it possible to identify workers predisposed to hypertension at the early stages of the disease, form groups of dispensary supervision, and carry out preventive measures to prevent the progression of hypertension.

**Keywords:** noise; vibration; male workers; underground miners; workers of processing plants; cardiovascular system; risk of hypertension; professional and non-professional risk factors

**Compliance with ethical standards.** The studies were conducted in compliance with the requirements of confidentiality of personal data, ethical standards and principles of conducting medical research with human participation, set out in the Helsinki Declaration of the World Medical Association (ed. 2013). Written consent of the surveyed employees was obtained to participate in the study. The research program was approved by the Committee on Biomedical Ethics of the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman (Protocol No. 16 of February 18, 2021).

**For citation:** Sukhova A.V., Preobrazhenskaya E.A. Personalized assessment of the risk of hypertension when exposed to noise and vibration. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal.* 2024; 103(11): 1304–1311. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-11-1304-1311> <https://elibrary.ru/ythehc> (In Russ.)

**For correspondence:** Anna V. Sukhova, e-mail: annasukhova-erisman@yandex.ru

**Contribution:** Sukhova A.V. — research concept, writing text, working with literary sources, editing; Preobrazhenskaya E.A. — the concept of research, collection and processing of material, writing text, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgement.** The study had no sponsorship.

Received: November 8, 2024 / Accepted: November 19, 2024 / Published: December 17, 2024

## Введение

Сохранение здоровья населения является приоритетом государственной политики Российской Федерации. Направления решения этой социально значимой задачи отражены в основополагающих законопроектах, определяющих национальные интересы и стратегии развития Российской Федерации. Концепция государственной политики Российской Федерации на период до 2030 г. ставит задачи по сохранению трудовых ресурсов и сокращению смертности населения, в том числе трудоспособного возраста. В период 2015–2019 гг. выявлен ежегодный рост заболеваемости болезнями системы кровообращения [1]. По данным Росстата, 30% от общего числа умерших составляли лица трудоспособного возраста, из них 80% не доживших до пенсии — мужчины. Среди причин смерти 55% составляли болезни системы кровообращения [2]. Более детальный анализ причин смертности от производственно обусловленных болезней в 2017–2019 гг. показал, что среди причин смерти на первом месте находятся патологии системы кровообращения (863 173 случая в 2017 г., 956 328 — в 2019 г.) [3]. Вышесказанное определяет основные направления государственной политики в сфере сохранения здоровья населения, реализуемые в рамках национальных проектов «Демография» и «Здравоохранение»: профилактика заболеваемости, смертности, инвалидности от болезни системы кровообращения.

Среди факторов повышенной смертности трудоспособного населения в Российской Федерации наряду с социально-экономическими, поведенческими и иными следует рассматривать условия труда [4, 5]. В России насчитывается более 460 тыс. предприятий, на которых занято более 71 млн человек. По данным общероссийского мониторинга охраны и условий труда, удельный вес работающих во вредных и опасных условиях труда достигает 38,5–39,7%. На промышленных предприятиях доля рабочих мест, не соответствующих гигиеническим нормативам по шуму, составляет 16,22%, по вибрации — 6,75%<sup>1</sup>.

Длительное воздействие производственного шума и вибрации на организм работающих сопровождается как неспецифическими изменениями со стороны сердечно-сосудистой системы, так и повышенным риском развития профессионально обусловленной сердечно-сосудистой патологии [6–14]. По результатам клинических, функциональных и инструментальных исследований установлено, что артериальная гипертензия у мужчин, работающих во вредных условиях производства, протекает тяжелее, что требует дополнительных мер первичной профилактики [12].

Вредные производственные факторы и неблагоприятные условия труда в сочетании с поведенческими факторами риска, психоэмоциональным напряжением и хроническим стрессом способствуют более раннему формированию и прогрессирующему течению сердечно-сосудистой патологии [3, 6, 11–13].

Существующие скрининговые программы и модели прогнозирования риска болезней системы кровообращения, учитывающие наиболее распространенные поведенческие факторы риска (курение, избыточная масса тела, низкая физическая активность, дислипидемия), не всегда эффективны для работающих во вредных и опасных условиях труда.

Сложившаяся ситуация требует поиска новых подходов к идентификации профессиональных и непрофессиональных факторов риска сердечно-сосудистой патологии, их оценки и созданию прогностических моделей для разработки наиболее эффективных технологий профилактики болезней системы кровообращения у работающих во вредных условиях труда.

Цель исследования — разработать алгоритм персонифицированной оценки риска артериальной гипертензии (АГ) при воздействии шума и вибрации.

## Материалы и методы

Обследованы 775 работников, которые были разделены на две группы в зависимости от условий труда. В группу 1 (420 человек) вошли работники обогатительных фабрик (дробильщики, машинисты мельниц, слесари-ремонтники). Приоритетным неблагоприятным фактором производственной среды в этой группе был шум интенсивностью 88–90 дБА (класс условий труда 3.2). Группа 2 (355 человек) состояла из подземных горнорабочих (проходчики, машинисты погрузочно-доставочных машин, бурильщики), подвергавшихся сочетанному воздействию шума с эквивалентным уровнем 92–95 дБА (класс условий труда 3.2) и общей или локальной вибрации, превышающей ПДУ (класс условий труда 3.1–3.2).

Группы были сопоставимы по возрасту и стажу. Все обследованные — мужчины в возрасте от 30 до 60 лет (средний возраст обследованных лиц в группе 1 был  $45,7 \pm 4,3$  года, в группе 2 —  $46,8 \pm 3,9$  года), стаж работы во вредных условиях труда от 10 до 30 лет (средний стаж в группе 1 —  $20,6 \pm 2,8$  года, в группе 2 —  $21,2 \pm 2,5$  года).

Критерии включения: мужской пол, трудоспособный возраст, работа в условиях воздействия шума и вибрации, информированное согласие. Критерии исключения: женский пол, отказ от участия в исследовании.

Контрольную группу составили 100 человек в возрасте 30–59 лет, не контактировавшие в процессе трудовой деятельности с шумом и вибрацией.

