Медицина труда и экология человека

№1/2026
Сетевое издание
ISSN 2411 - 3794

12+

uniimtech.ru

Медицина труда и экология человека
№1/2026
ISSN 2411-3794

Occupational Health and Human Ecology
№1/2026

Учредитель
Федеральное бюджетное учреждение науки
«Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»

Главный редактор – А.Б. Бакиров, д.м.н., проф., академик АН РБ – советник директора ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»
Зам. главного редактора – Д.О. Каримов, к.м.н.

Редакционный совет:
Богданова Н.В., Ph.D. (Германия, Ганновер),
Бухтияров И.В., д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Москва),
Зайцева Н.В., д.м.н., акад. РАН (Россия, Пермь),
Зеленко А.В., к.м.н. (Белоруссия, Минск),
Кузьмина Л.П., д.б.н. (Россия, Москва),
Май И.В., д.б.н., проф. (Россия, Пермь),
Мустафина И.З., к.м.н. (Россия, Москва),
Перов С.Ю., д.б.н. (Россия, Москва),
Попова А.Ю., д.м.н., проф. (Россия, Москва),
Потатурко А.В., д.м.н. (Россия, Екатеринбург),
Потеряева Е.Л., д.м.н. (Россия, Новосибирск),
Ракитский В.Н., д.м.н., акад. РАН (Россия, Москва),
Рахманин Ю.А., д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Москва),
Романович И.К., д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Санкт-Петербург),
Рыжов А.Я., д.б.н., проф. (Россия, Тверь),
Сарманаев С.Х., д.м.н., проф. (Россия, Москва),
Семенихин В.А., д.м.н. (Россия, Кемерово),
Спирин В.Ф., д.м.н., проф. (Россия, Саратов),
Сутункова М.П., д.м.н. (Россия, Екатеринбург),
Сычик С.И., к.м.н. (Белоруссия, Минск),
Тутельян В.А., д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Москва),
Фатхутдинова Л.М., проф., д.м.н. (Россия, Казань),
Хамидулина Х.Х., д.м.н., проф. (Россия, Москва),
Хотимченко С.А., д.м.н., проф., член-корр. РАН (Россия, Москва)

Редакционная коллегия:
Абдрахманова Е.Р., к.м.н. (Россия, Уфа),
Багрянцева О.В., д.б.н. (Россия, Москва),
Бухарина И.Л., д.б.н. (Россия, Ижевск),
Бактыбаева З.Б., к.б.н. (Россия, Уфа),
Валеева Э.Т., д.м.н. (Россия, Уфа),
Викторова Т.В., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Гайнуллина М.К., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Гимаева З.Ф., д.м.н. (Россия, Уфа),
Гильманов А.Ж., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Даукаев Р.А., к.б.н. (Россия, Уфа),
Ефимочкина Н.Р., д.б.н. (Россия, Москва),
Кулагин А.А., д.б.н. (Россия, Уфа),
Карамова Л.М., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Каримова Л.К., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Ларионов М.В., д.б.н. (Россия, Москва),
Масягутова Л.М., д.м.н. (Россия, Уфа),
Мухаметзянов А.М., д.м.н. (Россия, Уфа),
Степанов Е.Г., к.м.н. (Россия, Уфа),
Сулейманов Р.А., д.м.н. (Россия, Уфа),
Терегулова З.С., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Туйгунов М.М., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Хайров Х.С., д.м.н. (Таджикистан, Душанбе),
Шайхлисламова Э.Р., к.м.н. (Россия, Уфа),
Шарафутдинова Н.Х., д.м.н., проф. (Россия, Уфа)

Редакция:
зав. редакцией – Э.Б. Султанова
научные редакторы – д.м.н. Р.А. Сулейманов, к.м.н. Ю.В. Рябова
переводчики – З.Р. Палютина, Г.М. Башарова
корректор – Р.Р. Ахмадиева
верстка – Э.Б. Султанова

Адрес редакции: Российская Федерация, 450106, Республика Башкортостан,
город Уфа, улица Степана Кувыкина, дом 94
Тел.: (347) 255-19-57, факс: (347) 255-56-84
E-mail: journal@uniimtech.ru
Электронная версия журнала — на сайте http://uniimtech.ru/
ЗАРЕГИСТРИРОВАН В ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЕ ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ СВЯЗИ, ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ 29.05.2020, НОМЕР СВИДЕТЕЛЬСТВА ЭЛ № ФС77-78392
Журнал входит в Перечень российских рецензируемых научных журналов, которые рекомендованы Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации (ВАК) для публикации результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук

Основан в 2015 году. Выходит 4 раза в год.

Перепечатка текстов без разрешения редакции запрещена.
При цитировании материалов ссылка на журнал обязательна.

Возрастное ограничение: 12+. Подписано в печать: 16.03.2026

©ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», 2026

Occupational Health and Human Ecology

№1/2026

ISSN 2411-3794

Founder

Federal State-FundedInstitution of Science

UfaResearch Institute of Occupational Health and Human Ecology

Editor-in-Chief – A.B. Bakirov, M.D., Professor of Medicine, Academician of the Bashkortostan Academy of Sciences–Director's Advisor Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology

Deputy Chief Editor – D.O. Karimov, PhD of Medicine

Editorial Board:

Bogdanova N.V., Ph.D. (Germany, Hanover),
Bukhtiyarov I.V., M.D., Professor of Medicine, academician of RAS (Russia, Moscow),
Khamidulina Kh.Kh., M.D., Professor of Medicine (Russia, Moscow),
Khotimchenko S.A., M.D., Professor of Medicine, Corresponding member of RAS (Russia, Moscow),
Kuzmina L.P., Doctor of Biology (Russia Moscow)
May I.V., Doctor of Biology, Professor (Russia, Perm),
Mustafina I.Z., Ph.D. (Medicine) (Russia, Moscow),
Perov S.Yu., Doctor of Biology (Russia, Moscow)
Popova A.Yu., M.D., Professor of Medicine (Russia, Moscow),
Potaturko A.V., M.D. (Russia, Yekaterinburg)
Poteryaeva E.L., M.D. (Russia, Novosibirsk),
Rakhmanin Yu.A., M.D., Professor of Medicine (Russia, Moscow),
Ryzhov A.Ya., Doctor of Biology, Professor (Russia, Tver),
Rakitsky V.N., M.D., Academician of RAS (Russia, Moscow),
Romanovich I.K., M.D., Professor of Medicine (Russia, St. Petersburg),
Sarmanaev S.Kh., M.D., Professor of Medicine (Russia, Moscow),
Semenikhin V.A., M.D. (Russia, Kemerovo)
Spirin V.F., M.D., Professor of Medicine (Russia, Saratov),
Sutunkova M.P., M.D. (Russia, Yekaterinburg),
Sychik S.I., Ph.D. (Medicine) (Belarus, Minsk),
Fatkhutdinova L.M., M.D., Professor of Medicine (Russia, Kazan),
Tutelian V.A., M.D., Professor of Medicine, acad. of RAS (Russia, Moscow),
Zaitseva N.V., M.D., Academician of RAS (Russia, Perm),
Zelenko A.V., Ph.D. (Medicine) (Belarus, Minsk)

Editorial Council:

Abdrakhmanova E.R., (Medicine) (Russia, Ufa),
Bagryantseva O.V. D.Sc. (Biology) (Russia, Moscow),
Bukharina I.L. D.Sc. (Biology) (Russia, Izhevsk),
Baktybaeva Z.B., Ph.D. (Biology) (Russia, Ufa),
Efimochkina N.R. D.Sc. (Biology) (Russia, Moscow),
Daukaev R.A., Cand.Sc. (Biology) (Russia, Ufa),
Gainullina M.G., M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),
Gimaeva Z.F., M.D. (Russia, Ufa),
Gilmanov A.Zh., M.D. (Russia, Ufa),
Karamova L.M., M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),
Karimova L.K., M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),
Kulagin A.A. D.Sc. (Biology) (Russia, Ufa),
Masyagutova L.M., M.D. (Russia, Ufa),
Mukhametzyanov A.M., D.Sc. (Medicine) (Russia, Ufa)
Larionov M.V. D.Sc. (Biology) (Russia, Moscow),
Shaikhlislamova E.R., Ph.D. (Medicine) (Russia, Ufa),
Sharafutdinova N.Kh., M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),
Suleymanov R.A., M.D. (Russia, Ufa),
Stepanov E.G., Ph.D. (Medicine) (Russia, Ufa),
Teregulova Z.R., M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),
Tuigunov M.M., M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),
Khairov Kh.S., Ph.D., M.D.(Tadjikstan, Dushanbe)
Valeeva E.T., M.D. (Russia, Ufa),
Viktorova T.V., M.D., Professor of Medicine (Ufa, Russia)

Editors:

Managing Editor – Sultanova E.B.
ScienceEditor - Suleymanov R.A., M.D.,
Ryabova Yu.V., PhD of Medicina

Translators – Palyutina Z.R., Basharova G.M.
Proofreader - Akhmadieva R.R.
Layout – Sultanova E.B.

Editorial office: Russian Federation, 450106, Republic of Bashkortostan,94, Kuvykina Ul., Ufa.

Phone: (347) 255-19-57, fax: (347) 255-56-84

E-mail: journal@uniimtech.ru

The electronic version of the journal is on the website http://uniimtech.ru/

REGISTERED IN THE FEDERAL SERVICE FOR SUPERVISION IN THE FIELD OF COMMUNICATION, INFORMATION TECHNOLOGIES AND MASS COMMUNICATIONS 29.05.2020, CERTIFICATE NUMBER EL No. FS77-78392

The journal is included in the list of peer-reviewed scientific journals and publications recommended by the Higher Attestation Commission of the Russia under the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (HAC) for publishing the main scientific results of a dissertation for the degree of Candidate and Doctor of sciences.

Reprinting of texts without permission of the publisher is prohibited.
When quoting materials reference to the journal is required.

Age restriction: 12+. Signed to print 16.03.2026

СОДЕРЖАНИЕ

Медицина труда

6 СОСТОЯНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА, ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН
Бакиров А.Б., Шайхлисламова Э.Р., Мулдашева Н.А., Каримова Л.К., Гайнуллина М.К. , Гимранова Г.Г. , Маврина Л.Н., Бейгул Н.А.

31 ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА *GPX4* С РАЗВИТИЕМ ОЖИРЕНИЯ У РАБОЧИХ ПРЕДПРИЯТИЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
Полянина Д.Д., Берёза И.А., Кикоть А.М., Шаихова Д.Р., Сутункова М.П.

45 СОДЕРЖАНИЕ ВИТАМИНА D У ГОРНОРАБОЧИХ, ЗАНЯТЫХ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕЙ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД
Кудашева А.Р., Терегулова З.С., Бакиров А.Б., Терегулов Б.Ф., Шайхлисламова Э.Р.

60 СТРУКТУРА ЗАБОЛЕВАНИЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ У МУЖЧИН – ШАХТЁРОВ, ЗАНЯТЫХ ДОБЫЧЕЙ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД
Терегулов Б.Ф.

83 АНАЛИЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В ПРОИЗВОДСТВЕ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ
Валеева Э.Т., Галимова Р.Р., Зайдуллин И.И., Дистанова А.А.

Гигиена труда

104 ПОКАЗАТЕЛИ ТЯЖЕСТИ ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА ПЛАВИЛЬЩИКОВ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ЧЕРНОВОГО СВИНЦА
Федорук А.А., Кудряшов И.Н., Другова О.Г., Мартин С.В., Беломестнова О.В., Иващенко М.А.

126 ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ ПО ПОЛУЧЕНИЮ МЕДНОГО И ЦИНКОВОГО КОНЦЕНТРАТОВ
Бейгул Н.А., Мулдашева Н.А., Каримова Л.К., Бадикова А.Д., Маврина Л.Н., Гимранова Г.Г., Зайдуллин И.И.

150 ОЦЕНКА СТРЕССА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ И ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ РАБОТНИКОВ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ
Мулдашева Н.А., Каримова Л.К., Гайнуллина М.К., Зайдуллин И.И., Бейгул Н.А., Рузаков В.О., Хафизова А.С.

	Гигиена окружающей среды
173	АНАЛИЗ КОНЦЕНТРАЦИИ МИКРОЧАСТИЦ И ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ГОРОДА БИШКЕК Жусупкелдиев Ш., Асанбекова Д.Д., Исмаилова Г.Д., Бердибекова С.К., Шаршенова Х.А.
	Гигиена питания
189	ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ШКОЛЬНОГО ПИТАНИЯ УЧАЩИХСЯ 1-4 КЛАССОВ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН Даукаев Р.А., Ларионова Т.К., Зеленковская Е.Е., Мусабиров Д.Э., Аухадиева Э.А., Аллаярова Г.Р., Бакиров А.Б. , Ахметшина Р.А., Левашова Л.С., Скотарева М.А.
	Организация здравоохранения и социальная гигиена
211	АНАЛИЗ ПОЛОВОЗРАСТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ С ВРЕМЕННОЙ УТРАТОЙ ТРУДОСПОСОБНОСТИ ВСЛЕДСТВИЕ ПАТОЛОГИИ КОСТНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ В ПОСТПАНДЕМИЧЕСКИЙ ПЕРИОД В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Шастин А.С., Шайхлисламова Э.Р., Валеева Э.Т., Панов В.Г., Газимова В.Г., Чаурина Д.В.
	Профилактическая токсикология
230	ОЦЕНКА НЕФРОТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ В СУБХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ Сутункова М.П., Минигалиева И.А., Батенева В.А., Гертан Н.А., Шеломенцев И.Г., Сахаутдинова Р.Р., Горшколепова А.В.
	Практическое здравоохранение
252	ПСИХОВЕГЕТАТИВНАЯ ДЕЗАДАПТАЦИЯ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ЛЁГОЧНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНИ ЛЕГКИХ В МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМ КОНТЕКСТЕ ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА Аляви А.Л., Рахимова Д.А., Норпулатов Э.М., Абдуллажонова Ш.Ж., Атаходжаева Г.А.
	Научные обзоры
268	ВОЗМОЖНЫЕ ИНЦИДЕНТЫ ПРИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ, СВЯЗАННЫЕ С ФЕРРОМАГНИТНЫМИ ПРЕДМЕТАМИ, И ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) Щучинов Л.В., Новикова И.И.

УДК 613.6:614.8 (470.S7)

СОСТОЯНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА, ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Бакиров А.Б.[1,2,3], Шайхлисламова Э.Р.[1,2], Мулдашева Н.А.[1], Каримова Л.К.[1], Гайнуллина М.К.[1], Гимранова Г.Г.[1], Маврина Л.Н.[1], Бейгул Н.А.[1,4]

[1] ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

[2] ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Уфа, Россия

[3] ГБНУ «Академия наук Республики Башкортостан», Уфа, Россия

[4] ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия

В статье представлена информация о показателях, характеризующих условия труда, профессиональную заболеваемость, производственный травматизм на предприятиях различных видов экономической деятельности Республики Башкортостан.

Материалы и методы. Для анализа показателей были использованы статистические данные различных федеральных ведомств с 2018 - 2024 гг. Детальный анализ профессиональной заболеваемости проведен на основании персонифицированных данных медицинских карт пациентов, диагноз профессионального заболевания которым, был установлен в клинике ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека».

Результаты. Промышленный потенциал республики представлен предприятиями различных видов экономики, имеющих специфические особенности. Установлено, что индикаторные показатели условий труда, несчастных случаев на производстве и профессиональная заболеваемость имеют отраслевую специфику.

Ограничения исследования связаны с неполной информацией в официальных статистических источниках, несовершенством методики специальной оценки условий труда, повлекшей занижения класса условий труда и недостаточным качеством проведения периодических медицинских осмотров.

Заключение. Выявлены отрасли экономики с наиболее высоким риском нарушения здоровья по показателям условий труда, производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, что свидетельствует о

неблагоприятной ситуации на этих предприятиях по вопросам обеспечения безопасных условий труда и необходимости разработки и внедрения профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья работников.

Ключевые слова: условия труда, профессиональная заболеваемость, производственный травматизм, предприятия

Соблюдение этических стандартов. Проведение настоящего исследования не требовало одобрения этического комитета, поскольку работа не связана с использованием человека или животных в качестве объектов исследования.

Использование инструментов искусственного интеллекта. Авторы заявляют, что при подготовке настоящей рукописи системы искусственного интеллекта не применялись.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Бакиров А.Б., Шайхлисламова Э.Р., Мулдашева Н.А., Каримова Л.К., Гайнуллина М.К., Гимранова Г.Г., Маврина Л.Н., Бейгул Н.А. Состояние условий труда, профессиональной заболеваемости и производственного травматизма на предприятиях Республики Башкортостан. Медицина труда и экология человека. 2026; 1: 6-30.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10101

Для корреспонденции: Мулдашева Надежда Алексеевна, e-mail: muldasheva51@gmail.com

THE STATE OF WORKING CONDITIONS, OCCUPATIONAL DISEASES AND INJURIES AT ENTERPRISES IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Bakirov A.B.[1,2,3], Shaykhlislamova E.R.[1,2], Muldasheva N.A.[1], Karimova L.K.[1], Gainullina M.K.[1], Gimranova G.G.[1], Mavrina L.N.[1], Beigul N.A.[1,4]

[1] Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

[2] Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry, Ufa, Russia

[3] Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

[4] Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

This article presents information on indicators characterizing working conditions, occupational diseases, and occupational injuries at enterprises operating in various economic sectors in the Republic of Bashkortostan.

The objective of the study was to develop preventive programs for enterprises in the Republic of Bashkortostan with the highest risk of health damage based on an analysis of working conditions, occupational injuries, and occupational diseases.

Materials and methods. Statistical data from various federal agencies between 2018 and 2024 were used to analyze the indicators. A detailed analysis of occupational diseases was conducted based on personalized data from the medical records of patients diagnosed with occupational diseases at the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology.

Results. The republic's industrial potential is represented by enterprises from various economic sectors, each with its own unique characteristics. It has been established that indicators of working conditions, industrial accidents, and occupational diseases are industry-specific.

Study limitations are related to incomplete information in official statistical sources, imperfections in the methodology for special assessment of working conditions, which led to an underestimation of the class of working conditions, and insufficient quality of periodic health check-ups.

Conclusion. The economic sectors with the highest risk of health problems in terms of working conditions, occupational injuries and occupational diseases, and industrial injuries have been identified, which indicates an unfavorable situation at these enterprises in terms of ensuring safe working conditions and the need to develop and implement preventive measures aimed at workers' health maintaining.

Keywords: working conditions, occupational diseases, occupational injuries, enterprises

Compliance with ethical standards: This study did not require approval by the Ethics Committee, as it did not involve humans or animals as research subjects.

Declaration of AI use. The authors declare that no artificial intelligence tools were used in the preparation of this manuscript.

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

Funding: The study did not have sponsorship.

For citation: Bakirov A.B., Shaykhlislamova E.R., Muldasheva N.A., Karimova L.K., Gainullina M.K., Gimranova G.G., Mavrina L.N., Beigul N.A. The state of working conditions, occupational diseases and injuries at enterprises in the Republic of Bashkortostan. Occupational health and human ecology. 2026; 1: 6-30.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10101

For correspondence: Nadezhda A. Muldasheva, e-mail: muldasheva51@gmail.com

Профессиональная заболеваемость и производственный травматизм являются ключевыми индикаторами, определяющими уровни профессионального риска. [1-5]. Авторы многочисленных исследований отмечают, что, несмотря на проводимую в последние годы модернизацию производств, в Российской Федерации значительное количество работающего контингента, продолжает трудиться во вредных и опасных условиях труда [6, 7].

Наибольшая интенсивность воздействия вредных производственных факторов отмечается на предприятиях по добыче полезных ископаемых подземным способом, что обуславливает высокие уровни профессиональной заболеваемости работников этой отрасли [8-10].

Исследования различных авторов показали, что показатели и структура профессиональных заболеваний зависят от специфики отраслей экономики и уровней воздействия вредных производственных факторов на рабочих местах [11-13].

Отдельными авторами поднимается вопрос о достоверности и полноте учета профессиональной заболеваемости в России и путях его решения [14].

Значительное количество работ посвящено анализу производственного травматизма, как в отдельных отраслях экономики с учетом специфики выполнения работ, так и в целом по регионам. Наиболее высокие показатели производственного травматизма отмечаются на предприятиях по добыче полезных ископаемых, в строительстве, обрабатывающих производствах, сельском хозяйстве [3-5, 15].

Условия труда на рабочих местах создают риски нарушения здоровья работающих [16, 17].