<sup>1</sup> Результаты мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации в 2023 году. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации, ФГБУ «ВНИИ труда» Минтруда России.

Таблица 1 / Table 1

## Распространённость болезней системы кровообращения у обследованных работников, %

## Prevalence of diseases of the cardiovascular system in the surveyed workers, %

| Артериальная гипертензия (АГ)<br>Arterial hypertension (AH) | Группа / Group                |                                                      |                                   |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------|
|                                                             | 1<br>(шум / noise)<br>n = 420 | 2<br>(шум + вибрация / noise + vibration)<br>n = 355 | контрольная<br>control<br>n = 100 |
| АГ 1-й стадии / AH Stage 1                                  | 25.9 ± 0.10                   | 23.1 ± 0.12                                          | 20.0 ± 0.40                       |
| АГ 2-й стадии / AH Stage 2                                  | 15.9 ± 0.08#                  | 21.9 ± 0.12* #                                       | 8.0 ± 0.03                        |
| АГ 3-й стадии / AH Stage 3                                  | 1.2 ± 0.02                    | —                                                    | —                                 |
| Всего / Total                                               | 43.0 ± 0.12#                  | 45.0 ± 0.14#                                         | 28.0 ± 0.44                       |

Примечание. \* — достоверные различия с показателями группы 1,  $p < 0,05$ ,  $\chi^2 > 3,84$ ; # — достоверные различия с показателями группы контроля,  $p < 0,05$ .

Note: \* — significant differences with the indices of group 1,  $p < 0.05$ ,  $\chi^2 > 3.84$ ; # — significant differences with the indices of the control group,  $p < 0.05$ .

При выявлении АГ применяли клинические рекомендации «Артериальная гипертензия у взрослых» (2020)<sup>2</sup>, «Артериальная гипертензия у взрослых» (2024) [15].

Для оценки профессионального риска рассчитывали показатели относительного риска (RR) и этиологическую долю (EF)<sup>3,4</sup>.

Оценка состояния здоровья проводилась по результатам углублённого медицинского осмотра (терапевт, кардиолог, невролог, окулист, измерение артериального давления (АД), определение индекса массы тела (ИМТ), окружности талии (ОТ), индекса курения (пачка/лет)), международному опроснику физической активности IPAQ (International physical activity questionnaire)<sup>5</sup>, клинико-психологическому обследованию с оценкой тревожности по Спилбергеру — Ханину<sup>6</sup>.

При лабораторных исследованиях определяли показатели липидного и углеводного обмена: общий холестерин (ХС), липопротеиды низкой плотности (ЛПНП), липопротеиды высокой плотности (ЛПВП), триглицериды (ТГ), глюкозу крови.

Изучение функционального состояния сердечно-сосудистой системы проводилось методом 24-часового мониторинга ЭКГ с оценкой вариабельности сердечного ритма (ВСР) по показателю LF/HF, отражающему баланс симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы. Адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы оценивали с помощью индекса функциональных изменений (ИФИ) по методу Р.М. Баевского [16].

Для выявления наиболее значимых факторов риска АГ и оценки степени их влияния на развитие АГ обследованные работники групп 1 и 2 были разделены на две подгруппы: подгруппу I составили работники с нормальными показателями АД и отсутствием в анамнезе хронических болезней системы кровообращения (подгруппа «АГ—»), в подгруппу II вошли работники с артериальной гипертензией — «АГ+».

Для оценки достоверности различий по частоте встречаемости факторов риска АГ в сравниваемых группах рассчитывали критерий  $\chi^2$ . Далее для каждого из факторов риска, по которым установлено достоверное различие в сравниваемых группах, рассчитывали прогностический коэффициент (ПК) с помощью метода последовательного математического анализа Вальда по формуле (1):

$$ПК = 10 \lg (P_1/P_2), \quad (1)$$

где  $P_1$  и  $P_2$  — частота встречаемости фактора риска в подгруппах «АГ+» и «АГ—» соответственно.

Положительные значения ПК свидетельствовали о повышенном риске, отрицательные — о незначительном риске. Прогностический порог, позволяющий с вероятностью ошибки прогноза не более 5% прогнозировать развитие АГ, равен «+5», отсутствие данной патологии — «—5».

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью пакетов Microsoft Excel, IBM SPSS Statistica v.19.0. Для оценки достоверности различий количественных показателей использовали  $t$ -критерий Стьюдента. Для оценки достоверности различий качественных признаков рассчитывали  $\chi^2$ .

## Результаты

По данным медицинского обследования АГ выявлена у 43% работников группы 1, у 45% работников группы 2 и у 28% работников контрольной группы (табл. 1). АГ 1-й стадии регистрировалась одинаково часто в обеих сравниваемых группах (25,9% в группе 1 и 23,1% в группе 2, в группе контроля — 20%). АГ 2-й стадии достоверно чаще диагностировалась у работников группы 2, подвергающихся сочетанному воздействию шума и вибрации (21,9% против 15,9% у работников группы 1;  $p < 0,05$ ). В единичных случаях у работников группы 1 выявлялась АГ 3-й стадии. Частота АГ в сравниваемых группах достоверно превышала показатели контрольной группы (28%;  $p < 0,05$ ) и имела чёткую тенденцию к росту с увеличением стажа и возраста работников.

Установлена средняя степень профессиональной обусловленности АГ у работников, подвергающихся воздействию шума ( $RR = 1,5$ ;  $EF = 33\%$ ) и сочетанному воздействию шума и вибрации ( $RR = 1,57$ ;  $EF = 34\%$ ). Стажевой зоной риска формирования АГ является работа более 20 лет в условиях воздействия шума и вибрации (стажевые группы «21–25 лет» и «> 25 лет») (табл. 2).

По результатам анкетирования выявлена высокая распространённость поведенческих факторов риска болезней системы кровообращения у работников сравниваемых групп. Более половины опрошенных (52,5% в группе 1 и 56,1% в группе 2) являлись курильщиками. Избыточная

<sup>2</sup> Клинические рекомендации — Артериальная гипертензия у взрослых — 2020–2021–2022 (20.01.2023). Утверждены Минздравом России.

<sup>3</sup> Профессиональный риск для здоровья работников (Руководство). Под ред. Н.Ф. Измерова и Э.И. Денисова. М.: Тривант, 2003. 448 с.

<sup>4</sup> Руководство Р 2.2.3963–2023 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 7 сентября 2023 г.).

<sup>5</sup> Craig C.L., Marshall A.L., Sjöström M., Bauman A.E., Booth M.L., Ainsworth B.E., et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. Med. Sci. Sports Exerc. 2003; 35(8): 1381–95. <https://orcid.org/10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB>

<sup>6</sup> Практическая психодиагностика. Методики и тесты: учебное пособие / редактор-составитель Д.Я. Райгородский. Самара: Бахрах-М, 2022.

Таблица 2 / Table 2

Степень производственной обусловленности АГ в зависимости от стажа работы  
The degree of production conditionality of hypertension, depending on the length of service

| Стаж работы, лет<br>Work experience | Группа / Group 1<br>(шум / noise) |                         |       | Группа / Group 2<br>(шум + вибрация / noise + vibration) |                         |       |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------|----------------------------------------------------------|-------------------------|-------|
|                                     | RR<br>relative risk               | EF<br>etiologial factor | p     | RR<br>relative risk                                      | EF<br>etiologial factor | p     |
| 10–15                               | 1.05                              | 5.0                     | 0.7   | 1.15                                                     | 16.7                    | 0.9   |
| 16–20                               | 1.43                              | 30.0                    | 0.6   | 1.4                                                      | 28.6                    | 0.7   |
| 21–25                               | 2.16*                             | 53.6                    | 0.03* | 2.03*                                                    | 50.6                    | 0.05* |
| > 25                                | 1.89*                             | 47.0                    | 0.01* | 1.98*                                                    | 49.8                    | 0.01* |
| Всего / Total                       | 1.50*                             | 33.0                    | 0.05* | 1.57*                                                    | 34.0                    | 0.05* |

Примечание. \* – достоверность различий с контрольной группой,  $p < 0,05$ .  
Note. \* – the reliability of differences with the control group,  $p < 0.05$ .

масса тела (индекс ИМТ > 25) выявлялась одинаково часто как у работников первой (67%), так и второй группы (72%). Абдоминальное ожирение, являющееся общепризнанным фактором риска АГ, установлено у каждого второго работника (52,5% в группе 1 и 56,1% в группе 2). Анализ частоты нарушений липидного обмена показал высокую распространённость дислипидемий. Гиперхолестеринемия выявлена у 67,5% работников группы 1 и у 71,5% работников группы 2. Нарушение углеводного обмена (гипергликемии натошак)

зарегистрировано у 10,8 и 13,9% работников в группах 1 и 2 соответственно. Достоверных различий по показателям распространённости непрофессиональных факторов риска АГ между сравниваемыми группами не установлено.  
На следующем этапе изучали распространённость основных факторов риска (стаж, возраст, воздействие шума и вибрации, биохимические показатели крови, функциональные показатели состояния сердечно-сосудистой системы) в зависимости от наличия АГ у работника (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

Распространённость профессиональных и непрофессиональных факторов риска АГ в подгруппах в зависимости от наличия АГ, %  
Prevalence of occupational and non-occupational arterial hypertension (AH) risk factors in subgroups depending on the presence of arterial hypertension (AH), %

| Факторы риска<br>Risk factors                                                                               | Группа / Group 1<br>(шум / noise)            |                                              | Группа / Group 2<br>(шум + вибрация / noise + vibration) |                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                                                                                                             | подгруппа «АГ+»<br>subgroup "AH+"<br>n = 186 | подгруппа «АГ-»<br>subgroup "AH-"<br>n = 234 | подгруппа «АГ+»<br>subgroup "AH+"<br>n = 156             | подгруппа «АГ-»<br>subgroup "AH-"<br>n = 199 |
| Возраст, лет: / Age, years:                                                                                 |                                              |                                              |                                                          |                                              |
| 40–49                                                                                                       | 25.51                                        | 35.5                                         | 31.62                                                    | 36.7                                         |
| 50–59                                                                                                       | 51.6*                                        | 30.7                                         | 56.7*                                                    | 24.1                                         |
| Стаж работы, лет: / Work experience, years:                                                                 |                                              |                                              |                                                          |                                              |
| < 20                                                                                                        | 17.1                                         | 33.0                                         | 21.9                                                     | 35.9                                         |
| > 20                                                                                                        | 49.4*                                        | 27.7                                         | 50.1*                                                    | 26.8                                         |
| Индекс курения > 20 / Smoking index > 20                                                                    | 45.1*                                        | 26.3                                         | 51.8*                                                    | 32.6                                         |
| Низкая физическая активность вне работы<br>Low physical activity outside of work                            | 39.6*                                        | 31.3                                         | 30.5                                                     | 28.6                                         |
| ИМТ > 25 / Body mass index > 25                                                                             | 84.3                                         | 76.2                                         | 76.5                                                     | 68.7                                         |
| ОТ > 94 см / Waist size > 94 sm                                                                             | 58.0*                                        | 40.1                                         | 60.2*                                                    | 38.1                                         |
| Высокий уровень личностной тревожности (> 45 баллов)<br>High level of personal anxiety (> 45 points)        | 38.1*                                        | 25.5                                         | 33.8*                                                    | 19.6                                         |
| Гиперхолестеринемия / Hypercholesterolemia                                                                  | 71.3                                         | 63.6                                         | 75.4                                                     | 68.2                                         |
| Повышение ЛПНП / Increase in low-density lipoproteins                                                       | 57.4                                         | 48.5                                         | 65.2*                                                    | 50.6                                         |
| Снижение ЛПВП / Increase in high-density lipoproteins                                                       | 30.8                                         | 24.0                                         | 35.7                                                     | 27.3                                         |
| Повышение ТГ / Increased triglycerides                                                                      | 35.4                                         | 29.2                                         | 38.3                                                     | 30.1                                         |
| Гипергликемия / Hyperglycemia                                                                               | 15.2*                                        | 6.4                                          | 18.3*                                                    | 9.5                                          |
| ИФИ > 3,1 (неудовлетворительная адаптация)<br>Functional change index FCI > 3.1 (unsatisfactory adaptation) | 59.2*                                        | 38.6                                         | 63.5*                                                    | 40.3                                         |
| Нарушение вариабельности сердечного ритма LF/HF > 1,5<br>Violation of heart rate variability LF/HF > 1.5    | 44.6*                                        | 31.3                                         | 39.4*                                                    | 28.6                                         |