Цель исследования: разработка профилактических программ для предприятий Республики Башкортостан с наибольшим риском повреждения здоровья на основании анализа показателей условий труда, производственного травматизма и профессиональной заболеваемости.

Материалы и методы. Исследования выполнены на основании материалов ежегодных статистических отчётов Федеральных служб различных ведомств за период 2018 - 2024 гг.

Оценка показателей условий труда, профессиональной заболеваемости, производственного травматизма была проведена в целом по региону и видам экономической деятельности.

Кроме того, проанализировано анализ 339 медицинских карт профессиональных больных, диагноз которым установлен в клинике ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» за тот же период.

Статистическая обработка данных осуществлена с использованием прикладных программ Microsoft Office 2010.

Результаты. Республика Башкортостан характеризуется многоотраслевой структурой, ведущими отраслями которой являются обрабатывающая промышленность, добыча полезных ископаемых, строительство, транспорт и сельское и лесное хозяйство. Формирование условий труда работников предприятий указанных отраслей происходило под воздействием комплекса факторов рабочей среды и трудового процесса, не соответствующих гигиеническим нормативам (таблица 1).

Таблица 1. Численность работников, подвергавшихся воздействию вредных производственных факторов на предприятиях и в организациях РБ в 2018 - 2024 гг., человек

Table 1. Number of workers exposed to harmful occupational factors at enterprises and organizations of the Republic of Bashkortostan between 2018 and 2024, people

Наименование вредного производственного фактора	Годы, чел.							Прирост, снижение%
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	

Шум, ультра- и инфразвук	65272	65729	66180	64840	67166	67585	69011	5,7
Химический фактор	29755	29181	29203	28757	27823	29058	29402	-1,2
Микроклимат	11422	11008	11670	10708	12248	11754	12362	8,2
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	9714	9879	9692	8940	9677	10448	10101	3,9
Вибрация (общая и локальная)	8524	7809	8920	8304	8407	9795	9778	14,7
Неионизирующее излучение	2888	3737	3988	4107	4202	4571	4242	46,9
Освещенность	4507	3579	2648	1260	1170	980	988	-78,1
Ионизирующее излучение	268	279	290	292	242	326	218	-18,7
Биологический фактор	788	804	792	745	1112	927	1029	30,6
Тяжесть трудового процесса	48091	50486	49021	48004	49484	52800	54729	13,8
Напряженность трудового процесса	7206	8269	8904	5873	6145	6400	6396	-11,2
Всего	112110	11546	108535	104011	105499	107800	109341	-2,5

Анализ численности работников, подвергавшихся воздействию вредных производственных факторов, не соответствующих гигиеническим нормативам, за 2018 - 2024 гг. свидетельствует об ухудшении ситуации по таким факторам как шум (прирост 5,7 %), микроклимат (прирост 8,2 %), аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (прирост 3,9 %), вибрация (прирост 14,7 %), неионизирующее излучение (прирост 46,9 %), биологический (прирост 30,6%), а также тяжесть трудового процесса (прирост 13,8%), что определило увеличение доли работников, занятых на работах во вредных и опасных условиях труда (таблица 2).

Таблица 2. - Удельный вес работников, занятых во вредных условиях труда, профессиональная заболеваемость в РБ и РФ за 2018 - 2024 гг.

Table 2. The proportion of workers in hazardous working conditions, occupational diseases in the Republic of Bashkortostan and the Russian Federation between 2018 and 2024.

Годы	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Прирост, снижение по сравнению с 2018 годом (%)
Регион	Удельный вес работников, занятых во вредных условиях труда, %							
РБ	32,20	32,60	31,70	31,90	32,50	33,0	33,1	2,8
РФ	37,90	38,30	37,30	36,40	36,10	35,4	34,9	-7,9
	Профессиональная заболеваемость на 1000 работников							
РБ	0,03	0,04	0,04	0,07	0,05	0,05	0,02	-33,3
РФ	0,12	0,10	0,08	0,11	0,10	0,09	0,09	-25

Наибольшая доля работников, занятых во вредных условиях труда, приходилась на предприятия по добыче полезных ископаемых (47,7 % - 2024 г.), обрабатывающие производства (41,6 % - 2024 г.) и строительство (39,8 % -2024г.).

Вредные условия труда на предприятиях различных видов экономической деятельности РБ оказали неблагоприятное воздействие на организм работающих привели формированию профессиональных заболеваний. За исследуемый период в республике впервые установлено 279 профессиональных заболеваний и отравлений. Максимальное число случаев профессиональных заболеваний было зарегистрировано в пандемийный 2021 год и составило 60 случаев или 0,07 на 1000 работников, что превышало аналогичные показатели за предшествующие и последующие годы (таблица 3).

Таблица 3. Динамика профессиональной заболеваемости по РБ с 2018 - 2024 гг.

Table 3. Dynamics of occupational diseases in the Republic of Bashkortostan between 2018 and 2024.

Год	Количество профессиональных заболеваний, абс. к-во	На 1000 работающих	Прирост, снижение по сравнению с 2018 годом
2018	27	0,03	–
2019	40	0,04	+33,3 %
2020	37	0,04	+33,3 %
2021	60	0,07	+2,3 раза
2022	48	0,05	+66,7 %
2023	44	0,05	+ 66,7 %
2024	23	0,02	- 33,3 %

Значительное количество профессиональных заболеваний было зарегистрировано на предприятиях по добыче полезных ископаемых (0,10 - 0,50%о), в обрабатывающих производствах (0,07 - 0,38%о).

В строительном секторе, где условия труда каждого третьего работника классифицировались как вредные (32,9 - 36,1% в период 2018 - 2024 гг.), регистрировались крайне низкие показатели профзаболеваемости, варьирующие от 0,06 ‰ до полного их отсутствия. Существующее расхождение между уровнем профзаболеваемости и количеством работников, подвергающихся воздействию вредных производственных факторов, по нашему мнению, связано со спецификой строительной отрасли: прием на работу временных сезонных работников-мигрантов, занижение класса условий труда при проведении СОУТ, недостатками в организации медицинских осмотров.

Пандемия Covid-19 внесла значительные изменения в республиканские показатели профессиональной заболеваемости. Особенностью данного периода являлся значительный рост показателя профессиональной заболеваемости в учреждениях здравоохранения. Пик заболеваемости медицинских работников приходился на 2021 год, когда показатель ПЗ составил 0,38 ‰ и превышал аналогичный показатель 2018 года в 38 раз. Этиологическим фактором возникновения профессионального заболевания послужил возбудитель новой коронавирусной инфекции COVID-19 в острой форме.

Следует отметить, что в период пандемии отмечено снижение профессиональной заболеваемости на предприятиях, где ранее регистрировались ее высокие уровни. Так, на предприятиях по добыче полезных ископаемых в 2020 году отмечено снижение показателя ПЗ в 5 раз, в обрабатывающих производствах - в 2,5 раза. Указанное обусловлено проведением ограничительных мероприятий в условиях пандемии, особого порядка осуществления работы предприятий и организаций. В последующие годы на предприятиях этих отраслей экономики уровни профессиональной заболеваемости вернулись к исходным показателям.

В течение анализируемого периода наблюдались изменения в структуре профессиональной патологии. Если в 2018 и 2019 гг. доминирующее положение занимали заболевания, обусловленные физическими перегрузками и перенапряжением отдельных органов и систем (57,1 % и 45,7 % соответственно), а также воздействием физических факторов (34,2 % и 37,0 % соответственно), то в 2020 - 2021 - 2022 гг. превалировали заболевания, вызванные биологическим

фактором (50,0 %, 52,7 % и 47,9 % соответственно). В 2023 и 2024 гг. основными этиологическими факторами, вызвавшими профзаболевания, были физические перегрузки и перенапряжение отдельных органов и систем (47,7 % - 60,9 %), а также влияние физических факторов (38,6% - 30,4%) (рисунок 1).

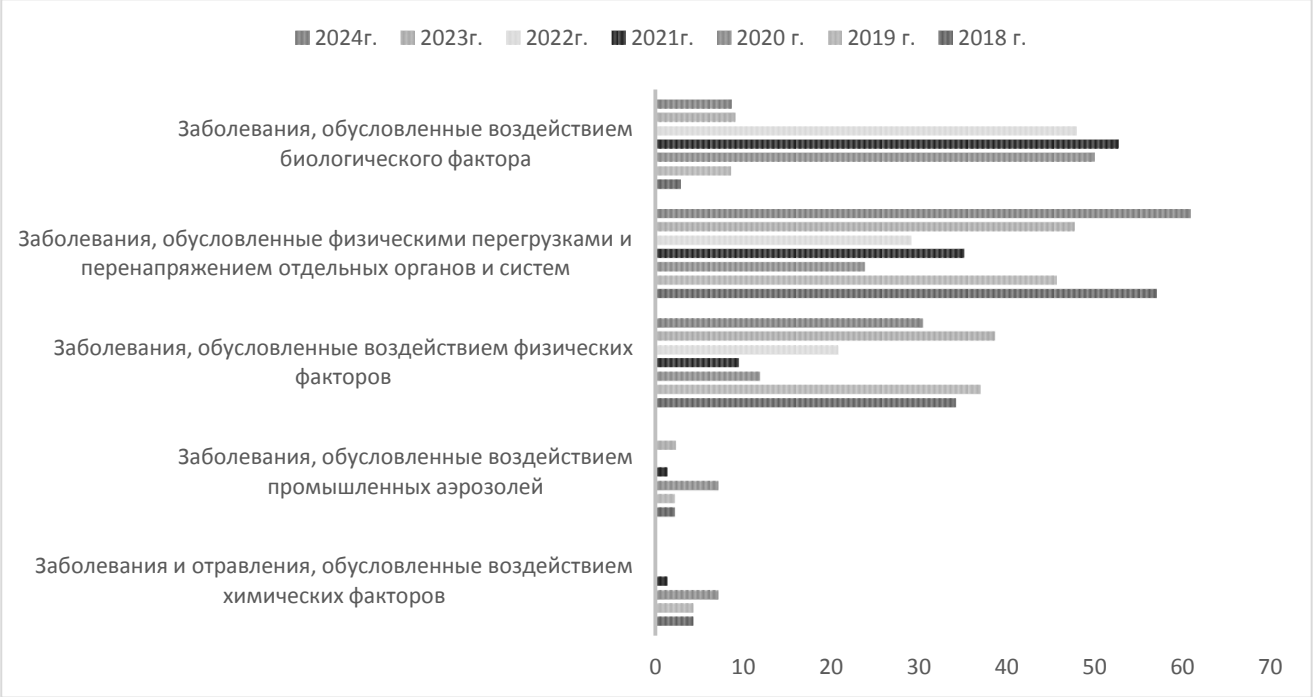

Рисунок 1. Структура профессиональных заболеваний и отравлений, зарегистрированных в РБ, в зависимости от этиологического фактора в 2018 - 2024 гг., %

Figure 1. Structure of occupational diseases and poisonings registered in the Republic of Bashkortostan, depending on the etiologic factor, between 2018 and 2024, %

Анализ ПЗ в РБ по формам заболеваний показал преобладание хронических форм по отношению к острым (76,3% и 23,7% соответственно). Хроническая профессиональная патология формировалась преимущественно при стаже работы 26 - 30 лет (47,8 %) и 31 - 35 лет (17,4 %) в условиях воздействия вредных производственных факторов.

Ежегодно профессиональным больным устанавливалось 2 и более диагнозов профессиональных заболеваний, доля которых в 2024 г. составила 30,0% (5 человек).

В связи с важностью вопроса своевременного выявления первых признаков заболеваний, связанных с работой, нами проведен анализ охвата работников, обязательными периодическими медицинскими осмотрами (ПМО). По данным центра профпатологии (на базе ФБУН УфНИИ медицины труда и экологии человека) ПМО за 2022 – 2023 - 2024 гг. подлежало 361,4, 321,7 и 316,0 тыс. человек, при этом охват составил 96,8%, 97,9% и 98,0% соответственно.

Проведен детальный ретроспективный анализ 275 случаев профессиональных заболеваний, установленных у 220 пациентов в клинике ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» с 2018 по 2024 годы. Изучение условий труда по санитарно-гигиеническим характеристикам показало, что 89% пациентов с установленным профессиональным заболеванием трудились во вредных условиях: подкласс 3.1 - 32,2 %, подкласс 3.2 - 41,0 %, подкласс 3.3 - 14,1 %, подкласс 3.4 -1,7 %. Лишь в 11,0 % случаев условия труда были классифицированы как допустимые.

Согласно анализу актов расследования о случаях ПЗ, ведущими факторами детерминантами, способствующими развитию патологии, выступали несовершенство технологических процессов (49,8%) и конструктивные дефекты оборудования, машин и механизмов (17,8%), недостатки в организации рабочих мест (14,4%), несоблюдение режимов труда и отдыха (5,8%), несовершенство санитарно-технических систем (1,5%) и неэффективность средств индивидуальной защиты (0,6%); прочие причины составляли 10,1%.

Физические перегрузки стали причиной в 37,8 %случаев заболеваний костно-мышечной системы. Факторы физической природы (вибрация, шум) инициировали развитие каждого третьего случая ПЗ (27,6%). Вклад факторов биологической природы составил 25,5%, тогда как доля профессиональных заболеваний химической этиологии не превышала 3,3%.

Ранжирование отраслей по показателю профессиональной заболеваемости в производственном секторе экономики показало, что лидирующие позиции занимают обрабатывающие производства (38,6%), далее следуют предприятия по добыче полезных ископаемых (14,1%), лесное и сельское хозяйство (8,2%), строительство (4,5%); на учреждения здравоохранения приходилось 31,8% случаев ПЗ.

Максимальная частота установления диагноза ПЗ отмечена у лиц, при стаже работы во вредных условиях от 31 до 35 лет.

У работников отдельных отраслей, прежде всего в добывающей и обрабатывающей промышленности, в 24,1% случаев диагностировалось два, а в 6,3 % по три профессиональных заболевания.

В структуре нозологических форм превалировали болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (M00–M99), составившие 37,8%, преимущественно в виде радикулопатии пояснично-крестцового уровня, эпикондилеза надмыщелков плеч, а также последствия воздействия внешних причин S00-T98 (15,3%), в том числе вибрационной болезни (17,1%). На инфекционные и паразитарные болезни (A00-B99) приходилось 25,5%, нейросенсорную тугоухость (H83.3) 12,4% от всех случаев. Кроме того, были диагностированы болезни нервной системы (G00-G99) - 5,8%, болезни органов дыхания (J00-J99) 3,6% случаев.

Пояснично-крестцовая радикулопатия, являясь наиболее распространенной патологией, в 51,1% случаев диагностировалась у водителей передвижных транспортных средств (машинисты экскаваторов, бульдозеров, трактористы, водители), в 25,5% - у волочильщиков проволоки, и в 6,4 % - у проходчиков при стаже работы более 30 лет.

Группу высокого риска по вибрационной болезни составили42 пациента, в том числе обрубщики (22,0%), водители (19,5%), проходчики (14,6%) и полировщики лопаток (12,2%). Клиническая картина зависела от характера вибрации: при воздействии общей вибрации (машинисты спецтехники) чаще наблюдалось сочетание полинейропатии конечностей с пояснично-крестцовой радикулопатией, а при локальной вибрации (обрубщики, полировщики) — полинейропатия верхних конечностей с периферическим ангиодистоническим синдромом.

Диагноз нейросенсорной тугоухости (НСТ) установлен 34 пациентам, преимущественно водителям (35,5%), слесарям (19,4%), токарям (6,5%) и плавильщикам (6,4%). В 93,5% случаев данное заболевание выявлено у работников в возрасте старше 60 лет (48,4%), при стаже работы в условиях сверхнормативного воздействия шума от 20 до 40 лет. При значительном превышении уровней шума (на 15 - 25 дБА) патология развивалась и в более короткие сроки до 15 лет.

Анализ профессиональной заболеваемости выявил группы наибольшего риска: волочильщики проволоки, проходчики, полировщики лопаток и медицинские работники. У волочильщиков преобладали радикулопатии - 41,4%, полинейропатии рук - 45,5%, при этом у 78,6% диагностировано сочетание двух и более

заболеваний. У полировщиков во всех случаях выявлялась вибрационная болезнь, осложненная в 16,7% случаев НСТ. У проходчиков диагностированы вибрационная болезнь, радикулопатия, НСТ и полинейропатия. У медицинских работников хронические ПЗ были представлены преимущественно инфекционными (туберкулез) или аллергическими (бронхиальная астма) заболеваниями. При развитии инфекционных форм стаж работы составлял до 10 лет, для аллергических - 23,0±1,7 года. Этиологическим фактором хронических ПЗ у медиков в 2018, 2019, 2023 и 2024 годах выступали микобактерии туберкулеза, а в период 2020 - 2022 гг. - возбудитель Covid-19.

Поскольку в результате производственных травм и профессиональных заболеваний работник может терять трудоспособность от нескольких дней до нескольких месяцев, а тяжелые формы могут быть причиной потери трудоспособности, приводящей к инвалидности, нами были изучены материалы ФКУ «Главного бюро медико-социальной экспертизы по РБ» Минтруда России (таблицы 5 и 6).

Таблица 5. Показатели первичного выхода на инвалидность от производственных травм и профессиональных заболеваний в РБ за 2018 - 2024 гг., человек*

Table 5. Indicators of primary disability from occupational injuries and diseases in the Republic of Bashkortostan between 2018 and 2024, people*

Показатель	Годы						
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Первично установлена инвалидность вследствие производственных травм и профессиональных заболеваний, всего, из них:	38	37	56	45	50	59	48
- по причине производственных травм	34	35	50	43	48	54	46
- по причине профзаболеваний	4	2	6	2	2	5	2

Примечание: *- данные ФКУ «Главного бюро медико-социальной экспертизы по РБ» Минтруда России

Note: * - data from the Federal State Institution "Main Bureau of Medical and Social Expertise for the Republic of Bashkortostan" of the Ministry of Labor of Russia

Представленные данные демонстрируют, что в 93,1% случаев первичная инвалидизация обусловлена последствиями производственного травматизма. При распределении по группам инвалидности преобладают лица, которым впервые была установлена III группа (71,3%). Последствия травматического повреждения опорно-двигательного аппарата явились основной причиной инвалидности вследствие несчастных случаев на производстве (83,7%).

Таблица 6. Причины выхода на инвалидность от производственных травм и профессиональных заболеваний за 2018 - 2024 гг., человек*

Table 6. Reasons for disability due tooccupational injuries and occupational diseases between 2018 and 2024, people*

Причина выхода на инвалидность	Годы						
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
I. Производственные травмы, из них:	30	35	50	43	48	54	46
1) последствия травм головы	5	6	4	4	6	9	1
2) последствия травм опорно-двигательного аппарата	24	29	44	37	39	40	43
3) последствия термических, химических ожогов и обморожений	1	-	2	1	3	4	2
4) последствия других и неуточненных воздействий внешних причин	-	-	-	1	-	1	-
II. Профессиональные заболевания	4	2	6	2	2	5	2
Всего	34	37	56	45	50	59	48

Примечание: * - данные ФКУ «Главного бюро медико-социальной экспертизы по РБ» Минтруда России

Note: * - data from the Federal State Institution "Main Bureau of Medical and Social Expertise for the Republic of Bashkortostan" of the Ministry of Labor of Russia

Обсуждение. Анализ литературных данных отечественных и зарубежных исследователей свидетельствуют, что на ряде предприятий различных отраслей

экономики сохраняются высокие риски травмирования на рабочем месте и развития профессиональных заболеваний различной этиологии [18-24].

Проведенный анализ показателей условий труда, профессиональной заболеваемости в Республике Башкортостан сопоставим с аналогичными показателями других регионов страны, о чем свидетельствуют публикации ряда авторов [25, 26, 3].

Установленные нами несоответствия между условиями труда и уровнем профессиональной заболеваемости в отдельных отраслях совпадают с результатами ряда исследователей, что может быть связано как с недостоверностью данных, полученных в ходе СОУТ и производственного контроля, так и с низким качеством проведения периодических медосмотров в связи с недостаточной укомплектованностью лечебных учреждений врачами-профпатологами и необходимым медицинским оборудованием, что негативно сказывается на выявляемости начальных признаков профессиональных заболеваний у работающих [27, 28].

По мнению Кубишина Е.С., регистрируемые в России показатели профзаболеваемости могут быть занижены вследствие недоучета этой патологии у значительной категории работников, трудящихся в новых формах нестандартной занятости или на малых предприятиях [14].

Полученные нами данные показали, что наиболее травмоопасными отраслями являются строительство, добыча полезных ископаемых и обрабатывающие производства. В других регионах страны также отмечается высокий риск несчастных случаев на в этих производствах [3-5, 15].

Минимизация причинения риска здоровью, по мнению авторов, возможна путем разработки и проведения комплекса мер для конкретных отраслей и предприятий с учетом их специфики. Мероприятия должны включать требования по охране труда, улучшению условий труда и совершенствованию медицинского обслуживания работающих.

Заключение. Анализ результатов исследований по оценке условий труда показал, что каждый третий работник (31,7-33,1%) в республике занят на работах с вредными и/или опасными условиями труда. На предприятиях по добыче полезных ископаемых и в обрабатывающих производствах доля таких работников возрастает до 41,6 - 47,7%.

Реальная гигиеническая ситуация на предприятиях республики может быть еще более неблагоприятной в связи с несовершенством методики проведения СОУТ, нарушением объемов и периодичности лабораторных исследований отдельных факторов рабочей среды и трудового процесса в рамках проведения производственного контроля.

Вредные условия труда и несоблюдение требований охраны труда на рабочих местах создают условия для развития у работников профессиональной патологии.

По данным ретроспективного анализа случаев ПЗ наибольший риск развития профессиональных заболеваний имели работники обрабатывающих производств и предприятий по добыче полезных ископаемых, в период пандемии Covid 19 медицинские работники.

Наиболее травмоопасными видами экономической деятельности являлись строительство, добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, транспортировка и хранение. Основными видами травм были дорожно-транспортные происшествия, падения с высоты и воздействие движущихся частей оборудования.

Результаты проведенных исследований послужили основанием для разработки профилактических программ для предприятий с наибольшим риском повреждения здоровья.

Вклад авторов:

Концепция и дизайн исследования – Бакиров А.Б., Шайхлисламова Э.Р.

Сбор и обработка материала - Бейгул Н.А., Маврина Л.Н., Гимранова Г.Г.

Анализ данных – Гайнуллина М.К., Маврина Л.Н., Бейгул Н.А.

Написание текста и оформление - Мулдашева Н.А., Каримова Л.К., Маврина Л.Н.

Редактирование - Каримова Л.К., Мулдашева Н.А.

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех ее частей.

Author contribution:

Concept and design of the study – Bakirov A.B., Shaykhlislamova E.R.

Collection and processing of material - Beygul N.A., Mavrina L.N., Gimranova G.G.

Data analysis – Gainullina M.K., Mavrina L.N., Beygul N.A.

Writing the text and designing the article - Muldasheva N.A., Karimova L.K., Mavrina L.N.

Editing - Karimova L.K., Muldasheva N.A.

All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Список литературы

1. Вадулина, Н.В., Галлямов М.А., Девятова С.М. Профессиональная заболеваемость в России: проблемы и решения. Безопасность техногенных и природных систем. 2020; 3: 7-15. Doi: 10.23947/2541-9129-2020-3-7-15.

2. Молчанова О. А., Богданова О. Г., Панков В. А. Анализ профессиональной заболеваемости в зависимости от производственно обусловленных факторов. Анализ риска здоровью: Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021: Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: т. 2, Пермь. 2021; 95-99.

3. Ердесов Н.Ж., Сраубаев Е.Н., Серик Б. Производственный травматизм и профессиональная заболеваемость в Республике Казахстан. Медицина и экология. 2020; 4: 38-45.

4. Гаврилов Д.В., Лежнев Е.А., Соболев В.В. Анализ состояния аварийности и травматизма на предприятиях угольной промышленности за 2014–2023 годы. Горная промышленность. 2025; 1: 41-48. doi.org/10.30686/1609-9192-2025-1-41-48

5. Зотов П.Б., Гарагашева Е.П., Зотова О.П. Травматизм на предприятиях нефтегазовой отрасли. Вятский медицинский вестник.2025; 1 (85): 79-84.

6. Абдрахманова Е.Р., Масягутова Л.М., Габбасов А.З., Бакиров А.Б., Гимранова Г.Г., Хафизова А.С. Результаты специальной оценки условий труда у работников различных отраслей экономики Республики Башкортостан. Санитарный врач. 2020; 4: 41-48. DOI: 10.33920/med-08-2004-05.

7. Газимова В.Г. Профессиональная заболеваемость металлургов Свердловской области. Гигиена и санитария. 2024; 103(3): 253-257. DOI: 10.47470/0016-9900-2024-103-3-253-257

8. Прокопенко Л.В., Чеботарёв А.Г., Головкова Н.П., Лескина Л.М., Николаев С.П. Условия труда, профессиональная заболеваемость, риски нарушения здоровья машинистов горных машин на карьерах. Медицина труда и промышленная экология. 2022; 62(6): 403–411. doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-6-403-411

9. Чеботарев А.Г., Лескина Л.М., Головкова Н.П. Условия труда и профессиональный риск нарушения здоровья рабочих рудных карьеров. Горная промышленность. 2020; 5: 115-119. DOI 10.30686/1609-9192-2020-5-115-119.

10. Бухтияров И.В., Чеботарев А.Г., Курьеров Н.Н., Сокур О.В. Актуальные вопросы улучшения условий труда и сохранения здоровья работников горнорудных предприятий. Медицина труда и промышленная экология. 2019; 59 (7): 424–429.

11. Brunelli E., Sarnico M., Garattini S. [et al.] Occupational risk and work-related diseases on steel foundries. Giornale italiano di medicina del lavoro ed ergonomia. 2012; 34(3): 20-23.

12. Singh L.P., Bhardwaj A., Deepak K.K. Occupational noise-induced hearing loss in Indian steel industry workers: an exploratory study. Human Factors. 2013; 55 (2): 411-424. DOI: 10.1177/0018720812457175

13. Онищенко Г.Г., Денисенко А.Ф., Боева И.А., Васякина Л.А., Дмитриенко В.В. Профессиональная заболеваемость в современных социально-экономических условиях Донбасса. Медицина труда и промышленная экология. 2022; 62(10): 630-639. https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-10-630-639

14. Кубишин Е.С. Проблемы достоверности учета профессиональной заболеваемости в России и пути их решения. Охрана труда. 2023; 1: 94-107. DOI: 10.34022/2658-3712-2023-50-1-94-107

15. Гальянов И.В., Студенкова Н.С. Виды и причины несчастных случаев с тяжелыми последствиями в сельском хозяйстве и основные направления их предупреждения. Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015; 27: 47-60.

16. Мулдашева Н. А., Каримова Л. К., Ларионова Т. К., Шайхлисламова Э. Р. Оценка профессиональных рисков на основе консолидированных баз данных по условиям труда. Санитарный врач. 2021; 1: 14–21. DOI: 10.33920/med-08-2101-02.

17. 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. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1195-1199.

18. Van der Molen HF, Basnet P, Hoonakker PL, Lehtola MM, Lappalainen J, Frings-Dresen MH, Haslam R, Verbeek JH. Interventions to prevent injuries in construction workers. Cochrane Database Syst Rev. 2018; 2(2): CD006251. DOI: 10.1002/14651858.CD006251.pub4.

19. Win KN, Trivedi A, Lai A, Hasylin H, Abdul-Mumin K. Non-fatal occupational accidents in Brunei Darussalam. Ind Health. 2021; 59(3): 193-200. DOI: 10.2486/indhealth.2020-0174.

20. Ilhan C, Citirik M, Uzel MM, Bagli S. Characteristics of work-related eye trauma in construction and manufacturing industries. Clin Exp Optom. 2022; 105(5): 546-551. DOI:10.1080/08164622.2021.1952842.

21. Szeszenia-Dabrowska N., Wilczyńska U.Occupational diseases among workers employed in various branches of the national economy. Medycyna Pracy. 2013; 64 (2): 161-174.

22. Brunelli E., Sarnico M., Garattini S. [et al.] Occupational risk and work-related diseases on steel foundries. Giornale italiano di medicina del lavoro ed ergonomia. 2012; 34(3): 20-23.

23. Singh L.P., Bhardwaj A., Deepak K.K. Occupational noise-induced hearing loss in Indian steel industry workers: an exploratory study. Human Factors. 2013; 55 (2): 411-424. DOI: 10.1177/0018720812457175

24. Paolocci G., Folletti I., Torén K. [et al.] Occupational risk factors for idiopathic pulmonary fibrosis in Southern Europe: a case-control study. BMC Pulmonary Medicine. 2018; 18 (1): 75. DOI: 10.1186/s12890-018-0644-2.

25. Берхеева З.М., Имамов А.А., Игнатанс Е.В., Сабитова М.М. Особенности динамики и структуры профессиональной заболеваемости в Республике

Татарстан. Вестник современной клинической медицины. 2023; 16 (5): 78-85. DOI: 10.20969/VSKM.2023.16(5).78-85.

26. Вангай А.Ю. Состояние здоровья работников горнодобывающей промышленности в Республике Казахстан (обзор литературы). Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ». 2025; 1 (82): 1115-1122.

27. Гурвич В. Б., Рослый О. Ф., Федорук А. А. [и др.] Некоторые проблемы реализации закона «О специальной оценке условий труда» // Актуальные проблемы безопасности и анализа риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания : Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием : в 2 томах / под ред. А. Ю. Поповой, Н. В. Зайцевой. Том 1. (Пермь, 11–13 мая 2016 г.). – Пермь: Книжный формат, 2016: 60–65.

28. Рослый О.Ф., Федорук А.А., Другова О.Г., Плотко Э.Г., Боярский А.П. Сравнительный анализ профессионального риска для здоровья работников по материалам специальной оценки условий труда и производственного контроля. Гигиена и санитария. 2017; 96(12): 1200-1203. DOI: http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1200-1203.

References:

1. Vadulina, N.V., Gallyamov M.A., Devyatova S.M. Occupational morbidity in Russia: problems and solutions. *Bezopasnost' tekhnogennykh i prirodnykh sistem*. 2020; 3: 7-15. Doi: 10.23947/2541-9129-2020-3-7-15 (In Russ.).

2. Molchanova O. A., Bogdanova O. G., Pankov V. A. Analysis of occupational morbidity depending on work-related factors. Health risk analysis: environmental, social, medical and behavioral aspects. In conjunction with the international meeting on environment and health RISE-2021: *Materialy XI Vserossiiskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem:* in 2 vols. Vol. 2, Perm. 2021; 95-99 (In Russ.).

3. Erdesov N.Zh., Sraubaev E.N., Serik B. Occupational injuries and occupational morbidity in the Republic of Kazakhstan. Meditsina i ekologiya. 2020; 4: 38-45 (In Russ.).

4. Gavrilov D.V., Lezhnev E.A., Sobolev V.V. Analysis of the accident and injury rate at coal mining enterprises for 2014–2023. *Gornaya promyshlennost*. 2025; 1: 41-48. doi.org/10.30686/1609-9192-2025-1-41-48 (In Russ.).

5. Zotov P.B., Garagasheva E.P., Zotova O.P. Injuries at oil and gas enterprises. *Vyatskiy Medtsinskiy Vestnik*. 2025; 1 (85): 79-84 (In Russ.).

6. Abdrakhmanova E.R., Masyagutova L.M., Gabbasov A.Z., Bakirov A.B., Gimranova G.G., Khafizova A.S. Results of a special assessment of working conditions of workers in various sectors of the economy of the Republic of Bashkortostan. *Sanitarny Vrach*. 2020; 4: 41-48. DOI: 10.33920/med-08-2004-05 (In Russ.).

7. Gazimova V.G. Occupational morbidity of metallurgists in the Sverdlovsk region. *Gigiena i sanitariya*. 2024; 103(3): 253-257. DOI: 10.47470/0016-9900-2024-103-3-253-257 (In Russ.).

8. Prokopenko L.V., Chebotarev A.G., Golovkova N.P., Leskina L.M., Nikolaev S.P. Working conditions, occupational morbidity, and health risks of mining machine operators in quarries. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2022; 62(6): 403–411. doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-6-403-411 (In Russ.).

9. Chebotarev A.G., Leskina L.M., Golovkova N.P. Working conditions and professional health risks of quarry workers. *Gornaya promyshlennost*. 2020; 5: 115-119. DOI 10.30686/1609-9192-2020-5-115-119 (In Russ.).

10. Bukhtiyarov I.V., Chebotarev A.G., Kuryerov N.N., Sokur O.V. Current issues of improving working conditions and maintaining the health of workers at mining enterprises. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59 (7): 424–429 (In Russ.).

11. Brunelli E., Sarnico M., Garattini S. [et al.] Occupational risk and work-related diseases on steel foundries. *Giornale italiano di medicina del lavoro ed ergonomia*. 2012; 34(3): 20–23.

12. Singh L.P., Bhardwaj A., Deepak K.K. Occupational noise-induced hearing loss in Indian steel industry workers: an exploratory study. *Human Factors*. 2013; 55 (2): 411-424. DOI: 10.1177/0018720812457175

13. Onishchenko G.G., Denisenko A.F., Boeva I.A., Vasyakina L.A., Dmitrienko V.V. Occupational morbidity in modern socio-economic conditions of Donbass. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2022; 62(10): 630-639. https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-10-630-639 (In Russ.).

14. Kubishin E.S. Problems of reliability of accounting of occupational morbidity in Russia and ways of their solution. *Okhrana truda*. 2023; 1: 94-107. DOI: 10.34022/2658-

3712-2023-50-1-94-107 (In Russ.).

15. Galyanov I.V., Studenkova N.S. Types and causes of accidents with serious consequences in agriculture and the main directions of their prevention. *National interests: priorities and safety*. 2015; 27: 47-60 (In Russ.).

16. Muldasheva N.A., Karimova L.K., Larionova T.K., Shaykhlislamova E.R. Assessment of professional risks based on consolidated databases on working conditions. *Sanitarny vrach*. 2021; 1: 14–21. DOI: 10.33920/med-08-2101-02 (In Russ.).

17. Meltzer AV, Yakubova I.Sh., Erastova NV, Kropot AI. Assessment of professional a priori health risk at the workplace. *Gigiena i sanitariya*. 2022; 101(10): 1195-1199. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1195-1199 (In Russ.).

18. Van der Molen HF, Basnet P, Hoonakker PL, Lehtola MM, Lappalainen J, Frings-Dresen MH, Haslam R, Verbeek JH. Interventions to prevent injuries in construction workers. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018; 2(2): CD006251. DOI: 10.1002/14651858.CD006251.pub4.

19. Win KN, Trivedi A, Lai A, Hasylin H, Abdul-Mumin K. Non-fatal occupational accidents in Brunei Darussalam. *Ind Health*. 2021; 59(3): 193-200. DOI: 10.2486/indhealth.2020-0174.

20. Ilhan C, Citirik M, Uzel MM, Bagli S. Characteristics of work-related eye trauma in construction and manufacturing industries. *Clin Exp Optom*. 2022; 105(5): 546-551. DOI:10.1080/08164622.2021.1952842.

21. Szeszenia-Dabrowska N., Wilczyńska U. Occupational diseases among workers employed in various branches of the national economy. *Medycyna Pracy*. 2013; 64 (2): 161-174.

22. Brunelli E., Sarnico M., Garattini S. [et al.] Occupational risk and work-related diseases on steel foundations. *Giornale italiano di medicina del lavoro ed ergonomia*. 2012; 34(3): 20-23.

23. Singh L.P., Bhardwaj A., Deepak K.K. Occupational noise-induced hearing loss in Indian steel industry workers: an exploratory study. *Human Factors*. 2013; 55 (2): 411-424. DOI: 10.1177/0018720812457175

24. Paolocci G., Folletti I., Torén K. [et al.] Occupational risk factors for idiopathic pulmonary fibrosis in Southern Europe: a case-control study. *BMC Pulmonary Medicine*. 2018; 18 (1): 75. DOI: 10.1186/s12890-018-0644-2.

25. Berkheeva Z.M., Imamov A.A., Ignatans E.V., Sabitova M.M. Features of the dynamics and structure of occupational morbidity in the Republic of Tatarstan. *Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsina.* 2023; 16 (5): 78-85. DOI: 10.20969/VSKM.2023.16(5).78-85 (In Russ.).

26. Vangay A.Yu. Health status of workers in the mining industry in the Republic of Kazakhstan (literature review). *International scientific journal "BULLETIN OF SCIENCE"*. 2025; 1 (82): 1115-1122 (In Russ.).

27. Gurvich VB, Roslyy OF, Fedoryuk AA [et al.] Some problems of implementing the law "On special assessment of working conditions" // Actual problems of safety and health risk analysis of the population when exposed to environmental factors: Proceedings of the VII All-Russian scientific and practical conference with international participation: in 2 volumes / edited by A. Yu. Popova, NV Zaitseva. Volume 1. (Perm, May 11-13, 2016). - Perm: Knizhny Format, 2016: 60-65 (In Russ.).

28. Roslyy OF, Fedoryuk AA, Drugova OG, Plotko EG, Boyarsky AP Comparative analysis of the professional risk to the health of workers based on the materials of a special assessment of working conditions and industrial control. *Gigiena i sanitariya*. 2017; 96(12): 1200-1203. DOI: http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1200-1203 (In Russ.).

Информация об авторах:

Бакиров Ахат Бариевич – советник директора ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», доктор медицинских наук, профессор, академик Академии наук Республики Башкортостан, заведующий кафедры терапии и профессиональных болезней с курсом ИДПО ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России,
(e-mail: fbun@uniimtech.ru, https://orcid.org/0000-0003-3510-2595)

Шайхлисламова Эльмира Радиковна –директор ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», кандидат медицинских наук,
(e-mail: fbun@uniimtech.ru, https://orcid.org/0000-0002-6127-7703)

Мулдашева Надежда Алексеевна – научный сотрудник отдела комплексных проблем гигиены и экологии человека ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» (e-mail: muldasheva51@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3518-3519)

Каримова Лилия Казымовна – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела комплексных проблем гигиены и экологии человека ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» (e-mail: iao_karimova@rambler.ru; тел. 8 (347) 255-57-21; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4995-0854)

Гайнуллина Махмуза Калимовна – доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела медицины труда ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» (e-mail: gainullinamk@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9340-2284)

Гимранова Галина Гининовна – доктор медицинских наук, доцент, главный научный сотрудник отдела медицины труда ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» (e-mail: gala.gim@mail.ru; ORCID: https:// orcid.org/0000-0002-8476-1223)

Маврина Лиана Николаевна - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела комплексных проблем гигиены и экологии человека ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека» (e-mail: Liana-1981@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-0250-2683)

Бейгул Наталья Александровна – кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела комплексных проблем гигиены и экологии человека ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»; доцент кафедры физической и органической химии ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (e-mail: omt_ufnii@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8006-384X)

Author information:

Akhat B. Bakirov - Advisor to the Director of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Doct. Sc. (Medicine), Professor, Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, Head of the Department of Therapy and Occupational Diseases with a Course in Additional Professional Education at the Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry (e-mail: fbun@uniimtech.ru, https://orcid.org/0000-0003-3510-2595)

Elmira R. Shaykhlislamova - Director of the Federal Budgetary Scientific Institution "Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology", Cand. Sc. (Medicine), (e-mail: fbun@uniimtech.ru, https://orcid.org/0000-0002-6127-7703)

Nadezhda A. Muldasheva – Researcher at the Department of Complex Problems of Hygiene and Human Ecology of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology (e-mail: muldasheva51@gmail.com; tel: +7 (347) 255-57-21; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3518-3519)

Liliya K. Karimova – Doct. Sc. (Medicine), Chief Researcher at the Department of Complex Problems of Hygiene and Human Ecology of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology (e-mail: iao_karimova@rambler.ru; tel.: +7 (347)255-57-21; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4995-0854)

Makhmuza K.Gainullina - Doct. Sc. (Medicine), Professor, Leading Researcher at the Department of Occupational Health, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology (e-mail: gainullinamk@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9340-2284)

Galina G. Gimranova – Doct. Sc. (Medicine), Chief Researcher at the Department of Occupational Health of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology (e-mail: gala.gim@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8476-1223)

Natalya A. Beigul – Cand. Sc. (Chemistry), Associate Professor, Senior Researcher at the Department of Complex Problems of Hygiene and Human Ecology of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology; Associate Professor Ufa State Petroleum Technological University (e-mail: omt_ufnii@mail.ru; tel.: +7 (347) 255-57-21; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8006-384X)

Поступила/Received: 10.02.2026

Принята в печать/Accepted: 24.02.2026

УДК 577:575:616.1(470.54)

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА *GPX4* С РАЗВИТИЕМ ОЖИРЕНИЯ У РАБОЧИХ ПРЕДПРИЯТИЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Полянина Д.Д.[1], Берёза И.А.[1], Кикоть А.М.[1], Шаихова Д.Р.[1], Сутункова М.П.[1,2]

[1]ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, Россия

[2]ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, 620028, Екатеринбург, Россия

Ожирение является одним из основных факторов риска развития сердечно-сосудистых патологий. Окислительный стресс оказывает прямое влияние на метаболизм липопротеидов. Ген *GPX4* кодирует один из ключевых ферментов антиоксидантной системы – глутатионпероксидазу 4, которая является главным барьером на пути перекисного окисления липидов. Одним из важных полиморфизмов данного гена является rs713041.