Примечание. \* – достоверные различия с подгруппой работников «АГ-» ( $\chi^2 = 3,84$ ;  $p < 0,05$ ).  
Note: \* – significant differences with the subgroup of employees of "AH-" ( $\chi^2 = 3.84$ ;  $p < 0.05$ ).

Таблица 4 / Table 4

**Прогностические коэффициенты (ПК) для прогнозирования риска развития АГ**  
**Prognostic coefficients (PC) for predicting the risk of hypertension**

| Факторы риска / Risk factors, years                                                                                                |                                                                                                               | ПК / PC |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Возраст, лет / Age, years                                                                                                          | 40–49                                                                                                         | –1.5    |
|                                                                                                                                    | 50–59                                                                                                         | +2.3    |
| Стаж работы в условиях воздействия шума, лет<br>Work experience in conditions of exposure to noise, years                          | до / up to 20                                                                                                 | –2.2    |
|                                                                                                                                    | > 20                                                                                                          | +2.4    |
| Стаж работы в условиях воздействия шума и вибрации, лет<br>Work experience in conditions of exposure to noise and vibration, years | до / up to 20                                                                                                 | –2.4    |
|                                                                                                                                    | > 20                                                                                                          | +2.6    |
| Курение / Smoking                                                                                                                  | индекс курения > 20 / smoking index > 20                                                                      | +2.0    |
|                                                                                                                                    | не курит / no smoking                                                                                         | –2.6    |
| Абдоминальное ожирение / Abdominal obesity                                                                                         | есть / is present                                                                                             | +1.9    |
|                                                                                                                                    | нет / no                                                                                                      | –1.8    |
| Физическая активность вне работы<br>Physical activity outside of work                                                              | низкая / low                                                                                                  | +1.1    |
|                                                                                                                                    | высокая / high                                                                                                | –0.9    |
| Уровень личностной тревожности / Level of personal anxiety                                                                         | высокий / high > 45 баллов / points                                                                           | +2.3    |
|                                                                                                                                    | умеренный / moderate 31–44 балла / points                                                                     | –0.9    |
| ЛПНП / Low-density lipoproteins                                                                                                    | > 3.0 ммоль/л (mmol/L)                                                                                        | +1.1    |
|                                                                                                                                    | < 3.0 ммоль/л (mmol/L)                                                                                        | –1.5    |
| Гипергликемия / Hyperglycemia                                                                                                      | есть / presents                                                                                               | +1.9    |
|                                                                                                                                    | нет / no                                                                                                      | –0.5    |
| Адаптационный потенциал / Adaptive capacity                                                                                        | ИФИ > 3.1 (неудовлетворительная адаптация)<br>functional change index FCI > 3.1 (unsatisfactory adaptation)   | +2.0    |
|                                                                                                                                    | ИФИ < 2.6–3.0 (удовлетворительная адаптация)<br>functional change index FCI < 2.6–3.0 satisfactory adaptation | –2.1    |
| Вариабельность сердечного ритма / Heart rate variability                                                                           | LF/HF > 1.5                                                                                                   | +1.9    |
|                                                                                                                                    | LF/HF < 1.5                                                                                                   | –1.0    |

Артериальная гипертензия чаще выявлялась у работников старше 50 лет со стажем работы 20 лет и более. К поведенческим факторам риска, оказывающим негативное влияние на развитие АГ, наряду с курением следует отнести низкую физическую активность, характерную в большей мере для работников группы 1. Вместе с тем достаточная физическая активность во время работы у обследованных группы 2, подвергающихся сочетанному воздействию шума и вибрации, по-видимому, оказывала кардиопротективное действие. Достоверных различий по показателю индекса массы тела (ИМТ > 25) в подгруппах работников, имеющих и не имеющих АГ, в нашем исследовании не установлено. Достоверные различия по показателям липидного обмена в сравниваемых подгруппах выявлены только у работников группы 2 по показателю ЛПНП.

Среди функциональных показателей, оценивающих состояние сердечно-сосудистой системы, наиболее значимыми индикаторами риска АГ явились индекс функционального напряжения ИФИ и индекс LF/HF > 1,5.

Высокие показатели ИФИ (выше 3,1), свидетельствующие о неудовлетворительной адаптации, значимо чаще регистрировались в подгруппах «АГ+» (59 и 63% в группах 1 и 2 соответственно;  $p = 0,001$ ). Исследование частотных показателей ВСР по данным холтеровского мониторирования ЭКГ показало высокую распространенность нарушений ВСР у работников групп 1 и 2. Повышение соотношения LF/HF > 1,5 указывало на преобладание тонуса симпатической ВНС в регуляции сердечного ритма и выявлялось достоверно чаще в подгруппах работников «АГ+» (44 и 39% в группах 1 и 2 соответственно;  $p = 0,001$ ).

Установлено влияние личностной тревожности как фактора риска развития АГ в обеих сравниваемых группах: высокий уровень личностной тревожности тестировался у каж-

дого третьего работника в подгруппах «АГ+» (38% в группе 1 и 33% в группе 2).

Расчёт прогностических коэффициентов с применением метода последовательного математического анализа Вальда позволил выявить наиболее значимые факторы риска АГ (табл. 4).