Цель исследования – изучить ассоциацию полиморфизма гена *GPX4* с показателем ИМТ у рабочих предприятия черной металлургии

Материалы и методы. Было обследовано 639 работников предприятия черной металлургии. Выборка поделена на группу сравнения из 165 человек, и основную группу из 474 человек. Для определения индекса массы тела (ИМТ) применялась инструментальная оценка роста и веса с дальнейшим расчетом по стандартной формуле. ДНК выделяли из периферической крови с помощью набора LumiPure, определение полиморфизма было проведено с помощью ПЦР в реальном времени. Для оценки полученных данных использовался критерии Краскела-Уоллиса и Манна-Уитни в пакете программ Statistica 12.

Результаты. Анализ общей выборки выявил статистически значимые различия по доминантной модели наследования (p=0,04): наибольшие средние значения ИМТ были у группы с генотипом TT. При делении выборки по месту работы и применении кодоминантной модели также обнаружены значимые различия (p=0,018) в основной группе: средние значения ИМТ повышались с увеличением числа Т-аллелей. Доминантная модель также показала наибольшие значения ИМТ у носителей генотипа TT (p=0,006).

Ограничения исследования. Не были определены основные профессиональные вредные факторы. Отсутствуют данные о селеновом статусе и биомаркерах окислительного стресса, а также о факторах образа жизни (питание, физическая активность).

Заключение. В ходе исследования было установлено, что лица, работающие во вредных условиях труда и имеющие в генотипе Т-аллель полиморфизма гена *GPX4*, имели более высокие показатели ИМТ. Данные результаты можно использовать для выявления лиц группы риска и проведения своевременных профилактических мероприятий.

Ключевые слова: GPX4, глутатионпероксидаза, ИМТ, ожирение, работники металлургического комбината

Соблюдение этических стандартов: этическое одобрение исследования было получено от локального этического комитета Федерального бюджетного учреждения науки «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора (протокол № 1 от 26.02.2021). Работа выполнялась в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (редакция 2013 г.).

Использование инструментов искусственного интеллекта: авторы заявляют, что при подготовке настоящей рукописи системы искусственного интеллекта не применялись.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Полянина Д.Д., Берёза И.А., Кикоть А.М., Шаихова Д.Р., Сутункова М.П. Взаимосвязь полиморфизма гена *GPX4* с развитием ожирения у рабочих предприятия черной металлургии. Медицина труда и экология человека.2026; 1: 31-44.
doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10102

Для корреспонденции: Дарья Дмитриевна Полянина, e-mail: polyaninadd@ymrc.ru

RELATIONSHIP BETWEEN *GPX4* GENE POLYMORPHISM AND OBESITY AMONG FERROUS METALLURGY WORKERS

Polianina D.D.[1], Bereza I.A.[1], Kikot A.M.[1], Shaikhova D.R.[1], Sutunkova M.P.[1,2]

[1]Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers, Yekaterinburg, Russia

[2]Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

Obesity is one of the main risk factors for developing cardiovascular diseases. Oxidative stress has a direct effect on lipoprotein metabolism. The GPX4 gene encodes glutathione peroxidase 4, one of the key enzymes of the antioxidant system, which is the main barrier to lipid peroxidation. One of the important polymorphisms of this gene is rs713041.

The purpose of the study was to study the association between GPX4 gene polymorphism and the body mass index in workers of a ferrous metallurgy enterprise.

Materials and methods. The sample included 639 ferrous metallurgy male workers divided into the main and control groups of 474 blue-collar and 165 white-collar workers, respectively. Height and weight were measured to calculate the body mass index (BMI) using a standard formula. DNA was isolated from peripheral blood using a LumiPure kit, and polymorphism was determined using real-time PCR. The Kraskel-Wallis and Mann-Whitney tests were used for data analysis in Statistica 12.

Results. The analysis of the total sample revealed statistical differences in terms of the dominant pattern of inheritance (p=0.04) with the highest mean BMI observed in the group of TT genotype carriers. After dividing the sample by job and applying the codominance, significant differences (p=0.018) were also found in the main group as the mean BMI values increased with the number of T alleles. The dominant pattern also showed the highest BMI values in carriers of the TT genotype (p=0.006).

Study limitations. The main occupational hazards were not established. No data on selenium status, biomarkers of oxidative stress, and lifestyle factors (nutrition, physical activity).

Conclusions. Workers exposed to occupational hazards and having the GPX4 T allele in their genotype have higher BMI values. This finding can be used to identify individuals at risk and implement timely preventive measures.

Keywords: GPX4, glutathione peroxidase, BMI, obesity, metallurgy workers

Compliance with ethical standards: Ethics approval was provided by the Local Ethics Committee of the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers (protocol No. 1 of February 2, 2021). The study was conducted in accordance with the ethical principles of the World Medical Association Declaration of Helsinki (2013).

Declaration of AI use: The authors declare that no artificial intelligence tools were used in the preparation of this manuscript.

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

Funding: The study did not have sponsorship.

For citation: Polianina D.D., Bereza I.A., Kikot A.M., Shaikhova D.R., Sutunkova M.P. Relationship between GPX4 gene polymorphism and obesity among ferrous metallurgy workers. Occupational Health and Human Ecology. 2026; 1:31-44.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10102

For correspondence: Daria D. Polianina, e-mail: polyaninadd@ymrc.ru

Ожирение является одним из основных факторов риска развития сердечно-сосудистых патологий, которые являются одной из основных причин смертности лиц трудоспособного возраста. Результаты обследования рабочих одного из предприятий черной металлургии, демонстрируют высокую распространённость ожирения среди изученного контингента, что вместе с вредными условиями труда на местах работы может оказывать еще более негативные эффекты на состояние их здоровья [1].

Вредные производственные факторы, характерные для черной металлургии, включают в себя воздействие ксенобиотиков, которые индуцируют окислительный стресс и способствуют ухудшению состояние здоровья рабочих [2]. Окислительный стресс оказывает прямое влияние на метаболизм липопротеидов [3]. В сочетании со снижением активности антиоксидантных ферментов это ведет к повышенному риску развития атеросклероза, раннего появления сердечно-сосудистых заболеваний, усиленной инсулинорезистентности и прогрессированию неалкогольной жировой болезни печени [4].

Ген *GPX4* кодирует один из ключевых и уникальных ферментов антиоксидантной системы – глутатионпероксидазу 4. В отличие от других ферментов GPX, GPX4 способен восстанавливать не только растворимые гидропероксиды (включая H_2O_2), но и сложные гидропероксиды фосфолипидов, встроенные в клеточные мембраны и липопротеины низкой плотности (ЛПНП) [5]. Эта особенность делает GPX4 главным барьером на пути перекисного окисления липидов (ПОЛ), которое ведет к разрушению клеточных мембран. При снижении активности GPX4 клетка теряет способность эффективно прерывать цепь ПОЛ [6].

Цель работы – изучить ассоциацию полиморфизма гена *GPX4* с показателем ИМТ у рабочих предприятия черной металлургии

Материалы и методы. Было обследовано 639 человек, мужчины, работники предприятия черной металлургии в возрасте от 30 до 59 лет (средний возраст 45,18 ± 7,34 года).

В исследование включали работников на основании следующих критериев:

- мужской пол;
- общий стаж работы более 5 лет;
- отсутствие профессиональных заболеваний;
- отсутствие обострения хронических заболеваний.

Выборка поделена на две группы – группа сравнения (административно-управленческий персонал (АУП) – офисные работники, не подвергающиеся вредному воздействию производства), состоящая из 165 человек, и основная группа (конвертерный цех (КЦ) – работники конвертерного цеха, подвергающиеся воздействию вредных производственных факторов), состоящая из 474 человек.

Основную группу составили сотрудники со следующими профессиями: ремонтник, мастер участка, газовщик, шлаковщик, миксеровщик, ковшевой, огнеупорщик, сталевар конвертера, подручный сталевара конвертера, сталевар установки внепечной обработки стали, подручный сталевара установки внепечной обработки стали, разливщик стали, оператор машины литья заготовок, оператор загрузки конвертера, машинист крана металлургического производства, машинист дистрибутора и машинист-транспортировщик горячего металла.

Для определения индекса массы тела (ИМТ) применялась инструментальная оценка роста и веса с дальнейшим расчётом по стандартной формуле. Данные о

росте и весе пациентов были получены по результатам ПМО на базе ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП.

ДНК выделяли из периферической крови с помощью набора LumiPure (Lumiprobe, Россия). Определение полиморфизма было проведено с помощью ПЦР в реальном времени с использованием амплификатора Quant Studio 3 (Thermo Fisher Scientific, США) на готовом наборе реагентов. Для статистической обработки данных использовались критерии Краскела-Уоллиса и Манна-Уитни в пакете программ Statistica 12. Для оценки полученных результатов использовались доминантная (CC+CT/TT) и кодоминантная (CC/CT/TT) модели наследования.

Результаты. По результатам анализа общей выборки были обнаружены статистически значимые различия ИМТ при сравнении по доминантной модели наследования (p=0,04), причём наибольшие средние значения ИМТ определялись у группы с полиморфным генотипом TT (см. Рисунок 1).

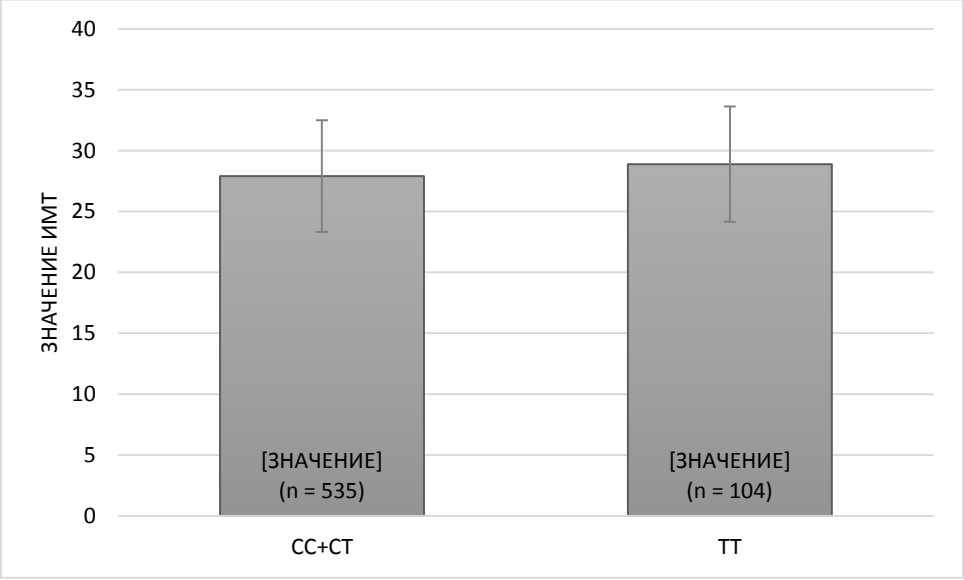

Рисунок 1. Средние значения ИМТ у носителей различных генотипов *GPX4* rs713041 в общей выборке. CC – дикий генотип; CT и TT – мутантные генотипы. Используется доминантная модель наследования. По оси ординат представлены значения ИМТ. На графике указаны средние значения и количество пациентов в группе.

Figure 1. Mean BMI values in carriers of different *GPX4* rs713041 genotypes in the general sample. CC is the wild genotype; CT and TT are mutant genotypes. The dominant pattern of inheritance is used. The ordinate axis indicates BMI values while the bars show the means and the group size.

При анализе выборки с делением по группам по кодоминантной модели также были выявлены статистически значимые различия в основной группе с повышением средних значений ИМТ в зависимости от наличия одного или двух Т-аллелей в генотипе (p=0,018) (см. Рисунок 2). При этом в группе АУП не наблюдалось достоверных изменений ИМТ в зависимости от генотипа *GPX4* (p=0,701).

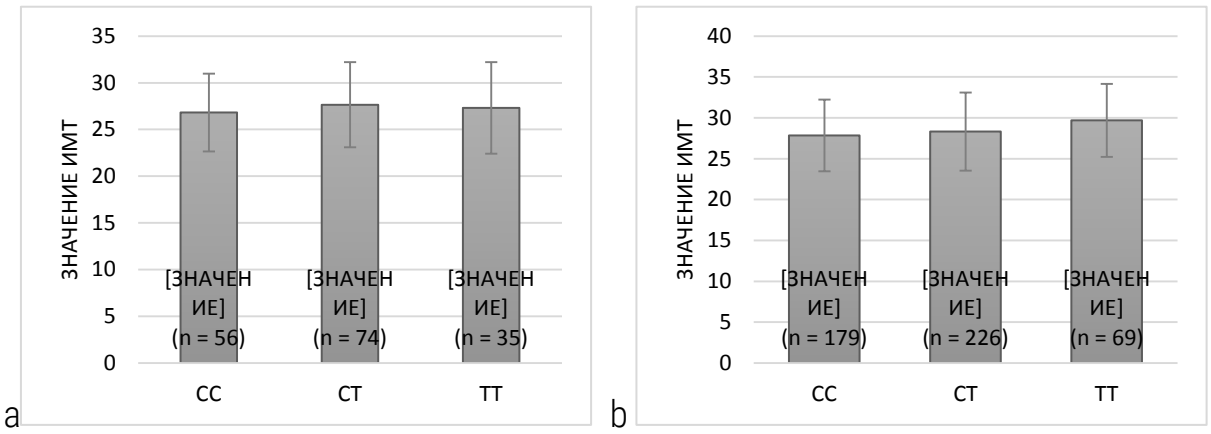

Рисунок 2. Средние значения ИМТ у носителей различных генотипов *GPX4* rs713041 в группах АУП (a) И КЦ (b). CC – дикий генотип; CT и TT – мутантные генотипы. Используется кодоминантная модель наследования. По оси ординат представлены значения ИМТ. На графике указаны средние значения и количество пациентов в группе.

Figure 2. Mean BMI values in carriers of different *GPX4* rs713041 genotypes in the control (a) and case (b) groups. CC is the wild genotype; CT and TT are mutant genotypes. The codominance is used. The ordinate axis indicates BMI values while the bars show the means and the group size.

При сравнении данных с использованием доминантной модели также наибольшие значения ИМТ наблюдались в основной группе у носителей генотипа TT (p=0,006). В группе сравнения статистически значимых различий не обнаружено (p=0,965) (см. Рисунок 3).

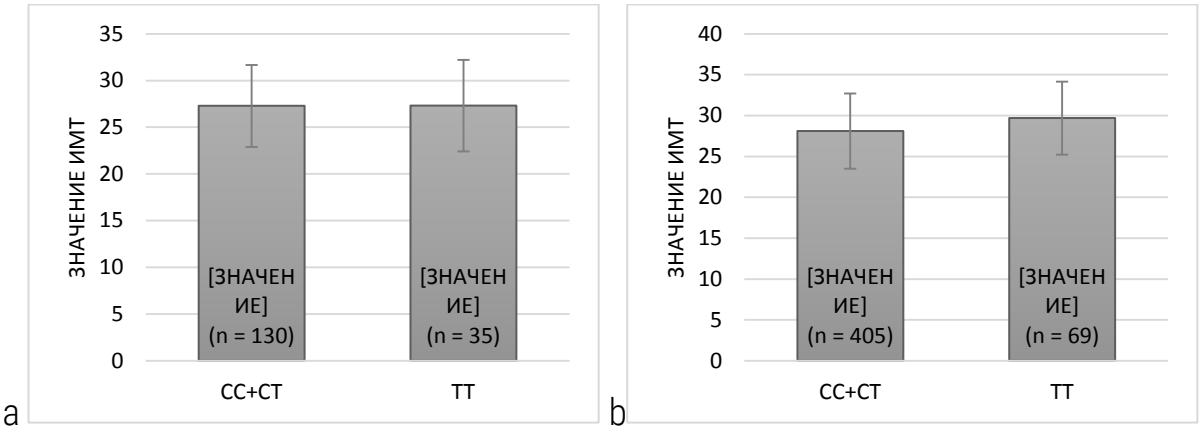

Рисунок 3. Средние значения ИМТ у носителей различных генотипов *GPX4* rs713041 в группах АУП (a) И КЦ (b). CC – дикий генотип; CT и TT – мутантные генотипы. Используется кодоминантная модель наследования. По оси ординат представлены значения ИМТ. На графике указаны средние значения и количество пациентов в группе.

Figure 3. Mean BMI values in carriers of different *GPX4* rs713041 genotypes in the control (a) and case (b) groups. CC is the wild genotype; CT and TT are mutant genotypes. The dominant pattern of inheritance is used. The ordinate axis indicates BMI values while the bars show the means and the group size.

Обсуждение. По данным настоящего исследования можно предположить возможную ассоциацию повышенных значений ИМТ с наличием полиморфного Т-аллеля в генотипе. Также стоит отметить, что статистически значимые различия значений ИМТ между носителями разных генотипов наблюдались в группе рабочих, находящихся под воздействием вредных факторов производственной среды и трудового процесса, но не в группе сравнения.

Значительный интерес для исследований представляет полиморфизм rs713041, расположенный в ключевой для встраивания селена области гена GPX4. Ключевой особенностью GPX4 является то, что это селенопротеин: в его активном центре содержится аминокислота селеноцистеин, которая включается в растущую полипептидную цепь за счёт специальной шпилечной структуры в 3'-нетранслируемой области (3'-UTR) мРНК, известной как SECIS-элемент (selenocysteine insertion sequence)[6,7]. Было высказано предположение, что полиморфизм rs713041 может влиять на уровни и функцию гена, а также влиять на изменения активности фермента в плазме [8]. В работе Crosley et al. генотип TT увеличивал перекисное окисление липидов, адгезию моноцитов и экспрессию

VCAM-1 (белок адгезии сосудистых клеток 1) в эндотелиальных клетках, что является фактором риска развития сердечно-сосудистых заболеваний [9]. В других исследованиях была обнаружена прямая корреляция между биомаркерами окислительного стресса и ИМТ. Это может быть связано с недостаточностью ферментов антиоксидантной системы, в частности, GPX4, который обладает способностью прерывать перекисное окисление липидов. При снижении активности фермента увеличивается синтез липопротеидов очень низкой плотности, окислительной модификации липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) с образованием атерогенных частиц и снижении активности рецепторов к ЛПНП [10]. Изменения в липидном обмене и окислительный стресс провоцируют повышенное деление преадипоцитов и гипертрофию клеток жировой ткани, а также могут влиять на чувства голода и сытости [11,12].

Заключение. В ходе проведённого исследования было установлено, что лица, работающие во вредных условиях труда и имеющие в генотипе Т-аллель полиморфизма гена *GPX4*, имели более высокие показатели ИМТ. Данные результаты можно использовать для выявления лиц группы риска и проведения своевременных профилактических мероприятий.

Вклад авторов.

Концепция и дизайн исследования – Полянина Д.Д., Берёза И.А., Кикоть А.М., Шаихова Д.Р., Сутункова М.П.

Сбор и обработка материала – Полянина Д.Д., Берёза И.А., Кикоть А.М., Шаихова Д.Р.

Анализ данных – Полянина Д.Д.

Написание текста и оформление статьи – Полянина Д.Д.

Редактирование – Полянина Д.Д., Берёза И.А., Кикоть А.М., Шаихова Д.Р., Сутункова М.П.

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех ее частей.

Author contribution:

Concept and design of the study – Polianina D.D., Bereza I.A., Kikot A.M., Shaikhova D.R., Sutunkova M.P.

Collection and processing of material – Polianina D.D., Bereza I.A., Kikot A.M., Shaikhova D.R.

Data analysis –Polianina D.D.

Writing the text and designing the article – Polianina D.D.

Editing – Polianina D.D., Bereza I.A., Kikot A.M., Shaikhova D.R., Sutunkova M.P.

All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Список литературы:

1. Газимова В. Г., Шастин А. С., Чаурина Д. В., Константинова Е. Д., Маслакова Т. А., Огородникова С. Ю., Вараксин А. Н., Борцов С. М. Использование математических моделей в оценке системы кровообращения у работающих во вредных условиях труда. Гигиена и санитария. 2024;103(9):947-953. doi: 10.47470/0016-9900-2024-103-9-947-953

2. Jomova K., Valko M. Advances in metal-induced oxidative stress and human disease. Toxicology. 2011;283(2–3):65–87. https://doi.org/10.1016/j.tox.2011.03.001

3. Kontsevaya A., Shalnova S., Deev A., Breda J., Jewell J., Rakovac I., Conrady A., Rotar O. [et al.] Overweight and Obesity in the Russian Population: Prevalence in Adults and Association with Socioeconomic Parameters and Cardiovascular Risk Factors. Obes. Facts. 2019;12(1):103–114.

4. Vincent, H. K., Taylor, A. G. Biomarkers and potential mechanisms of obesity-induced oxidant stress in humans. International Journal of Obesity. 2006;30(3):400-418.

5. Brigelius-Flohé, R., Maiorino, M. Glutathione peroxidases. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects. 2013;1830(5):3289-3303.

6. Meplan C., Crosley L.K., Nicol F., Horgan G.W., Mathers J.C., Arthur J.R., Hesketh J.E. Functional effects of a common single-nucleotide polymorphism (GPX4c718t) in the glutathione peroxidase 4 gene: Interaction with sex. Am. J. Clin. Nutr. 2008; 87:1019–1027.

7. Liu P., Zhu J., Yuan G., Li D., Wen Y., Huang S., Lv Z., Guo Y., Cheng J. The effects of selenium on GPX4-mediated lipid peroxidation and apoptosis in germ cells. Journal of applied toxicology: JAT. 2022; 42(6):1016–1028. https://doi.org/10.1002/jat.4273

8. Crawford A., Fassett R. G., Coombes J. S., et al. Glutathione peroxidase, superoxide dismutase and catalase genotypes and activities and the progression of chronic kidney disease. Nephrology, dialysis, transplantation: official publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association. 2011;26(9):2806–2813. https://doi.org/10.1093/ndt/gfq828

9. Crosley L. K. The single-nucleotide polymorphism (GPX 4c718t) in the glutathione peroxidase 4 gene influences endothelial cell function: I nteraction with selenium and fatty acids / L. K. Crosley, S. Bashir, F. Nicol, J. R. Arthur, J. E. Hesketh, A. A. Sneddon // Molecular Nutrition & Food Research. 2013;57(12):2185–2194. doi:10.1002/mnfr.201300216.

10. Ahn J., Nowell S., McCann S. E., et al. Associations between catalase phenotype and genotype: modification by epidemiologic factors. Cancer epidemiology, biomarkers & prevention: a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology. 2006;15(6):1217–1222. https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-06-0104

11. Поварова О.В., Городецкая Е.А., Каленикова Е.И., Медведев О.С. Метаболические маркеры и окислительный стресс в патогенезе ожирения у детей. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2020;65(1):22-29.

12. Horvath T. L., Andrews Z. B., Diano S. Fuel utilization by hypothalamic neurons: roles for ROS. Trends in Endocrinology & Metabolism. 2009;20(2):78–87. – doi:10.1016/j.tem.2008.10.003.

References:

1. Gazimova V. G., Shastin A. S., Chaurina D. V., Konstantinova E. D., Maslakova T. A., Ogorodnikova S. Yu., Varaksin A. N., Bortsov S. M. The use of mathematical models in assessing the circulatory system of workers in harmful working conditions. *Gigiena i sanitariya*. 2024;103(9):947-953. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2024-103-9-947-953

2. Jomova K., Valko M. Advances in metal-induced oxidative stress and human disease. Toxicology. 2011;283(2–3):65–87. https://doi.org/10.1016/j.tox.2011.03.001

3. Kontsevaya A., Shalnova S., Deev A., Breda J., Jewell J., Rakovac I., Conrady A., Rotar O. [et al.] Overweight and Obesity in the Russian Population: Prevalence in Adults and Association with Socioeconomic Parameters and Cardiovascular Risk Factors. Obes. Facts. 2019;12(1):103–114.

4. Vincent, H. K., Taylor, A. G. Biomarkers and potential mechanisms of obesity-induced oxidant stress in humans. International Journal of Obesity. 2006;30(3):400-418.

5. Brigelius-Flohé, R., Maiorino, M. Glutathione peroxidases. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects. 2013;1830(5):3289-3303.

6. Meplan C., Crosley L.K., Nicol F., Horgan G.W., Mathers J.C., Arthur J.R., Hesketh J.E. Functional effects of a common single-nucleotide polymorphism (GPX4c718t) in the glutathione peroxidase 4 gene: Interaction with sex. Am. J. Clin. Nutr. 2008; 87:1019–1027.

7. Liu P., Zhu J., Yuan G., Li D., Wen Y., Huang S., Lv Z., Guo Y., Cheng J. The effects of selenium on GPX4-mediated lipid peroxidation and apoptosis in germ cells. Journal of applied toxicology: JAT. 2022; 42(6):1016–1028. https://doi.org/10.1002/jat.4273

8. Crawford A., Fassett R. G., Coombes J. S., et al. Glutathione peroxidase, superoxide dismutase and catalase genotypes and activities and the progression of chronic kidney disease. Nephrology, dialysis, transplantation: official publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association. 2011;26(9):2806–2813. https://doi.org/10.1093/ndt/gfq828

9. Crosley L. K. The single-nucleotide polymorphism (GPX 4c718t) in the glutathione peroxidase 4 gene influences endothelial cell function: I nteraction with selenium and fatty acids / L. K. Crosley, S. Bashir, F. Nicol, J. R. Arthur, J. E. Hesketh, A. A. Sneddon // Molecular Nutrition & Food Research. 2013;57(12):2185–2194. doi:10.1002/mnfr.201300216.

10. Ahn J., Nowell S., McCann S. E., et al. Associations between catalase phenotype and genotype: modification by epidemiologic factors. Cancer epidemiology, biomarkers & prevention: a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored

by the American Society of Preventive Oncology. 2006;15(6):1217–1222. https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-06-0104

11. Povarova O.V., Gorodetskaya E.A., Kalenik16a E.I., Medvedev O.S. Metabolic markers and oxidative stress in the pathogenesis of obesity in children. *Rossiiskiy vestnik perinatologii i pediatrii.* 2020;65(1):22-29. (In Russ.).

12. Horvath T. L., Andrews Z. B., Diano S. Fuel utilization by hypothalamic neurons: roles for ROS. Trends in Endocrinology & Metabolism. 2009;20(2):78–87. – doi:10.1016/j.tem.2008.10.003.

Информация об авторах.

Дарья Дмитриевна Полянина – младший научный сотрудник отдела молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора. (620014, г. Екатеринбург, email: polyaninadd@ymrc.ru ORCID iD: 0009-0007-5046-0207)

Иван Андреевич Берёза – научный сотрудник отдела молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора (620014, г. Екатеринбург, email: berezaia@ymrc.ru ORCID iD: 0000-0002-4109-9268)

Дарья Рамильевна Шаихова – научный сотрудник отдела молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора. (620014, г. Екатеринбург, email: darya.boo@mail.ru ORCID iD: 0000-0002-7029-3406)

Анна Михайловна Кикоть – научный сотрудник отдела молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора. (620014, г. Екатеринбург, email: kikotam@ymrc.ru ORCID iD: 0000-0001-8794-7288)

Марина Петровна Сутункова – доктор медицинских наук, директор ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; заведующая кафедрой гигиены и медицины труда. (620014, г. Екатеринбург, email: sutunkova@ymrc.ru ORCID iD: 0000-0002-1743-7642)

Author information

Daria D. Polianina, Junior Researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers (620014, Yekaterinburg, Russian Federation; email: polyaninadd@ymrc.ru; ORCID iD: 0009-0007-5046-0207)

Ivan A. Bereza – Researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers (620014, Yekaterinburg, Russian Federation; email: berezaia@ymrc.ru; ORCID iD: 0000-0002-4109-926)

Daria R. Shaikhova, Researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers (620014, Yekaterinburg, Russian Federation; email: darya.boo@mail.ru; ORCID iD: 0000-0002-7029-3406)

Anna M. Kikot, Researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers (620014, Yekaterinburg, Russian Federation; email: kikotam@ymrc.ru; ORCID iD: 0000-0001-8794-7288)

Marina P. Sutunkova, Doct. Sc. (Medicine), Director, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers, 620014, Yekaterinburg, Russian Federation; Head of the Department of Occupational Hygiene and Medicine, Ural State Medical University (620028, Yekaterinburg, Russian Federation; email: sutunkova@ymrc.ru; ORCID iD: 0000-0002-1743-7642)

Поступила/Received: 16.02.2026

Принята в печать/Accepted: 18.02.2026

УДК 613.6.02:613.633:613.2

СОДЕРЖАНИЕ ВИТАМИНА D У ГОРНОРАБОЧИХ, ЗАНЯТЫХ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕЙ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД

Кудашева А.Р.[1], Терегулова З.С.[1], Бакиров А.Б.[1,2,3], Терегулов Б.Ф.[1], Шайхлисламова Э.Р.[1,2]

[1] ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Уфа, Россия

[2] ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

[3] ГБНУ «Академия наук Республики Башкортостан», Уфа, Россия

Труд горнорабочих, занятых добычей полиметаллической руды в подземных условиях, где отсутствует естественное освещение, создает риск развития нарушения обменных процессов за счет сниженного синтеза витамина D. Учитывая многогранную роль этого витамина в поддержании здоровья горнорабочих, оценка обеспеченности им представляет актуальную проблему.

Целью исследования явилась оценка уровня содержания 25(OH) витамина D в сыворотке крови у горнорабочих, занятых добычей полиметаллических руд в подземных условиях.

Материалы и методы. Содержание 25(OH)-D определяли в летний период года (июнь-июль) у 62 мужчин-проходчиков подземного рудника ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат» (УГОК). Возраст обследованных составлял 40-49 лет, стаж работы - 20-25 лет. Исследование венозной крови производились на автоматическом иммунохимическом анализаторе ALINITY i (Abbott, США) с использованием хемилюминесцентной технологии CHEMIFLEX в лаборатории ООО «КДЛ УФА - ТЕСТ».

Статистическую обработку осуществляли с применением пакета прикладных программ Statistica 10.0. Рассчитывали средние величины, ошибки средних (M±m), медианы и интерквартильный размах (Q25–Q75).

Результаты исследования выявили высокую распространенность недостаточности и дефицита 25(OH)D у проходчиков подземного рудника. У относительно молодых горнорабочих (40-49 лет) в 80,7% случаев констатировалось гиповитаминозное состояние той или иной степени выраженности. Среднее содержание 25-OH-D в сыворотке крови у проходчиков соответствовало недостаточному обеспечению -

26,9±3,1 нг/мл по клиническим рекомендациям Российской ассоциации эндокринологов (2021г.) Только у 19,4% горнорабочих насыщенность организма витамином D сохранялась на оптимальном уровне со средним показателем сывороточной концентрации 34,7±3,1 нг/мл. Недостаточность была зарегистрирована у 33,9%, а дефицит витамина D - у 46,8% горнорабочих.

Выводы. Дефицит и недостаточность 25(OH)D были установлены у 80,7% проходчиков подземного рудника. Можно предположить, что специфические условия труда проходчиков и недостаточная инсоляция могут оказывать влияние на обеспеченность витамином D их организма, что диктует необходимость проведения адресных лечебно-профилактических мероприятий, направленных на коррекцию дефицита и недостаточности витамина D.

Ключевые слова: проходчики, горнорабочие, витамин D, фотарии

Соблюдение этических стандартов: от всех участников было получено добровольное информированное согласие.

Использование инструментов искусственного интеллекта: авторы заявляют, что при подготовке настоящей рукописи системы искусственного интеллекта не применялись.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Кудашева А.Р., Терегулова З.С., Бакиров А.Б., Терегулов Б.Ф., Шайхлисламова Э.Р. Содержание витамина D у горнорабочих, занятых подземной добычей полиметаллических руд. Медицина труда и экология человека. 2026; 1: 45-59.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10103

Для корреспонденции: Альфия Равилевна Кудашева, e-mail: alfa_9@inbox.ru

ASSESSMENT OF VITAMIN D STATUS AMONG UNDERGROUND POLYMETALLIC ORES MINERS

Kudasheva A.R.[1], Teregulova Z.S.[1], Bakirov A.B.[1, 2, 3],Teregulov B.F.[1], Shaikhlislamova E.R.[1,2].

[1] Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry, Ufa, Russia

[2] Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

[3] Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

Underground polymetallic ore miners are at risk of developing metabolic disorders due to reduced vitamin D synthesis caused by the natural light absence. Given the multifaceted role of this vitamin in maintaining miners' health, assessing its status is a pressing issue.

The aim of the study was to assess serum 25(OH) vitamin D levels among underground polymetallic ore miners.

Materials and methods. 25(OH)-D levels were measured during the summer (June-July) in 62 male underground miners at the Uchaly Mining and Processing Plant (UGOK). The subjects ranged in age from 40 to 49 years, with 20 to 25 years of work experience. Venous blood samples were analyzed using an ALINITY i automated immunoassay analyzer (Abbott, USA) using CHEMIFLEX chemiluminescence technology at the KDL laboratory (KDL UFA-TEST LLC).

Statistical analysis was performed using the Statistica 10.0 software package. Mean values, standard errors of the mean (M±m), medians, and interquartile ranges (Q25–Q75) were calculated.

Results. The study results revealed a high prevalence of 25(OH)D deficiency and insufficiency among underground mine workers. Among relatively young miners (40-49 years old), 80.7% had hypovitaminosis of varying degrees of severity. The average serum 25-OH-D level among miners corresponded to insufficient levels, at 26.9±3.1 ng/ml, according to the clinical guidelines of the Russian Association of Endocrinologists (2021). Only 19.4% of miners had adequate vitamin D levels, with an average level of 34.7±3.1 ng/ml. Insufficiency was recorded in 33.9% of miners, and vitamin D deficiency was found in 46.8%.

Conclusions. 25 (OH) D deficiency and insufficiency were detected in 80.7% of underground miners. It can be assumed that the specific working conditions of miners, with insufficient sun exposure, may impact their vitamin D status, necessitating targeted treatment and preventive measures aimed at correcting vitamin D deficiency and insufficiency.

Keywords: drifters, miners, vitamin D, photariums

Compliance with ethical standards: voluntary informed consent was obtained from all participants.

Declaration of AI use: the authors declare that no artificial intelligence systems were used in the preparation of this manuscript.

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

Funding: the study did not have sponsorship.

For citation: Kudasheva A.R., Teregulova Z.S., Bakirov A.B., Teregulov B.F., Shaykhlislamova E.R. Assessment of vitamin D status in miners engaged in underground polymetallic ore mining. Occupational Medicine and Human Ecology. 2026; 1: 45 - 59.
doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10103

For correspondence: Alfiya Ravilevna Kudasheva, e-mail: alfa_9@inbox.ru

В последние годы пристальное внимание ученых направлено на изучение витамин D-дефицитных состояний у населения, проживающего в средней полосе России из-за недостаточной инсоляции и удаленности регионов от экваториальной зоны. В зимний период не происходит синтеза витамина D в коже из-за непродолжительного периода солнечной радиации и это является фактором риска по его дефициту. Формированию гиповитаминоза на нашей широте способствует изменение угла падения солнечных лучей и преобладание длинноволнового спектра инсоляции в зимний период, что способствует меньшей доступности фотонов УФ-В для полноценного синтеза витамина D в коже человека. По данным статистических исследований, более чем у половины населения земного шара его сывороточный уровень ниже 75 нмоль/л [1,2,3,4]. Содержание витамина D в организме зависит от сезонности и географической широты, степени укорочения светового дня в осенне-зимний период, загрязненности атмосферы городов. Длительное пребывание в замкнутых помещениях, использование спецодежды отдельными категориями работников также способствуют уменьшению выработки витамина D в коже, приводя к его дефициту [5,6,7,8,9,10]. Особый интерес представляют специфические условия подземного труда в замкнутых пространствах на глубине свыше 530 м без доступа дневного света, что может создавать риск нарушения обменных процессов за счет снижения синтеза витамина D.

По современным представлениям известно, что витамин D является важнейшим прогормоном участвующим во многих биохимических процессах. Имеются сведения об обеспеченности витамином D шахтеров в угольной промышленности, но отсутствуют сведения по содержанию его у работников, занятых добычей руд цветных металлов. Учитывая многогранную роль витамина D в поддержании здоровья человека, оценка обеспеченности им горнорабочих, занятых в подземной добыче полиметаллической руды, представляет актуальную проблему.

Цель исследования: оценить содержание 25(OH) витамина D в сыворотке крови у горнорабочих, занятых добычей полиметаллических руд в подземных условиях.

Обеспеченность организма витамином D была изучена у 62 работников - проходчиков подземного рудника ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат» (УГОК), в возрасте 40-49 лет со стажем работы 20-25 лет. В исследование были включены горнорабочие, подписавшие добровольное информированное согласие, не имеющие жалоб, не принимающие биоактивные добавки с витамином D, не имевшие в анамнезе диабет и заболевания щитовидной железы.

Исследования проводились в период максимальной инсоляции в летние месяцы (июнь-июль). Забор крови производили утром натощак из локтевой вены в вакуумные контейнеры, сыворотку получали путем центрифугирования. Исследование биомаркера обеспеченности организма витамином D - 25(OH)-D [2] - проводили в лаборатории ООО «КДЛ УФА-ТЕСТ» на автоматическом иммунохимическом анализаторе ALINITY i, Abbott (США) с использованием хемилюминесцентной технологии CHEMIFLEX. При интерпретации полученных результатов руководствовались общепринятыми критериями, приведенными в Клинических рекомендациях Российской ассоциации эндокринологов (2021 г.), где уровень витамина D в сыворотке крови менее 20 нг/мл (менее 50 нмоль/л) рассматривается как дефицит, при 20-30 нг/мл (50-75 нмоль/л) - как недостаточность, более 30 нг/мл(75 нмоль/л) - как оптимальное содержание.

Статистическую обработку осуществляли с применением пакета прикладных программ Statistica 10.0. Рассчитывали средние величины и ошибки средних (M±*m*), медианы (Me) и межквартильные интервалы (Q25–Q75). По критерию Колмогорова–Смирнова распределение показателей соответствовало нормальному.

Результаты исследования. Полученные нами данные о содержании витамина D позволили констатировать его дефицит в организме горнорабочих. Так, среднее содержание 25-OH D в сыворотке крови у проходчиков составило 26,9±3,1 нг/мл, что соответствует недостаточному обеспечению по клиническим рекомендациям[2]. Однако полученные данные сильно различались - от дефицита и недостаточности до оптимального уровня витамина D в сыворотке крови проходчиков, в связи с чем по содержанию 25(OH) D они были распределены в 3 подгруппы для дальнейшего изучения (табл.1).

Таблица 1. Уровни 25-(OH) витамина D в сыворотке крови у горнорабочих в подгруппах

Table 1. Serum 25(OH) vit. D levels in blood serum of miners by subgroups

Подгруппы	Состояние по витамину D	M ± m, нг/мл	Me	Q25–Q75
1(n=29)	Дефицит	18,5 ± 1,7	17,8	15,8-19,9
2(n=21)	Недостаточность	26,3 ± 1,5	27,1	23,1-28,7
3(n=12)	Оптимальный уровень	34,7 ± 3,1	34,8	32,0-37,4

Из представленных данных видно распределение дефицита, недостаточности и оптимального содержания витамина D. При этом зона средних значений интервала «оптимальный уровень» по квартилям была приближена к нижней границы нормы (табл.1).

В целом, как показало наше исследование, только у 19,4% горнорабочих сывороточная концентрация и, следовательно, насыщенность организма витамином D сохранялась на оптимальном уровне; ее средний показатель составлял 34,7±3,1нг/мл. Недостаточность регистрировалась у 33,9%, а дефицит витамина D- у 46,8% горнорабочих (рис.1).