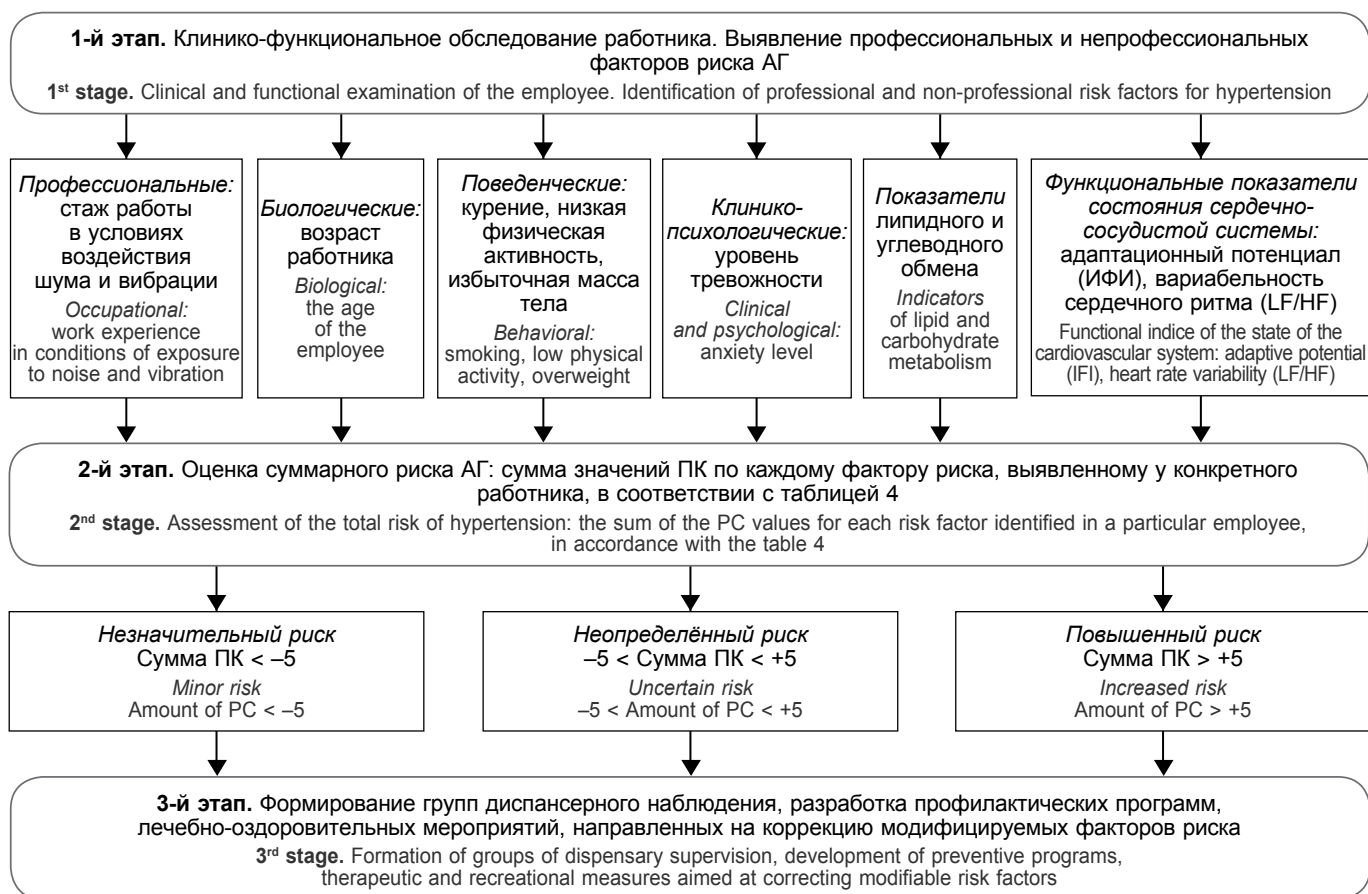
Из данных, представленных в табл. 4, следует, что прогностически значимыми факторами, оказывающими наибольшее влияние на формирование АГ у обследованных работников, являются возраст работника старше 50 лет, стаж работы в условиях воздействия шума и вибрации более 20 лет, курение (индекс курения более 20), абдоминальное ожирение, высокий уровень личностной тревожности, нарушение углеводного обмена, состояние дезадаптации (ИФИ > 3,1), дисбаланс вегетативной нервной системы с преобладанием симпатикотонии (LF/HF > 1,5).

На основании полученных результатов разработан персонализированный алгоритм прогнозирования нарушений здоровья у работающих в условиях шума и вибрации (см. рисунок).

На 1-м этапе проводится клинико-функциональное обследование работника и выявление профессиональных и непрофессиональных факторов риска АГ.

На 2-м этапе на основании табл. 4 проводится оценка суммарного риска АГ путём сложения значений ПК по каждому фактору риска, выявленному у конкретного работника. По величине суммы ПК определяется вероятность формирования АГ. Сумма ПК более «+5» свидетельствует о повышенном риске формирования АГ, при значении ниже «–5» — об отсутствии риска. Если сумма ПК находится в диапазоне от «–5» до «+5», прогноз неопределённый, необходимо динамическое наблюдение.

На 3-м этапе проводится формирование групп диспансерного наблюдения в зависимости от уровня суммарного



Алгоритм персонифицированного прогнозирования артериальной гипертензии у работающих в условиях воздействия шума и вибрации.  
 Algorithm for personalized prediction of arterial hypertension in workers exposed to noise and vibration.

риска с целью разработки профилактических программ, лечебно-оздоровительных мероприятий, направленных в первую очередь на коррекцию модифицируемых факторов риска.

## Обсуждение

Многие эпидемиологические исследования посвящены изучению взаимосвязи между производственным шумом и артериальной гипертензией [14]. По данным [6], у работников металлургических производств выявлена высокая степень производственной обусловленности АГ при стаже более 15 лет (EF 65,5%). Установлено, что основной вклад в развитие АГ вносит производственный шум ( $R^2 = 0,52$ ;  $p < 0,05$ ).

Установлено, что распространённость АГ в группе работников, подверженных воздействию шума, была выше, чем в группе работников, не подверженных его воздействию ( $p < 0,001$ ). Повышение уровня производственного шума в диапазоне 68–102 дБА на 1 дБА увеличивает риск АГ на 8,3% (ОШ: 1,083; 95%-й ДИ: 1,058–1,109), при этом выявлена нелинейная зависимость между уровнем воздействия шума и риском АГ [7–10].

Изучение распространённости АГ у работников с вибрационной болезнью (ВБ) достаточно полно отражено в литературе. Представлен обзор публикаций, посвящённых клиническим, функциональным особенностям состояния сердечно-сосудистой системы, течения АГ у лиц, контактирующих с вибрацией, и больных ВБ. Описаны взаимосвязи между механизмами нейрогормональной регуляции и изменениями в иммунной, прооксидантной и антиоксидантной системах, сформирована концепция о вибрационных микроангиопатиях, эндотелиальной дисфункции, зна-

чимые для формирования патологии сердечно-сосудистой системы у лиц, контактирующих с вибрацией [17]. Сочетание ВБ с АГ является взаимоотношающим обстоятельством в развитии и прогрессировании этих патологических состояний. У работников с ВБ артериальная гипертензия встречается чаще, чем в контрольной группе. Определены профессиональные факторы риска АГ у работников с ВБ: стаж работы во вредных условиях труда 25 лет и более, развитие ВБ второй стадии [11].

По литературным данным, в настоящее время продолжается поиск информативных факторов риска формирования АГ у работников, подвергающихся воздействию шума и вибрации. Большинство работ посвящено выявлению профессиональных и непрофессиональных факторов риска АГ [11, 13, 18]. Определена структура факторов риска хронических неинфекционных болезней у работающих в условиях воздействия общей вибрации и у работающих в условиях воздействия производственного шума [18].

На основании результатов лабораторных, функциональных исследований, нейропсихологического тестирования показано, что нарушения здоровья у подземных горнорабочих, подвергающихся воздействию шума и вибрации, возникают в среднем за пять лет до клинических проявлений сформировавшейся АГ [13].

Для оценки риска АГ наряду с традиционными клинико-функциональными и лабораторными исследованиями сердечно-сосудистой системы анализировали психовегетативный статус подземных горнорабочих, оценивали уровень нервно-психического напряжения, тревожности, внимания. Выявленные изменения подтверждают инверсию психовегетативной адаптации в психосоматические нарушения и могут рассматриваться в качестве предикторов риска АГ [19, 20].

**Ограничения исследования.** Полученные данные специфичны для работников, подвергающихся воздействию шума и вибрации. Методологический подход данного исследования может использоваться для оценки риска АГ у работников других профессиональных групп.

## Заключение

Наиболее эффективной стратегией современной медицины является персонализированный подход к профилактике и ранней диагностике болезней, что способствует длительному сохранению здоровья и трудового долголетия.

Установлена средняя степень профессиональной обусловленности АГ у работников, подвергающихся воздействию шума (RR = 1,5; EF = 33%) и сочетанному воздействию шума и вибрации (RR = 1,57; EF = 34%).

На основе методологии последовательного математического анализа Вальда определены прогностически значимые профессиональные и непрофессиональные факторы, связанные с риском развития АГ у работающих в условиях воздействия шума и вибрации: возраст работника старше 50 лет, стаж работы в условиях воздействия шума и вибрации более 20 лет, курение (индекс курения более 20), абдоминальное ожирение, гипергликемия, высокий уровень личностной тревожности, состояние дезадаптации (ИФИ > 3,1), дисбаланс вегетативной нервной системы с преобладанием симпатикотонии (LF/HF > 1,5).

Разработанный персонализированный алгоритм прогнозирования риска АГ позволяет выявлять предрасположенных к АГ работников на ранних стадиях развития болезни, формировать группы диспансерного наблюдения, проводить профилактические мероприятия по предупреждению прогрессирования АГ.