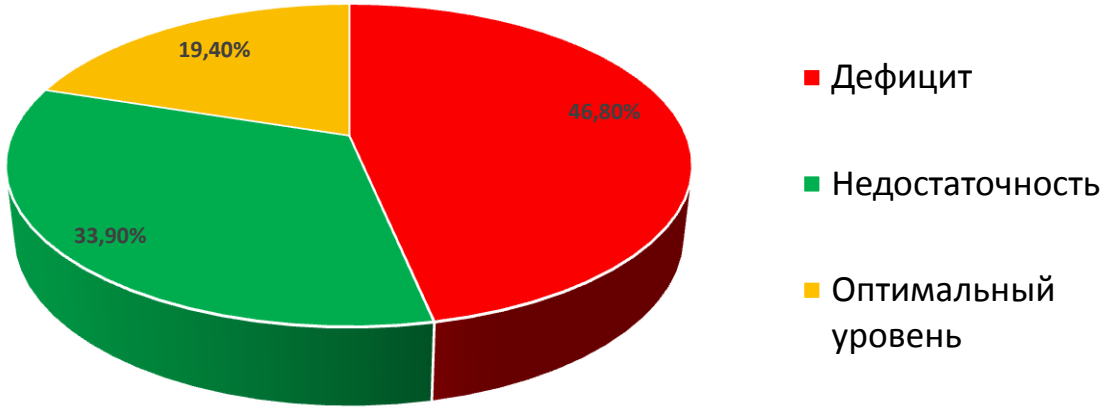

Рисунок 1. Частота выявления различных уровней обеспеченности 25(OH) витамином D у горнорабочих, %.

Figure 1. Frequency of detection of different levels of 25(OH) vitamin D status among miners, %.

Результаты исследования позволили определить высокую распространенность недостаточности и дефицита 25(OH)D у проходчиков подземного рудника. У относительно молодых горнорабочих (40-49лет) в 80,7% случаев констатировалось гиповитаминозное состояние той или иной степени выраженности.

Только у 1/5 части горнорабочих был установлен оптимальный уровень витамина D, однако его среднее значение приближалось к нижней границе нормы. Результаты наших исследований согласуются с данными литературных источников [1,3,4,5,6,7]. По данным других авторов, у 62% мужчин-жителей Башкортостана старше 50 лет средний уровень витамина D в сыворотке крови в период максимальной инсоляции составлял 58,6±14,2 нмоль/л, т.е. соответствовал состоянию гиповитаминоза [8].

Обсуждение. Нами была установлена низкая обеспеченность организма проходчиков витамином D даже в летний период года, что можно объяснить постоянным проживанием в горнорудном регионе, расположенном на широте 54°, где отмечается сниженный фотосинтез витамина D; а также специфическими условиями труда при подземной добыче полиметаллических руд: наличием вибрации, шума, запыленности от проходческих и взрывных работ, наличием суфлярных газов, неблагоприятным микроклиматом. Трудовой процесс характеризуется напряженностью и тяжестью, длительной вынужденной рабочей

позой, динамическими нагрузками, связанными с подъемом и перемещением груза ручным способом. Микроклимат характеризуется температурными колебаниями +(10°-16°)С, постоянным движением воздуха работой со скоростью движения воздуха 5-6 м/с при работе вентиляционных систем, 92-95% влажности воздуха в забоях. Особенностями профессиональной деятельности горнорабочих является посменная работа с ночными сменами, т.к. производственные процессы на предприятии непрерывны. По проведенным на данном горнодобывающем предприятии гигиеническим исследованиям, условия труда проходчика соответствуют классу 3.3-3.4 [11].

Низкую обеспеченность организма витамином D можно объяснить, как недостатком УФ-излучения спектра В при трудовой занятости в подземных работах и сном после ночных смен в период 11:00 до 14:00 ч, когда в коже синтез витамина D в коже при инсоляции должен быть максимальным, повышенной запыленностью, облачностью, туманом, загазованностью атмосферы[12,13,15].

Известно, что основным источником образования (80-90%) в организме витамина D является кожа, в которой под воздействием ультрафиолетовых лучей с длиной волны 280-320 нм происходит поэтапная фотохимическая изомеризация 7-дегидрохолестерина в превитамин D3. Температура кожи тоже влияет на процесс превращения превитамина D3 в холекальциферол. В дальнейшем холекальциферол, образовавшийся в коже и поступивший из кишечника, формирует метаболический пул. Благодаря белку - транспортеру витамин D циркулирует в крови до 30 суток; незначительная его часть депонируется в жировой и мышечной ткани. Основная его часть, попадая в печень, гидроксилируется в кальцидиол 25(OH)D3, который является основной транспортной формой витамина D и адекватно отражает истинное его содержание в организме. Следует отметить, что скорость фотосинтеза холекальциферола в коже (15-18 МЕ/см2/час) зависит от длины волны спектра фотонов УФ-В и определяет адекватность его содержания в организме. Холекальциферол, образовавшийся в коже, но не поступивший в системную циркуляцию, при дальнейшем облучении подвергается трансформации в неактивные соединения [12,13,14,15,16].

Данные нашего лабораторного исследования диктуют необходимость круглогодичной профилактики дефицита витамина Д у работников данного предприятия. Учитывая тот факт, что 80-90% этого витамина синтезируется в

коже, в здравпунктах предприятия следует активнее использовать фотарии для горнорабочих. Предлагается проводить УФ-облучение кожи нарастающей интенсивности - начиная с 1/4-1/2 средней биодозы и доводя до 3-5 биодоз курсом, состоящим из 15-20 процедур через день, дважды в год (осень-зима, зима-весна) с перерывом в 2-2,5 месяца [17].

Несмотря на организацию питания в столовых ОАО «УГОК» согласно Приказу №46н Минздравсоцразвития РФ от 16.02.2009 с выдачей дополнительных продуктов питания, оно является недостаточным для поддержания оптимального уровня витамина D в организме. В связи с этим необходимо введение в меню столовых, кроме молочных продуктов и яиц, продуктов с высоким содержанием холекальциферола (сельдь, печень тресковых пород рыб, тунец, рыбий жир). Необходимо также обогащать рацион питания также эргокальциферолом, который содержится в овощах, зелени, ламинарии и т.д. [18,19,20].

Заключение. Нами установлена высокая распространенность дефицита и недостаточности 25(OH)-D (у 80,7% проходчиков подземного рудника). Можно предположить, что специфические условия труда проходчиков и недостаточная инсоляция могут оказывать влияние на обеспеченность витамином D. Результаты исследования позволили выявить гиповитаминоз D у горнорабочих в относительно молодом возрасте (40-49 лет), что требует проведения адресных лечебно-профилактических мероприятий, направленных на коррекцию дефицита и недостаточности витамина D.

Вклад авторов.
Концепция и дизайн исследования – Кудашева А.Р., Терегулова З.С.
Сбор и обработка материала – Кудашева А.Р.
Анализ данных – Кудашева А.Р., Бакиров А.Б.
Написание текста и оформление статьи – Кудашева А.Р.
Редактирование – Шайхлисламова Э.Р., Терегулоа Б.Ф.
Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех ее частей.

Author contribution.
Concept and design of the study – Kudasheva A.R., Teregulova Z.S.
Collection and processing of material – Kudasheva A.R.
Data analysis – Kudasheva A.R., Bakirov A.B.

Writing the text and designing the article – Kudasheva A.R.
Editing – Shaikhlislamova E.R, Teregulo B.F.
All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Список литературы:

1. Петрушкина А.А., Пигарова Е.А., Рожинская Л.Я. Эпидемиология дефицита витамина D в Российской Федерации //Остеопороз и остеопатии. - 2018. - Т. 21. - №3. -С. 15-20.

2. Дедов И.И. ,Мельниченко Г.Ф., Пигарова Е.А., Дзеранова Л.К., Рожинская Л.Я., Трошина Е.А. Дефицит витамина D у взрослых: диагностика, лечение и профилактика//Учебное пособие: Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов. -2020. - 48 с.

3. Коденцова В.М., Бекетова Н. А., Никитюк Д. Б., Тутельян В. А. Характеристика обеспеченности витаминами взрослого населения Российской Федерации //Профилактическая медицина. 2018; 4: 32–37. DOI: 10.17116/profmed201821432.

4. Каронова Т.Л., Гринева Е.Н., Никитина И.Л. и др. Уровень обеспеченности витамином D жителей Северо-Западного региона РФ (г. Санкт-Петербург и г. Петрозаводск) // Остеопороз и остеопатии. - 2013. - Т. 16. - № 3. - С. 3-7.

5. Маркова Т.Н., Марков Д.С., Маркелова Т.Н. и др. Распространенность дефицита витамина D и факторов риска остеопороза у лиц молодого возраста // Вестник Чувашского Университета. - 2012. - Т. 234. - № 3. - С. 441-446.

6. Агуреева О.В., Жабрева Т.О., Скворцова Е.А. и др. Анализ уровня витамина D в сыворотке крови пациентов в Ростовской области // Остеопороз и остеопатии. - 2016. - Т. 19. - № 2. - С. 47.

7. Малявская С.И., Кострова Г.Н., Лебедев А.В. Уровни витамина D у представителей различных групп населения города Архангельска // Экология человека. - 2018. - Т. 356. - № 1. - С. 60-64.

8. Нурлыгаянов Р.З., Сыртланова Э.Р. Распространённость дефицита витамина D у лиц старше 50 лет, постоянно проживающих в республике Башкортостан, в период минимальной инсоляции // Остеопороз и остеопатии. - 2012. - Т.15. - № 3. - С. 7-9.

9. Спасич Т.А., Лемешевская Е.П., Решетник Л.А. и др. Гигиеническое значение дефицита витамина D у населения Иркутской области и пути его профилактики // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. - 2014. - Т. 100. - № 6. - С. 44-47.

10. Коробицына Р. Д., Сорокина Т. Ю. Статус витамина D населения России репродуктивного возраста за последние 10 лет. Российская Арктика. 2022; 18: 44–55. DOI: 10.24412/2658-4255-2022-3-44-55.

11. Шайхлисламова Э.Р., Каримова Л.К., Бейгул Н.А., Мулдашева Н.А.,

Фагамова А.З., Шаповал И.В., и др. Профессиональный риск для здоровья работников основных профессий предприятий по добыче

медно-цинковых руд: оценка и управление. Анализ риска здоровью 2022; 2: 107-115. DOI: 10.21668/health.risk/2022.2.10

12. Ланец И. Е., Гостинищева Е. В. Современные взгляды на роль витамина d в организме человека. Научное обозрение. Медицинские науки. 2022; 5: 39–45. https://science-medicine.ru/ru/article/view?id=1288 (дата обращения: 14.02.2025)

13. Древаль А. В., Крюкова И. В., Барсуков И. А., Тевосян Л. Х. Внекостные эффекты витамина D. РМЖ. 2017; 1: 53–56.

14. Bouillon R. Comparative analysis of nutritional guidelines for vitamin D. Nat Rev Endocrinol. 2017; 13 (8): 466–79. DOI: 10.1038/nrendo.2017.31

15. Cashman KD, van den Heuvel EG, Schoemaker RJw, Prévéraud DP, Macdonald HM, Arcot J. 25-Hydroxyvitamin D as a biomarkerof vitamin D status and its modeling to inform strategies for prevention of vitamin D deficiency within the population. Adv Nutr. 2017; 8 (6): 947–57. DOI: 10.3945/an.117.015578.

16. Cashman KD. Global differences in vitamin D status and dietary intake: a review of the data. Endocr Connect. 2022; 11 (1):e210282. DOI: 10.1530/EC-21-0282.

17. Бабиенко В. В., Шалыгин А. В. Оценка эффективности применения ультрафиолетового излучения для коррекции витамин Д дефицитных состояний. Современные проблемы гигиены, радиационной гигиены и экологической медицины: сборник научных статей Гродно. 2020; 10: 46–59.

18. Коденцова В.М., Мендель О.И., Хотимченко С.А. и др. Физиологическая потребность и эффективные дозы витамина D для коррекции его дефицита.

Современное состояние проблемы // Вопросы питания. - 2017. - Т. 86. - № 2. - С. 47-62.

19. Пигарова Е.А., Петрушкина А.А. Терапевтические возможности коррекции дефицита витамина D у взрослых // Consilium Medicum. - 2018. - Т. 20. - № 4. - С. 68-71. [Pigarova EA, Petrushkina AA. Treatment options of vitamin D deficiency in adults. Consilium Medicum. 2018; 20(4):68-71. (In Russ.)] https://doi.org/10.26442/2075-1753_2018.4.43-46

20.Пигарова Е.А., Рожинская Л.Я., Белая Ж.Е. и др. Клинические рекомендации Российской Ассоциации Эндокринологов по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D у взрослых // Проблемы эндокринологии. - 2016. - Т. 62. - № 4. - С. 60-84.

References:

1.Petrushkina A.A., Pigarova E.A., Rozhinskaja L.Ja. Epidemiologija defitsita vitamina D v Rossijskoj Federacii //Osteoporoz i osteopatii. - 2018. - Vol. 21. - №3. -P. 15-20. (In Russ.).

2. Dedov I.I, Mel'nichenko G.F., Pigarova E.A., Dzeranova L.K., Rozhinskaja L.Ja., Troshina E.A. Defitsit vitamina D u vzroslyh: diagnostika, lechenie i profilaktika//Uchebnoe posobie: Klinicheskie rekomendacii Rossijskoj associacii jendokrinologov. -2020. - 48 p. (In Russ.).

3.Kodencova V. M., Beketova N. A., Nikitjuk D. B., Tutel'jan V. A. Harakteristika obespechennosti vitaminami vzroslogo naselenija Rossijskoj Federacii. Profilakticheskaja meditsina. 2018; 4: 32–37. DOI: 10.17116/profmed201821432. (In Russ.).

4. Karonova T.L., Grineva E.N., Nikitina I.L. i dr. Uroven' obespechennosti vitaminom D zhitelej Severo-Zapadnogo regiona RF (g. Sankt-Peterburg i g. Petrozavodsk) // Osteoporoz i osteopatii. - 2013. - Vol. 16. - № 3. - P. 3-7. (In Russ.).

5. Markova T.N., Markov D.S., Markelova T.N. i dr. Rasprostranennost' deficita vitamina D i faktorov riska osteoporoza u lic molodogo vozrasta // Vestnik Chuvashskogo Universiteta. - 2012. - Vol. 234. - № 3. - P. 441-446. (In Russ.).

6. Agureeva O.V., Zhabreva T.O., Skvorcova E.A. i dr. Analiz urovnja vitamina D v syvorotke krovi pacientov v Rostovskoj oblasti // Osteoporoz i osteopatii. - 2016. - Vol. 19. - № 2. - P. 47. (In Russ.)

7. Malyavskaya SI, Kostrova GN, Lebedev AV, et al. 25(OH)D Levels in the Population of Arkhangelsk City in Different Age Groups. Ekologiya cheloveka. 2018; 356(1):60-64. (In Russ.)

8. Nurlygayanov RZ, Syrtlanova ER. Prevalence of vitamin D deficiency in people older than 50 years residing in the republic of Bashkortostan in periods of low insolation. Osteoporos i Osteopatii. 2012;15(3):7-9. (In Russ.)] https://doi.org/10.14341/osteo201237-9

9. Spasich TA, Lemeshevskaya EP, Reshetnik LA, et al. Gigienicheskoe znachenie deficita vitamina D u naseleniya Irkutskoj oblasti i puti ego profilaktiki. Byulleten' VSNC SO RAMN. 2014;100(6):44-47. (In Russ.)

10. Korobicyna R. D., Sorokina T. Ju. Status vitamina D naselenija Rossii reproduktivnogo vozrasta za poslednie 10 let. Rossijskaja Arktika. 2022; 18: 44–55. DOI: 10.24412/2658-4255-2022-3-44-55. (In Russ.)

11. Shaihlislamova E.R., Karimova L.K., Beigul N.A., Muldasheva N.A., Fagamova A.Z., Shapoval I.V., i dr. Professional'nyj risk dlja zdorov'ja rabotnikov osnovnyh professij predprijatij po dobyche medno-cinkovyh rud: ocenka i upravlenie. Analiz riska zdorov'ju 2022; 2: 107-115. DOI: 10.21668/health.risk/2022.2.10 (In Russ.)

12. Lanec I. E., Gostinishheva E. V. Sovremennye vzgljady na rol' vitamina d v organizme cheloveka. Nauchnoe obozrenie. Medicinskie nauki. 2022; 5: 39–45 https://science-medicine.ru/ru/article/view?id=1288 (accessed: 14.02.2025).

13. Dreval A. V., Kryukova I. V., Barsukov I. A., Tevosjan L. H. Vnekostnye jeffekty vitamina D. RMZh. 2017; 1: 53–56. (In Russ.).

14. Bouillon R. Comparative analysis of nutritional guidelines for vitamin D. Nat Rev Endocrinol. 2017; 13 (8): 466–79. DOI: 10.1038/nrendo.2017.31

15. Cashman KD, van den Heuvel EG, Schoemaker RJw, Prévéraud DP, Macdonald HM, Arcot J. 25-Hydroxyvitamin D as a biomarkerof vitamin D status and its modeling to inform strategies for prevention of vitamin D deficiency within the population. Adv Nutr. 2017; 8 (6): 947–57. DOI: 10.3945/an.117.015578.

16. Cashman KD. Global differences in vitamin D status and dietary intake: a review of the data. Endocr Connect. 2022; 11 (1): e210282. DOI: 10.1530/EC-21-0282.

17. Babienko V. V., Shalygin A. V. Ocenka jeffektivnosti primenenija ul'trafioletovogo izluchenija dlja korrekcii vitamin D deficitnyh sostojanij. Sovremennye problemy gigieny, radiacionnoj gigieny i jekologicheskoj mediciny: sbornik nauchnyh statej Grodno. 2020; 10: 46–59. (In Russ.).

18. Kodencova V.M., Mendel' O.I., Hotimchenko S.A. i dr. Fiziologicheskaja potrebnost' i jeffektivnye dozy vitamina D dlja korrekcii ego deficita. Sovremennoe sostojanie problemy // Voprosy pitanija. - 2017. - Vol. 86. - № 2. - P. 47-62. (In Russ.).

19. Pigarova EA, Petrushkina AA. Treatment options of vitamin D deficiency in adults. Consilium Medicum. 2018;20(4):68-71. (In Russ.)] https://doi.org/10.26442/2075-1753_2018.4.43-46

20. Pigarova E.A., Rozhinskaja L.Ja., Belaja Zh.E. i dr. Klinicheskie rekomendacii Rossijskoj Associacii Jendokrinologov po diagnostike, lecheniju i profilaktike deficita vitamina D u vzroslyh // Problemy jendokrinologii. - 2016. - Vol. 62. - № 4. - P. 60-84. (In Russ.).

Информация об авторах:

Альфия Равилевна Кудашева - кандидат медицинских наук, доцент кафедры терапии и профессиональных болезней ФГБОУ Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России (450007, г. Уфа, e-mail: alfa_9@inbox.ru; тел.:+7 (347) 2 255-50-75, ORCID iD: 0000-0001-6460-9868).

Булат Филаритович Терегулов - кандидат медицинских наук, доцент кафедры терапии и профессиональных болезней ФГБОУ Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России (450007, г. Уфа, e-mail: nlsufa@mail.ru; тел.:+7 (347) 2 255-50-75, ORCID iD: 0000-0002-0092-3927).

Эльмира Радиковна Шайхлисламова – кандидат медицинских наук, директор Уфимского научно-исследовательского института медицины труда и экологии человека (450106, г. Уфа, e-mail: shajkh.ehlmira@yandex.ru; тел. раб. (347) 255-19-57, ORCID iD: 0000-0002-6127-7703).

Закия Сагадатовна Терегулова - доктор медицинских наук, профессор кафедры терапии и профессиональных болезней ФГБОУ Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России (450007, г.Уфа, e-mail: zakiater@mail.ru; тел.:+7 (347) 2 255-50-75, ORCID iD: 0000-0001-9833-0937).

Ахат Бареевич Бакиров - доктор медицинских наук, профессор, советник директора ФБУН Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека,(450106, г. Уфа, e-mail: akhatb@bk.ru; тел.:+7 (347) 255-50-75, ORCID iD: 0000-0003-3510-2595).

Author information:

Alfiya R. Kudasheva - Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at the Department of Therapy and Occupational Diseases Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry (450007, Ufa, e-mail: alfa_9@inbox.ru; phone: +7 (347) 2 255-50-75, ORCID iD: 0000-0001-6460-9868)

Bulat F. Teregulov - Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Therapy and Occupational Diseases Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry (450007, Ufa, e-mail: nlsufa@mail.ru; tel.:+7 (347) 2 255-50-75, ORCID iD: 0000-0002-0092-3927).

Elmira R. Shaykhlislamova - Candidate of Medical Sciences, Director of the Ufa Research Institute of Occupational Medicine and Human Ecology (450106,Ufa, e-mail: shajkh.ehlmira@yandex.ru; work phone: (347) 255-19-57, ORCID iD:0000-0002-6127-7703).

Zakiya S. Teregulova - Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Therapy and Occupational Diseases Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry (450007, Ufa, e-mail: zakiater@mail.ru; tel.: +7 (347) 2 255-50-75, ORCID iD: 0000-0001-9833-0937).

Akhat B. Bakirov - Doctor of Medical Sciences, Professor, director's advisor of the Ufa Research Institute of Occupational Medicine and Human Ecology (450106, Ufa, e-mail: akhatb@bk.ru; tel.: +7 (347) 2 255-50-75, ORCID iD: 0000-0003-3510-2595).

Поступила/Received: 27.01.2026

Принята в печать/Accepted: 30.01.2026

УДК 616.69-008.14

СТРУКТУРА ЗАБОЛЕВАНИЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ У МУЖЧИН – ШАХТЁРОВ, ЗАНЯТЫХ ДОБЫЧЕЙ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД

Терегулов Б.Ф.

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России», Уфа, Россия

Снижение показателей репродуктивного и сексуального здоровья мужчин, наблюдаемых повсеместно, диктует необходимость оценки репродуктивного здоровья при воздействии различных неблагоприятных факторов с целью получения данных для научного обоснования профилактических мероприятий.

Цель исследования. Оценить структуру заболеваний репродуктивной системы у мужчин – шахтеров, испытывающих сочетанное воздействие комплекса устойчивых неблагоприятных внешне средовых факторов в условиях горнорудного техногенеза.

Материал и методы. Исследование проведено на одном из крупных горно-обогатительных комбинатов России. Проведен анализ результатов комплексного уро-андрологического обследования с сексологическим анкетированием мужчин шахтеров (n=182) со стажем работы от 4 до 22 лет - в профессиях: бурильщики (n=99 чел) и машинисты внутришахтного транспорта (n=83 чел) в возрасте 26-52 года, занятых добычей руд цветных металлов подземным способом и проживающих в техногенно-трансформированой территории с полиэлементным загрязнением окружающей среды. Применены аналитический, клинико-лабораторный, урологический, сексологический, анкетный, статистический методы исследования. Статистическая обработка выполнена с помощью программы Statistica 10.1. Количественные данные представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения (M+m), определение статистической значимости различий в двух независимых группах проводилось с использованием непараметрического метода и критерия Манна-Уитни. Уровень статистической значимости p принят менее и равным 0,05.

Результаты. Обследованные шахтёры являются жителями горнорудной территории с контаминацией объектов окружающей среды токсичными элементами, ряд которых внесён в список репротоксикантов, и заняты добычей

руды на глубине более 400 м. в замкнутом пространстве с применением буровзрывных технологий. Ведущие вредные факторы – вибро-акустический, аэрогенно-ингаляционное воздействие пыли дезинтеграции с содержанием двуокиси кремния и репротоксичных элементов (кадмий, свинец, хром, мышьяк, медь и другие), психофизические нагрузки, тяжесть труда. Напряжённость труда обусловлена трёхсменным графиком работы и рисками для жизни и здоровья. При прочих равных условиях, проходчики подвергаются воздействию локальной вибрации через руки, испытывают тяжесть труда, а машинисты - воздействию сочетанной вибрации, локальной - через рукоятки управления машин и одновременно – повышенным уровнем общей технологической вибрации на тазовое дно, аногенитальную область и позвоночник.

Нарушения в репродуктивный системы установлены у большинства обследованных, где в структуре урологических заболеваний ведущей нозологической формой является хронический простатит с тазовым болевым синдромом с преобладанием его частоты ($P < 0,05$) среди машинистов. Сексуальная дисфункция представлена снижением половой активности на фоне составляющих данную функцию расстройств, установленных достоверно чаще среди машинистов, где первое месте занимает снижение сексуального влечения (либидо), далее - ослабление эрекции ($P < 0,02$). Установлена эякуляторная дисфункция, стертость оргазмических ощущений, что отражается на сексуальном поведении и обуславливает психологический дискомфорт у обследованных мужчин.

Заключение. Результаты проведенного исследования мужчин-шахтеров, проживающих и занятых в горнорудных техногенных условиях, свидетельствуют о влиянии средовых факторов на формирование своеобразной структуры уро-андрологических заболеваний с преобладанием частоты нарушений неинфекционного характера в органах мочеполовой системы, что диктует необходимость раннего выявления и своевременной коррекции заболеваний репродуктивной системы.

Ключевые слова: мужчины, подземная добыча руд цветных металлов, вибрация, тяжелые металлы, неблагоприятные условия труда, сексуальные расстройства, хронический простатит/синдром хронической тазов боли

Соблюдение этических стандартов: исследование выполнено в соответствии с правилами надлежащей клинической практики и Хельсинской декларации.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Терегулов Б.Ф. Структура заболеваний репродуктивной системы у мужчин – шахтёров, занятых добычей полиметаллических руд. Медицина труда и экология человека. 2026; 1 : 60 - 82.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10104

Для корреспонденции: Булат Филаритович Терегулов, e-mail: nlsufa@mail.ru

STRUCTURE OF REPRODUCTIVE DISEASES AMONG POLYMETALLIC ORE MALE MINERS

Teregulov B.F.

Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry, Ufa, Russia

The decline in male reproductive and sexual health indicators, which are observed everywhere, dictates the need to assess reproductive health when exposed to various adverse factors in order to obtain data for scientific justification of preventive measures.

The purpose of the study. To evaluate the structure of diseases of the reproductive system in male miners experiencing the combined effects of a complex of stable adverse environmental factors in the conditions of mining technogenesis.

Materials and methods. The study was conducted at one of the largest mining and processing plants in Russia. The analysis of the results of a comprehensive uro-andrological examination with a sexological questionnaire of male miners (n=182) with work experience from 4 to 22 years in the professions was carried out.: drillers (n=99 people) and drivers of intra-mine transport (n=83 people) aged 26-52 years, engaged in mining non-ferrous metal ores underground and living in a technogenically transformed area with polyelement environmental pollution. Analytical, clinical and laboratory, urological, sexological, questionnaire, and statistical research methods were used. Statistical processing was performed using the Statistica 10.1 program. Quantitative data are presented in the form of an average value and a standard deviation (M+m), the statistical significance of differences in two independent groups was determined using a nonparametric method and the Mann-Whitney criterion. The level of statistical significance of p is assumed to be less than and equal to 0.05.

Results. The surveyed miners are residents of a mining area with contamination of environmental objects with toxic elements, a number of which are listed as reprotoxicants, and are engaged in mining ore at a depth of more than 400 m. in an enclosed space using drilling and blasting technologies. The leading harmful factors are vibro–acoustic, aerogenic-inhalation effects of disintegration dust containing silicon dioxide and reprotoxic elements (cadmium, lead, chromium, arsenic, copper and others), psychophysical stress, and the severity of work. The stress of work is caused by a three-shift work schedule and risks to life and health. All other things being equal, the tunnellers are exposed to local vibration through their hands, experiencing the severity of the work, and the machinists are exposed to combined vibration, local through the control handles of the machines and at the same time to an increased level of general technological vibration on the pelvic floor, anogenital region and spine.

Disorders of the reproductive system were found in the majority of the examined, where the leading nosological form in the structure of urological diseases is chronic prostatitis with pelvic pain syndrome with a predominance of its frequency ($P < 0.05$) among machinists. Sexual dysfunction is represented by a decrease in sexual activity against the background of the disorders that make up this function, which are significantly more common among machinists, where the first place is occupied by a decrease in sexual desire (libido), followed by a weakening of erection ($P < 0.02$). Ejaculatory dysfunction and erasure of orgasmic sensations have been established, which affects sexual behavior and causes psychological discomfort in the examined men.

Conclusion. The results of this study of male miners living and working in mining environments demonstrate the influence of environmental factors on the development of a unique pattern of uro-andrological diseases, with a predominance of non-infectious disorders affecting the genitourinary system. This necessitates the early detection and timely treatment of reproductive system disorders.

Keywords: men, underground mining of non-ferrous metals, vibration, heavy metals, unfavorable working conditions, sexual disorders, chronic prostatitis/chronic pelvic pain syndrome

Compliance with ethical standards: the study was conducted in accordance with the rules of good clinical practice and the Helsinki Declaration.

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest.

Funding: the study did not have sponsorship.

For citation: Teregulov B.F. Structure of reproductive diseases among polymetalic ore male miners. Occupational Health and Human Ecology. 2026; 1 : 60 - 82.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10104

For correspondence: Bulat F. Teregulov, e-mail: nlsufa@mail.ru

Во всём мире наблюдается снижение показателей сексуального и репродуктивного здоровья населения. Среди мужчин регистрируются значительное число лиц с уро-андрологическими заболеваниями, снижением фертильности [1, 2, 3]. Уро-адрологические заболевания, как цистит, простатит и инфекции мочеполовой системы, становятся все более распространенными [3]. Высокая чувствительность мужской репродуктивной системы к воздействию неблагоприятных факторов производственной среды обусловливает актуальность проблемы оценки мужского здоровья работников вредных профессий [4, 5, 6, 7].

Цель исследования. Оценить структуру заболеваний репродуктивной системы у мужчин – шахтеров, испытывающих сочетанное воздействию комплекса устойчивых неблагоприятных внешне средовых факторов в условиях горнорудного техногенеза.

Материал и методы. Исследования проведены на крупном горнодобывающем предприятии, расположенном на южном Урале - АО Учалинский горно-обогатительный комбинат (УГОК), где в течении 70 лет ведется добыча и обогащение медно-цинковых колчеданных руд. Представлены результаты комплексного уро-андрологического обследования шахтеров основных профессий (n=182). С учетом особенностей профессиональной деятельности и вибрационного воздействия анализ полученных данных проводили в двух группах: проходчики (бурильщики) - 1 группа (n=99), при прочих равных условиях ,подвергающиеся воздействию локальной вибрации с превышением норматива- через руки и машинисты крупной шахтной техники-операторы подъемно-доставочных машин (машинисты-ПДМ) - 2-я группа (n=83), испытывающих воздействие локальной вибрации через рукоятки управления машин и одновременно – повышенные уровни общей технологической вибрации через сиденье машин на тазовую область, аногенитальную зону, на позвоночник.

В целом 71,98% обследованных мужчин имели стаж работы более 5 лет, большинство (87,8%) из них находились в молодом (20-29 лет) и зрелом (30-39 лет - 40-49 лет) возрасте, что позволяет исключить влияние возрастных изменений на состояние репродуктивной системы. Работники старше 50 лет составили 12,2%.

Урологическое обследование с одновременным целевым сексологическим опросом для уточнения андрологического статуса проведено с соблюдением этических норм, гарантирующих уважение ко всем субъектам исследования и защиту их здоровья и прав в соответствии с положениями хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации (64-ая Генеральная Ассамблея, Бразилия 2013 г.). Мужчинам предварительно была объяснена цель планируемого исследования, ими было дано добровольное информированное согласие на участие в исследование[1].

С учетом цели исследования, нами проведено комплексное исследование с применением адекватных информативных методов с учетом стандартов, принятых в клинической практике [8] - аналитический, клинико-лабораторный, урологический, анкетный, статический методы.

Урологическое обследование включало физикальное обследование, сбор анамнеза, объективный осмотр с оценкой андрогенезации и фенотипа мужчин, состояния предстательной железы методом пальцевого ректального исследования.

Объективизацию расстройств в андрогенном статусе проводили по результатам целевого опроса с уточнением сексуальных расстройств и анамнеза с учётом кодирования уроандрологических заболеваний по МКБ.

Для описания условий труда обследованных были проанализированы результаты гигиенических исследований с оценкой в соответствии с руководством [9], представленных в научных публикациях [10, 11]. Статистическая обработка выполнена с помощью программы Statistica 10.1. Количественные данные представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm m$), определение статистической значимости различий в двух независимых группах проводилось с использованием непараметрического метода и критерия Манна-Уитни. Уровень статистической значимости p принят менее и равным 0,05.

[1] согласно Федерального закона № 323-ФЗ от 21.11.2011 г. в редакции от 29.12.2015

Результаты. Обследованные нами мужчины, являясь жителями техногенно-трансформированной территории и одновременно занятые шахтной добычей руды, испытывают многофакторное негативное внешне-средовое воздействие. Добываемые медно-цинковые колчеданные руды содержат более 70 наименований химических элементов [12], среди которых значатся токсичные металлы 1-2 класса опасности, внесённые в список химических веществ, опасных для репродукции человека – репротоксиканты (свинец, хром, кадмий, медь, мышьяк и др.) [9, 13]. Под репротоксикантами понимают способность химических веществ вызывать нарушения репродуктивной функции мужчин и женщин или влиять на внутриутробное развитие плода [2, 5, 14].

Длительное функционирование УГОК вызвало полиэлементное загрязнение объектов окружающей среды (почвы, снежного покрова, продуктов питания) высокотоксичными неорганическими соединениями металлов, что обуславливает их накопление в биосредах жителей региона [15, 16, 17].

В условиях шахтной добычи руды с запыленностью воздуха рабочей зоны аэрозолями дезинтеграции руды шахтеры испытывают дополнительную токсическую нагрузку. Так, нами при идентификации металлов-репротоксикантов в их биосредах (в крови, волосах) были установлены повышенные уровни по сравнению с другими группами жителей региона [18,19].

Результаты гигиенических исследований условий труда обследованных нами шахтеров свидетельствуют, что эта многочисленная когорта горнорабочих подвергается сочетанному воздействию комплекса неблагоприятных факторов различной природы. Несмотря на внедрение современного высокопроизводительного горного оборудования при шахтной добыче руд цветных металлов на многих предприятиях страны условия остаются без изменений и соответствует вредному-3 классу 2-4 степ [19], что согласуется с данными не давних гигиенических исследований, проведённых в рудниках УГОК [11].

При объективном осмотре у шахтеров мужской фенотип был преобладающим, индекс масса тела (ИМТ) более 25 единиц выявлен у 18 (9,89%) обследованных, т.е. избыточную массу тела имели немногие. Варикоцеле установлена у 13 (7,16%) из числа обследованных.

Результаты клинического анализа мочи показали лейкоцитурию (более 3-4 в поле зрения) у 13,4%, наличие белка (не более 0,03 промилле) -в единичных случаях (4,39%).

В анамнезе у обследованных из урологических заболеваний значились хронический простатит (ХП) у 48 (26,37%), цистит и уретрит -34 (18,68%). Перенесенный уреаплазмоз отметили 8,46 %, хламидиоз - 7,14% мужчин.

Среди субъективных данных обращало на себя внимание высокая частота жалоб на хроническую усталость, «разбитость после ночной смены» и подавленное настроение (81,93%), на фоне которых изобиловали жалобы уроандрологического характера, психо-сексуального дискомфорта и на болевые ощущения. Так, почти каждый второй мужчина предъявлял жалобы на боль и дискомфорт, чувство тяжести в промежности (46,1%). Помимо этом, отдельных мужчин беспокоила боль в паху с отдачей на внутреннюю поверхность бедер, в ноги. Дизурия, боль в уретре при мочеиспускании имели место у каждого третьего обследованного (табл.1).

Таблица 1. Частота жалоб шахтеров по данным урологического обследования, %

Table 1. Frequency of miners' complaints according to urological examination data, %

Жалобы	1 группа проходчики n = 99		2 группа машинисты n = 83		Всего n = 182		P
	Абс	%	Абс.	%	Абс.	%	
Боль и дискомфорт в области промежности	24	24,24	59	71,08	83	46,1	P < 0,001
Боль в паховой области с иррадиацией в бедро, ноги	8	8,08	24	28,91	32	17,58	P < 0,001
Боль в тазовой области в	28	28,28	51	61,44	79	43,40	P < 0,001

сочетании с пояснично - крестцовой болью							
Дизурические расстройства	17	17,2	21	25,6	38	20,9	P = 0,18
Жжение, боль в уретре	8	8,08	12	14,45	20	11,1	P = 0,17

Примечание: P – величина, используемая в статистике при тестировании гипотез.

Note: P is a value used in statistics when testing hypotheses.

Установлено значительное превышение частоты жалоб в группе машинистов, указывающих на неблагополучие со стороны тазового дна, аногенитальной области. Как видно из таблицы 1, дискомфорт и боль в промежности беспокоит их почти 3 раза чаще (P <0,001), то же самое касается паховой боли (P <0,001). Боль в пояснично-крестцовой области, сочетающаяся с тазовой болью установлена более чем у половины машинистов (61,44%), что высоко достоверно (P <0,001) преобладает показатели в группе проходчиков (28,28%).

Учитывая обилие жалоб урологического характера, представлял интерес рассмотрение их частоты в зависимости от стажа работы в профессии. Как видно из представленной таблицы (табл. 2), четкую стажевую зависимость имели симптомы характеризующие жалобы на боль и дискомфорт в области тазового дна.

Таблица 2. Нарастание частоты жалоб, указывающих на урологическую патологию в зависимости от стажа шахтеров, %%

Table 2. Increase in the frequency of complaints indicating urological pathology depending on the length of service of miners, %%

Жалобы	Стаж работы			
	0-5 лет n = 51	5-10 лет n = 57	свыше 10 лет n = 74	Всего n = 182

	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Боль и дискомфорт в области промежности	7	13,72	25	43,85	51	68,91	83	46,1
Боль в паховой области с иррадиацией в ноги, бедро	2	3,92	9	15,78	21	28,39	32	17,58
Дизурические расстройства	6	11,76	11	19,29	21	28,38	38	20,9
Жжение, боль в уретре	5	9,80	9	15,78	6	8,10	20	11,1

Следует отметить, что боль в промежности носила ноющий характер, выделялась рецидивирующим усилением при тряске, при эякуляции, охватывая тазовую область, как правило, сочеталась с пояснично-крестцовой дорсалгией, что позволяет рассматривать описанные симптомы в совокупности как фенотип синдрома хронической тазовой боли, который выделен по рекомендации ЕАУ [3] как отдельное заболевание - хронический абактериальный простатит/синдром хронической таз боли (ХАП/СХТБ).

При пальцевом ректальном исследовании предстательной железы (ПЖ) оценивали болевую чувствительность, ее консистенцию, контуры, размеры и форму. Известно, что в норме ПЖ имеет эластичную консистенцию с гладкой поверхностью и четкие контуры. Как видно из таблицы 3, у большинства обследованных были установлены различные отклонения, наиболее частым из которых была боль при надавливании (49,45%), определялась тугоэластическая консистенция и повышенная плотность (17.57%). У каждого четвертого установлена нечеткость и неровность контуров железы. Изменения размеров (с учетом возрастных нормативов) свидетельствовали как об увеличении, так и уменьшении объёма ПЖ, установленных у каждого третьего обследованного. В

целом, при пальцевом ректальном исследовании те или иные изменения в железе были установлены у 94 мужчин (51,65%) из числа обследованных.

Таблица 3. Результаты пальцевого ректального исследования простаты шахтеров,%

Table 3. Results of digital rectal examination of the prostate of miners, %

Проявления изменений в предстательной железе	Проходчики n=99		Машинисты n=83		Всего n=182		P
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	
Боль при надавливании	31	31,31	59	71,08	90	49,45	P < 0,001
Повышенная плотность	11	11,11	21	25,30	32	17,58	P = 0,01
Неровность, нечеткость контура	13	13,13	31	31.34	44	24,17	P <0,001
Изменение размеров: - увеличение объема более 30 см3	10	10,10	19	22,89	29	20,87	P = 0,02
- уменьшение объема менее 25 см3	9	9,09	17	29,48	26	14,28	P = 0,03

Результаты пальцевого ректального исследования ПЖ, как видно из представленных данных (табл. 3), демонстрируют по всем параметрам изменений в органе достоверную разницу с преобладанием частоты в группе машинистов, подвергающихся воздействию общей вибрации на все тело через тазовые кости, тазовое дно и позвоночник.

С учетом анамнеза, пальцевого ректального исследования, клинико-лабораторных показателей ХП был установлен у 84 мужчин (46,15%) с достоверным преобладанием среди машинистов (Р <0,001), при этом в соответствии с классификацией NIH USA (1995)[2] бактериальный тип был диагностирован лишь у 13,19% (24 человека). В остальных случаях расценен как абактериальный тип (категория IIIB). У 11,54% шахтеров были выявлены симптомы доброкачественная гиперплазии простаты (ДГПЖ) 1-2 степени, которые были характерны преимущественно для мужчин старшей возрастной группы.

Заболевания почек – хронический пиелонефрит был диагностирован у 12,09% (22 человек), мочекаменная болезнь у 3,30% (6 человек), а заболевания нижних мочевых путей - хронический цистит и уретрит, вместе взятые, составили 14,84% (27 человек).

Структура установленных по результатам урологического обследования заболеваний с кодировкой по шифрам МКБ представлена ниже (табл. 4).