## Литература

1. Шастин А.С., Газимова В.Г., Цепилова Т.М., Малых О.Л., Панов В.Г. Заболеваемость болезнями системы кровообращения населения трудоспособного возраста в Российской Федерации в 2015–2019 гг. Региональные особенности. *Профилактическая медицина*. 2022; 25(11): 28–35. <https://doi.org/10.17116/profmed20222511128> <https://elibrary.ru/vhbdyj>
2. Зайцева Н.В., Кирьянов Д.А., Землянова М.А., Горяев Д.В., Устинова О.Ю., Шур П.З. Концептуальные основы корпоративной интеллектуальной риск-ориентированной системы анализа, прогноза и профилактики профессиональных и производственно-обусловленных нарушений здоровья работников. *Анализ риска здоровью*. 2023; (4): 19–32. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.4.02> <https://elibrary.ru/bjhdwt>
3. Бухтияров И.В., Кузьмина Л.П., Измерова Н.И., Головкова Н.П., Непершина О.П. Совершенствование механизмов выявления ранних признаков нарушения здоровья для сохранения трудового долголетия. *Медицина труда и промышленная экология*. 2022; 62(6): 377–87. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-6-377-387> <https://elibrary.ru/iatkio>
4. Бухтияров И.В., Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И., Чуранова А.Н., Горчакова Т.Ю., Брылева М.С. и др. Условия труда как фактор риска повышения смертности в трудоспособном возрасте. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; 57(8): 43–9. <https://elibrary.ru/zfmflb>
5. Бойцов С.А., Деев А.Д., Шальнова С.А. Смертность и факторы риска неинфекционных заболеваний в России: особенности, динамика, прогноз. *Терапевтический архив*. 2017; 89(1): 5–13. <https://doi.org/10.17116/terarkh20178915-13> <https://elibrary.ru/xxelif>
6. Тиунова М.И., Власова Е.М., Носов А.Е., Устинова О.Ю. Влияние производственного шума на развитие артериальной гипертензии у работников металлургических производств. *Медицина труда и промышленная экология*. 2020; 60(4): 264–7. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-4-264-267> <https://elibrary.ru/ieeyxj>
7. Wu X., Li C., Zhang X., Song Y., Zhao D., Lan Y., et al. The impact of occupational noise on hypertension risk: a case-control study in automobile factory personnel. *Front. Cardiovasc. Med.* 2022; 9: 803695. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.803695>
8. Zhou B., Lan Y., Bi Y., Li C., Zhang X., Wu X. Relationship between occupational noise and hypertension in modern enterprise workers: a case-control study. *Int. J. Public Health*. 2022; 67: 1604997. <https://doi.org/10.3389/ijph.2022.1604997>
9. Su Y., Qin Z., Wang C., Wang H., Li C., Zhang X., et al. Relationship between occupational noise exposure and hypertension in male steel workers. *Wei Sheng Yan Jiu*. 2020; 49(3): 403–8. (in Chinese)
10. Bolm-Audorf U., Hegewald J., Pretzsch A., Freiberg A., Nienhaus A., Seidler A. Occupational noise and hypertension risk: a systematic review and meta-analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020; 17(17): 6281. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176281>
11. Панев Н.И., Коротенко О.Ю., Филимонов Е.С., Гостяева Е.П. Риски развития артериальной гипертензии при вибрационной болезни у работников угольной промышленности. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(7): 693–699. <https://doi.org/10.4770/0016-9900-2024-103-7-693-699> <https://elibrary.ru/hewclm>
12. Благинина Т.Ф., Болотнова Т.В., Куимова Ж.В., Оконечникова Н.С., Ревнивых И.Ю., Камшилова О.А. и др. Влияние вредных производственных факторов на состояние сердечно-сосудистой системы у работающих на промышленном предприятии. *Медицинская наука и образование Урала*. 2023; 24(3): 25–33. [https://doi.org/10.36361/18148999\\_2023\\_24\\_3\\_25](https://doi.org/10.36361/18148999_2023_24_3_25) <https://elibrary.ru/egqaum>
13. Власова Е.М., Лешкова И.В., Лужецкий К.П. Роль факторов производственной и непроизводственной среды в формировании негативных тенденций в состоянии здоровья машинистов горновыемочных машин, как критериев риска здоровью. *Профилактическая и клиническая медицина*. 2023; (3): 39–47. [https://doi.org/10.47843/2074-9120\\_2023\\_3\\_39](https://doi.org/10.47843/2074-9120_2023_3_39) <https://elibrary.ru/fidxjn>
14. Спирин В.Ф., Старшов А.М. К некоторым проблемам хронического воздействия производственного шума на организм работающих (обзор литературы). *Анализ риска здоровью*. 2021; (1): 186–96. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.1.19> <https://elibrary.ru/mzkpls>
15. Кобалава Ж.Д., Конради А.О., Недогода С.В., Шляхто Е.В., Арутюнов Г.П., Баранова Е.И. и др. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2024. *Российский кардиологический журнал*. 2024; 29(9): 230–329. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-6117> <https://elibrary.ru/guewlu>
16. Баевский Р.М., Берсенева А.П. *Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний*. М.: Медицина; 1997
17. Третьяков С.В. Состояние сердечно-сосудистой системы при действии вибрации (клинические и патогенетические аспекты). *Международный научно-исследовательский журнал*. 2023; (9). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.135.38> <https://elibrary.ru/entimt>
18. Болотнова Т.В., Благинина Т.Ф., Хасанова Ю.В., Боровинский Д.А., Верясов Д.А., Семенова К.А. и др. Прогностическая значимость начальных клинико-лабораторных изменений в развитии хронических неинфекционных заболеваний у работающих во вредных условиях труда. *Медицинская наука и образование Урала*. 2019; 20(4): 15–21. <https://elibrary.ru/pmxzqx>
19. Малютин Н.Н., Парамонова С.В. Оценка риска развития гипертонической болезни у работников подземного труда при осуществлении психологического сопровождения. *Медицина труда и промышленная экология*. 2022; 62(8): 513–9. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-8-513-519> <https://elibrary.ru/nxqrgu>
20. Малютин Н.Н., Сединина Н.С., Парамонова С.В. Алгоритмы психологического сопровождения подземных горнорабочих для выявления риска развития гипертонической болезни. *Пермский медицинский журнал*. 2023; 40(1): 117–28. <https://doi.org/10.17816/pmj401117-128> <https://elibrary.ru/aasudk>

## References

1. Shastin A.S., Gazimova V.G., Tsepilova T.M., Malykh O.L., Panov V.G. Circulatory disease rates in the working-age population of the Russian Federation in 2015–2019: regional features. *Profilakticheskaya meditsina*. 2022; 25(11): 28–35. <https://doi.org/10.17116/profmed20222511128> <https://elibrary.ru/vhbdyj> (in Russian)
2. Zaitseva N.V., Kiryanov D.A., Zemlyanova M.A., Goryaev D.V., Ustinova O.Yu., Shur P.Z. Conceptual foundations of a corporate intelligent risk-based system for analysis, prediction and prevention of occupational and work-related health disorders of workers. *Analiz riska zdorov'yu*. 2022; 25(11): 28–35. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.4.02> <https://elibrary.ru/bjhdwt>
3. Bukhtiyarov I.V., Kuzmina L.P., Izmerova N.I., Golovkova N.P., Nepershinina O.P. Improvement of mechanisms of detecting early signs of health disorders for preservation labor longevity. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2022; 62(6): 377–87. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-6-377-387> <https://elibrary.ru/iatkio> (in Russian)
4. Bukhtiyarov I.V., Izmerov N.F., Tikhonova G.I., Churanova A.N., Gorchakova T.Yu., Bryleva M.S., et al. Work conditions as a risk factor mortality increase in able-bodied population. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2017; 57(8): 43–9. <https://elibrary.ru/zfmflb> (in Russian)
5. Boytsov S.A., Deev A.D., Shalnova S.A. Mortality and risk factors for non-communicable diseases in Russia: Specific features, trends, and prognosis. *Terapevticheskii arkhiv*. 2017; 89(1): 5–13. <https://doi.org/10.17116/terarkh20178915-13> <https://elibrary.ru/xxelif> (in Russian)
6. Tiunova M.I., Vlasova E.M., Nosov A.E., Ustinova O.Y. Influence of industrial noise on the development of arterial hypertension in workers of metallurgical manufactures. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2020; 60(4): 264–7. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-4-264-267> <https://elibrary.ru/ieeyxj>

## Original article

- 2020; 60(4): 264–7. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-4-264-267> <https://elibrary.ru/iieyxi> (in Russian)
7. Wu X., Li C., Zhang X., Song Y., Zhao D., Lan Y., et al. The impact of occupational noise on hypertension risk: a case-control study in automobile factory personnel. *Front. Cardiovasc. Med.* 2022; 9: 803695. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.803695>
  8. Zhou B., Lan Y., Bi Y., Li C., Zhang X., Wu X. Relationship between occupational noise and hypertension in modern enterprise workers: a case-control study. *Int. J. Public Health.* 2022; 67: 1604997. <https://doi.org/10.3389/ijph.2022.1604997>
  9. Su Y., Qin Z., Wang C., Wang H., Li C., Zhang X., et al. Relationship between occupational noise exposure and hypertension in male steel workers. *Wei Sheng Yan Jiu.* 2020; 49(3): 403–8. (in Chinese)
  10. Bolm-Audorff U., Hegewald J., Pretzsch A., Freiberg A., Nienhaus A., Seidler A. Occupational noise and hypertension risk: a systematic review and meta-analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2020; 17(17): 6281. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176281>
  11. Panev N.I., Korotenko O.Yu., Filimonov E.S., Gostyaeva E.P. Risk factors for the development of arterial hypertension in vibration disease in coal industry workers. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal).* 2024; 103(7): 693–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-7-693-699> <https://elibrary.ru/hewclm> (in Russian)
  12. Blaginina T.F., Bolotnova T.V., Kuimova Zh.V., Okonechnikova N.S., Revnivikh I.Y., Kamshilova O.A. et al. Influence of harmful production factors on the condition of the cardiovascular system in workers at an industrial enterprise. *Meditsinskaya nauka i obrazovanie Urala.* 2023; 24(3): 25–33. [https://doi.org/10.36361/18148999\\_2023\\_24\\_3\\_25](https://doi.org/10.36361/18148999_2023_24_3_25) <https://elibrary.ru/egqaum> (in Russian)
  13. Vlasova E.M., Lechkova I.V., Luzhechik K.P. The role of factors of the production and non-production environment in the formation of negative trends in the state of health of mining machines operators as health risk criteria. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina.* 2023; (3): 39–47. [https://doi.org/10.47843/2074-9120\\_2023\\_3\\_39](https://doi.org/10.47843/2074-9120_2023_3_39) <https://elibrary.ru/fidxjn> (in Russian)
  14. Spirin V.F., Starshov A.M. On certain issues related to chronic exposure to occupational noise and impacts exerted by it on workers' bodies (literature review). *Analiz riska zdorov'yu.* 2021; (1): 185–94. <https://elibrary.ru/vqkqzp>
  15. Kobalava Zh.D., Konradi A.O., Nedogoda S.V., Shlyakhto E.V., Arutyunov G.P., Baranova E.I., et al. 2024 Clinical practice guidelines for Hypertension in adults. *Rossiiskii kardiologicheskii zhurnal.* 2024; 29(9): 230–329. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-6117> <https://elibrary.ru/guewlu> (in Russian)
  16. Baevskii R.M., Berseneva A.P. *Assessment of the Adaptive Capabilities of the Body and the Risk of Developing Diseases [Otsenka adaptatsionnykh vozmozhnostei organizma i risk razvitiya zabolevani].* Moscow: Meditsina; 1997. (in Russian)
  17. Tretyakov S.V. Condition of cardiovascular system under vibration (clinical and pathogenetic aspects). *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal.* 2023; (9). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.135.38> <https://elibrary.ru/entimt> (in Russian)
  18. Bolotnova T.V., Blaginina T.F., Khasanova J.V., Borovinsky D.A., Veryasov D.A., Semenova K.A. et al. Prognostic significance of initial clinical and laboratory changes in the development of chronic non-communicable diseases in employees under harmful working conditions. *Meditsinskaya nauka i obrazovanie Urala.* 2019; 20(4): 15–21. <https://elibrary.ru/pmxzqx> (in Russian)
  19. Malyutina N.N., Paramonova S.V. The development risk assessing of hypertension in underground workers during the psychological support. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2022; 62(8): 513–9. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-8-513-519> <https://elibrary.ru/nxqrug> (in Russian)
  20. Malyutina N.N., Sedinina N.S., Paramonova S.V. Psychological support algorithms for underground miners to assess hypertension development risk. *Permskii meditsinskii zhurnal.* 2023; 40(1): 117–28. <https://doi.org/10.17816/pmj401117-128> <https://elibrary.ru/aasudk> (in Russian)

## Сведения об авторах

**Сухова Анна Владимировна**, доктор мед. наук, зав. отд. разработки методов восстановительного лечения и медицинской реабилитации Института общей и профессиональной патологии им. акад. РАМН А.И. Потапова ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: annasukhova-erisman@yandex.ru

**Преображенская Елена Александровна**, доктор мед. наук, вед. науч. сотр. отд. разработки клинко-диагностических методов исследования Института общей и профессиональной патологии им. акад. РАМН А.И. Потапова ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: elenapreob@yandex.ru

## Information about the authors

**Anna V. Sukhova**, DSc (Medicine), Head of the Department of the development of methods for Restorative Treatment and Medical Rehabilitation of the academician A.I. Potapov Institute of General and Occupational Pathology of the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1915-1138> E-mail: annasukhova-erisman@yandex.ru

**Elena A. Preobrazhenskaya**, DSc (Medicine), Leading Researcher of the Department of Development of Clinical and Diagnostic Research Methods of the academician A.I. Potapov Institute of General and Occupational Pathology of the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1941-0491> E-mail: elenapreob@yandex.ru