Таблица 4. Структура выявленных заболеваний у шахтеров по результатам урологического обследования, %%

Table 4. Structure of diseases identified in miners based on the results of urological examination, %%

Нозологическая единица	Шифр по МКБ	Проходчики n=99		Машинисты ПДМ n=83		Всего n = 182	
		Абс	%	Абс	%	Абс	%
Хронический простатит	N41.1	27	27,27	48	57,83	79	46,12
ДГПЖ	D29.1	9	9,09	12	14,46	21	11,54
Хронический пиелонефрит	N11.0	12	12,12	10	12,05	22	12,09
Хронический	N34	8	8,08	9	10,84	17	9,34

[2] Классификация простатита Американского национального института здравоохранения (NIH USA) от 1995.

уретрит							
Хронический цистит	N30	4	4,04	6	7,23	10	5,49
Мочекаменная болезнь	N20	2	2,02	4	4,82	6	3,30
Варикоцеле	I86	3	3,03	10	12,05	13	7,14
Стриктура уретры	N35	-	-	2	2,41	2	1,10
Мужское бесплодие	N46	8	8,0	9	10,8	17	9,3

Представленные данные четко демонстрируют ведущее место ХП в нозологической структуре урологических заболеваний у шахтеров с преобладанием частоты среди машинистов ПДМ более чем в 2 раза (P <0.001). Следует обратить внимание также на наличие варикоцеле у последних с превышение его частоты почти в 4 раза (12,05% против 3,03% среди проходчиков (P = 0.01), что можно связать с длительным воздействием вибрационных микроударов по гениталиям, в частности мошонке с развитием нарушения венозного оттока.

На фоне перечисленных урологических заболеваний были установлены симптомы неблагополучия со стороны сексуального здоровья – почти каждый второй шахтер (46,78%) отметил снижение полового влечения (либидо), каждый третий (31,87%) – ослабление эректильной функции с достоверным преобладанием этих нарушений среди машинистов ПДМ с разницей более чем в два раза (P < 0.02) (табл. 5).

Таблица 5. Характертер и частота сексуальных растройств по данным целевого анкетирования шахтеров, %%

Table 5. Character and frequency of sexual disorders according to the target survey of miners, %

Жалобы и симптомы	проходчики (n = 99)		машинисты (n = 83)		Всего (n = 182)		P
	Абс	%	Абс	%	Абс	%	
Снижение либидо	41	41,41	44	53,01	85	46,79	P = 0,12
Симптомы эректильной дисфункции	21	21,21	37	44,58	58	31,87	P <0,001
Уменьшение объёма спермы	26	26,53	31	37,81	57	31,55	P = 0,11
Снижение количества половых актов	51	51,51	57	68,67	108	59,34	P = 0,02

Выявленные расстройства в сексуальной сфере обусловили снижение качества и количества половых актов, формируя гипосексуальное поведение шахтёров, которые чаще беспокоили машинистов ПДМ (P = 0,02).

Обсуждение. В горнодобывающей промышленности используется преимущественно мужской труд, при приеме на работу все они проходят профессиональный отбор на соответствие состояния здоровья к условиям труда, то есть изначально они представляют группу элитарного отбора. По данным экспертов условия труда шахтеров, занятых подземной добычей полиметаллических руд формируют высокие риски для здоровья и отнесены к вредным (класс 3, 2-4 степени) и опасным, где ведущими неблагоприятными факторами являются шум и вибрация с превышениями ПДУ, химический фактор, неблагоприятный микроклимат, тяжесть труда на фоне производственно-

обусловленного стресса и личностной тревожности [7, 10, 11, 20, 21]. Помимо этого, в условиях горнорудного техногенеза шахтеры пребывают как в условиях проживания, так и на производстве, испытывая полиэлементное воздействие токсичных металлов, в том числе с репротоксичными свойствами (свинец, хром, кадмий, медь, мышьяк и др.) [9, 13, 21, 22]. В условиях производства стресс-индуцирующее виброакустическое воздействие является ведущим патогенным фактором. По данным многочисленных авторов длительное вибрационное воздействие оказывает системное повреждающее действие с каскадом развития множества синдромокомплексов. Воздействие общей вибрации на тазовую область и позвоночник вызывает сотрясение органов малого таза, повреждение нервных волокон, иннервирующих копчиковый нервный узел, сосудистые нарушения, которые тесно связаны с репродуктивной функцией [24, 25, 27, 30].

Как видно из представленных данных, шахтеры подвергаются сочетанному воздействию комплекса неблагоприятных внешнесредовых факторов, которые могут оказывать взаимопотенциирующее и взаимоотягощяющее действие, создавая повышенную нагрузку на организм, обуславливая развитие профессиональных и производственнообусловленных заболеваний, в том числе в репродуктивной системе.

Заключение. На основании результатов проведенного комплексного обследования шахтеров со стажем более 5 лет, заболевания в репродуктивной системе были установлены у большинства и в основном неинфекционного характера. В структуре урологических заболеваний превалирует ХП преимущественно абактериального типа (тип IIIB), характеризующийся особенностями клинических проявлений - с болевым синдромом в крестцово-копчикой и тазовой области, что указывает на коморбидное течение ХП и нейровертеброгенных нарушений у машинистов крупной горной техники. Обращает на себя внимание высокая частота жалоб на хроническую усталость, на фоне которых наблюдается снижение половой активности, что подтверждается данными самооценки шахтерами сексуального здоровья - снижение либидо у каждого второго, наличие синдрома ЭД у каждого третьего с достоверным преобладанием частоты этих расстройств у машинистов. Полученные нами данные согласуются с результатами других авторов, установивших различные нарушения в репродуктивной системе у мужчин при вибрационном воздействии и у больных вибрационной болезнью [23, 24, 25, 26, 30, 31].

Таким образом, результаты урологического обследования с целевым анонимным сексологическим анкетированием репрезентативной группы мужчин-шахтеров, проживающих и занятых в горнорудных техногенных условиях, свидетельствует о влиянии средовых факторов на формирование своеобразной структуры уро-андрологических заболеваний с преобладанием частоты нарушений неинфекционного характера в органах мочеполовой системы, ассоциированных в большинстве случаев с сексуальными расстройствами, формирующих феномен гипосексуальности. Полученные нами данные диктуют необходимость раннего выявления и своевременной коррекции уро-андрологических расстройств у шахтеров и разработки комплексных оздоровительных мер с привлечением специалистов смежных дисциплин – врачей урологов-андрологов, неврологов, профпатологов, специалистов по гигиене труда.

Список литературы:

1. План действий по охране сексуального и репродуктивного здоровья: в поддержку выполнения повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 г. — никого не оставить без внимания [Интернет]. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2016 [цитировано 7 февраля 2018]. Доступ по ссылке: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0011/323210/Action-plan-sexualreproductive-health-ru.pdf

2. Сексуальное и репродуктивное здоровье [Интернет]. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2016 [цитировано 7 февраля 2018]. Доступ по ссылке: http://www.euro.who.int/ru/health-topics/Life-stages/sexual-and-reproductive-health

3. EAU Guidelines on chronic pelvic pain // European Association of Urology. 2024. C. 86.

4. Mitra S., Varghese A. C., Mandal S., Bhattacharyya S., Nandi P., Rahman S. M., et al. Lead and cadmium exposure induces male reproductive dysfunction by modulating the expression profiles of apoptotic and survival signal proteins in tea-garden workers // Reproductive Toxicology. 2020. Vol. 98. P. 134-148.

5. Yeiya E., Emokpae A. Awareness of Reproductive Health Risks, Sex Hormone Levels and Sperm Indices among Farmers Exposed to Pesticides in Akungba Akoko, Nigeria // Journal of Environmental Health Sciences. 2022. Vol. 48, № 4. P. 244-253.

6. Онищенко Н. В., Зайцева М. А., Землянова М. А. Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических факторов: монография. Пермь, 2011. 532 с.

7. Бухтияров И. В., Чеботарев А. Г., Курьеров Н. Н., Сокур О. В. Актуальные вопросы улучшения условий труда и сохранения здоровья работников горнорудных предприятий // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 1, № 7. С. 424-429.

8. Приказ Минздрава России от 12.11.2012 № 907н (ред. от 21.02.2020) «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи взрослому населению по профилю "урология"».

9. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. М., 2005.

10. Каримова Л. К., Серебряков П. В., Шайхлисламова Э. Р., Яцына И. В. Профессиональные риски нарушения здоровья работников, занятых добычей и переработкой полиметаллических руд. Уфа ; Москва: Принт-2, 2016. 335 с.

11. Шайхлисламова Э. Р., Каримова Л. К., Мулдашева Н. А., Бейгул Н. А., Шаповал И. В., Маврина Л. Н., и др. Оценка вредных факторов на рабочих местах и профессиональная заболеваемость работников предприятия по добыче полиметаллических руд // Медицина труда и экология человека. 2025. № 1. С. 6-21.

12. Чадченко А. В. О состоянии и перспективах развития минерально-сырьевой базы ОАО «Учалинский ГОК» // Металлогения древних и современных океанов. 2006. № 1. С. 78-81.

13. МР 1.2.0321-23. Оценка и классификация опасности репродуктивных токсикантов: методические рекомендации. М., 2023.

14. Arteaga-Silva M., Arenas-Rios E., Bonilla-Jaime H., Damian-Matzumura P., Limon-Morales O., Hernandez-Rodriguez J., et al. Neuroendocrine effects of cadmium exposure on male reproductive functions // Frontiers in Bioscience (Landmark Edition). 2021. Vol. 26, № 2. P. 286-326.

15. Проблемы экологии. Принципы их решения на примере Южного Урала. М.: Наука, 2003. 288 с.

16. Терегулова З. С., Мамырбаев А. А., Сатыбалдиева У. А., Терегулов Б. Ф. Приоритетные репротоксичные элементы и их ксенобиотический профиль в окружающей среде [Интернет] // Медицина труда и экология человека. 2015. № 3. [цитировано 8 августа 2025]. Доступ по ссылке: https://cyberleninka.ru/article/n/prioritetnye-reprotoksichnye-elementy-i-ih-ksenobioticheskiy-profil-v-okruzhayuschey-srede

17. Аллаярова Г. Р., Курилов М. В., Адиева Г. Ф., Ларионова Т. К., Афонькина С. Р., Усманова Э. Н. Гигиеническая оценка уровня тяжелых металлов в крови жителей горнорудного региона // Эпоха науки. 2023. № 36. С. 387-390.

18. Павлов В. Н., Бекмухамбетов Е. Ж., Терегулова З. С., Мамырбаев А. А., Терегулов Б. Ф., Ишемгулов Р. Р. К оценке репродуктивного здоровья мужчин, проживающих и работающих в условиях горнорудного техногенеза // Медицинский вестник Башкортостана. 2015. № 3. С. 103-106.

19. Терегулов Б. Ф., Терегулова З. С., Гайнуллина М. К., Кудашева А. Р. Идентификация репротоксичных элементов в биосредах шахтеров, занятых добычей руд цветных металлов // Медицина труда и экология человека. 2022. № 4. С. 20-25.

20. Лапий Г. А., Абдуллаев Н. А., Молодых О. П., Неймарк А. И. Морфофункциональный анализ заболеваний мочеполовых органов у мужчин при вибрационном воздействии [Интернет] // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 3. С. 32. [цитировано 8 августа 2025]. Доступ по ссылке: https://science-education.ru/ru/article/view?id=27688

21. Мулдашева Н. А., Каримова Л. К., Бакиров А. Б., Рябова Ю. В., Бейгул Н. А., Зайдуллин И. И., и др. Стресс на рабочем месте как фактор риска психоэмоциональных нарушений у работников различных профессиональных групп (обзор литературы) // Медицина труда и экология человека. 2025. № 4.

22. Кузьмин С. В., Русаков В. Н., Сетко А. Г., Синицына О. О. Токсиколого-гигиенические аспекты воздействия кадмия на организм человека при поступлении с продуктами питания (обзор литературы) // ЗНиСО. 2024. № 7.

23. Gao X., Li G., Pan X., Xia J., Yan D., Xu Y., et al. Environmental and occupational exposure to cadmium associated with male reproductive health risk: a systematic review

and meta-analysis based on epidemiological evidence // Environmental Geochemistry and Health. 2023. Vol. 45, № 11. P. 7491-7517.

24. Косарева О. В., Козляткин А. Ю. Выявление нарушений репродуктивной функции у мужчин с вибрационной болезнью // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. № 1-6.

25. Неймарк А. И. Морфофункциональный анализ заболеваний мочеполовых органов у мужчин при вибрационном воздействии [Интернет] // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 3. 12 с. [цитировано 8 августа 2025]. Доступ по ссылке: https://science-education.ru/ru/article/view?id=27690

26. Бабанов С. А., Бараева Р. А., Будаш Д. С., Васюков П. А. Эволюция представлений о вибрационной болезни и современные подходы к ее диагностике и терапии // Санитарный врач. 2017. № 5-6.

27. Гоголева О. И., Малютина Н. Н. Механизмы нарушения гомеостаза, индуцированного стресс-вибрационным повреждением // Медицина труда и промышленная экология. 2000. № 4. С. 20-32.

28. Клинические рекомендации. Воздействие вибрации (Вибрационная болезнь). М., 2024. 109 с.

29. Фесенко М. А., Голованова Г. В., Мителева Т. Ю., Вуйцик П. А. Влияние вредных производственных физических факторов на репродуктивное здоровье работников-мужчин // Медицина труда и промышленная экология. 2023. Т. 63, № 8. С. 528-536.

30. Коган М. И., Мационис А. Э., Белоусов И. И., Повилайтите П. Е. Морфологические доказательства ишемической природы фиброза предстательной железы при классическом синдроме хронической тазовой боли / хроническом простатите IIIБ // Урология. 2018. № 3. С. 12-17.

31. Fischer M., Vialleron T., Laffaye G., et al. Long-Term Effects of Whole-Body Vibration on Human Gait: A Systematic Review and Meta-Analysis // Frontiers in Neurology. 2019. Vol. 10. P. 627.

References:

1. Action plan for sexual and reproductive health: leaving no one behind to achieve the 2030 Agenda for Sustainable Development [Internet]. Copenhagen: WHO Regional Office

for Europe; 2016 [accessed 7 February 2018]. Available at: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0011/323210/Action-plan-sexualreproductive-health-ru.pdf (In Russ.).

2. Sexual and reproductive health. [Internet]. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2016 [cited 2018 Feb 7]. Available at: http://www.euro.who.int/ru/health-topics/Life-stages/sexual-and-reproductive-health (In Russ.).

3. Engeler D, Baranowski AP, Berghmans B, Borovicka J, Cottrell AM, Dinis-Oliveira P, et al. EAU Guidelines on Chronic Pelvic Pain. Arnhem: European Association of Urology; 2024. 86 p.

4. Mitra S, Varghese AC, Mandal S, Bhattacharyya S, Nandi P, Rahman SM, et al. Lead and cadmium exposure induces male reproductive dysfunction by modulating the expression profiles of apoptotic and survival signal proteins in tea-garden workers. Reprod Toxicol. 2020 Dec; 98:134-148. doi: 10.1016/j.reprotox.2020.09.005

5. Yeiya E, Emokpae A. Awareness of Reproductive Health Risks, Sex Hormone Levels and Sperm Indices among Farmers Exposed to Pesticides in Akungba Akoko, Nigeria. J Environ Health Sci. 2022;48(4):244-253.

6. Onishchenko N.V., Zaytseva M.A, Zemlyanova M.A. Hygienic indication of health effects under environmental exposure to chemical factors. Perm: Kniga; 2011. 532 p. (In Russ.).

7. Bukhtiyarov I.V, Chebotarev A.G, Kuryerov N.N, Sokur O.V. Topical issues of improving working conditions and preserving the health of mining workers. Med Tr Prom Ekol. 2019;1(7):424-429. (In Russ.).

8. Russian Federation Ministry of Health. Order of the Ministry of Health of Russia No. 907n of November 12, 2012 (as amended on February 21, 2020) "On approval of the Procedure for providing medical care to the adult population in the field of urology". Moscow; 2012. (In Russ.).

9. R 2.2.2006-05. Guide to the hygienic assessment of factors of the working environment and the labor process. Criteria and classification of working conditions. Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor; 2005. (In Russ.).

10. Karimova L.K, Serebryakov P.V, Shaikhlistamova ER, Yatsyna I.V. Occupational health risks for workers engaged in the extraction and processing of polymetallic ores. Ufa-Moscow: Print-2; 2016. 335 p. (In Russ.).

11. Shaikhlistamova E.R, Karimova L.K, Muldasheva N.A, Beygul N.A, Shapoval I.V, Mavrina L.N, et al. Assessment of harmful factors in the workplace and occupational morbidity of workers of a polymetallic ore mining enterprise. Med Tr Ekol Chel. 2025;(1):6-21. (In Russ.).

12. Chadchenko AV. On the state and prospects of development of the mineral resource base of JSC "Uchalinsky GOK". In: Metallogeniya drevnikh i sovremennykh okeanov. 2006;(1):78-81. (In Russ.).

13. MR 1.2.0321-23. Assessment and classification of the hazard of reproductive toxicants. Moscow: Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; 2023. (In Russ.).

14. Arteaga-Silva M, Arenas-Rios E, Bonilla-Jaime H, Damian-Matzumura P, Limon-Morales O, Hernandez-Rodriguez J, et al. Neuroendocrine effects of cadmium exposure on male reproductive functions. Front Biosci (Landmark Ed). 2021 Jan 1;26(2):286-326. doi: 10.2741/4895

15. Problems of ecology. Principles of their solution on the example of the Southern Urals]. Moscow: Nauka; 2003. 288 p. (In Russ.).

16. Teregulova Z.S, Mamybayev A.A, Satybaldiyeva U.A, Teregulov B.F. Priority reprotoxic elements and their xenobiotic profile in the environment. Med Tr Ekol Chel [Internet]. 2015 [cited 2025 Aug 8];(3). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/prioritetnye-reprotoksichnye-elementy-i-ih-ksenobioticheskiy-profil-v-okruzhayuschey-srede (In Russ.).

17. Allayarova G.R, Kurilov M.V, Adieva G.F, Larionova T.K, Afonkina S.R, Usmanova E.N. Hygienic assessment of the level of heavy metals in the blood of residents of the mining region. Epoch Sci. 2023;(36):387-390. (In Russ.).

18. Pavlov V.N, Bekmukhambetov E.Zh, Teregulova Z.S, Mamybayev A.A, Teregulov B.F, Ishemgulov R.R. On the assessment of reproductive health of men living and working in conditions of mining technogenesis. Med Vestn Bashkortostana. 2015;10(3):103-106. (In Russ.).

19. Teregulov B.F, Teregulova Z.S, Gaynullina M.K, Kudasheva A.R. Identification of reprotoxic elements in the biological media of miners engaged in the extraction of non-ferrous metal ores. Med Tr Ekol Chel. 2022;(4):20-25. (In Russ.).

20. Lapiy G.A, Abdullaev N.A, Molodykh O.P, Neymark A.I. Morphofunctional analysis of urogenital diseases in men under vibration exposure. Mod Probl Sci Educ [Internet]. 2018 [cited 2025 Aug 8];(3):32. Available at: https://science-education.ru/ru/article/view?id=27688 (In Russ.).

21. Muldasheva N.A, Karimova L.K, Bakirov A.B, Ryabova Yu.V, Beygul N.A, Zaydullin I.I, et al. Workplace stress as a risk factor for psycho-emotional disorders in workers of various occupational groups (literature review). Med Tr Ekol Chel. 2025;(4): (In Russ.).

22. Kuzmin S.V, Rusakov V.N, Setko A.G, Sinitsyna O.O. Toxicological and hygienic aspects of the effect of cadmium on the human body when ingested with food (literature review). ZNiSO. 2024;(7): (In Russ.).

23. Gao X, Li G, Pan X, Xia J, Yan D, Xu Y, et al. Environmental and occupational exposure to cadmium associated with male reproductive health risk: a systematic review and meta-analysis based on epidemiological evidence. Environ Geochem Health. 2023 Nov;45(11):7491-7517. doi: 10.1007/s10653-023-01657-x

24. Kosareva O.V, Kozlyatkin A.Y. Revealing reproductive function disorders in men with vibration disease. Izv Samarskogo Nauchn Tsentra RAN. 2009;(1-6): (In Russ.).

25. Neymark A.I. Morphofunctional analysis of urogenital diseases in men under vibration exposure. Mod Probl Sci Educ [Internet]. 2018 [cited 2025 Aug 8];(3):12. Available at: https://science-education.ru/ru/article/view?id=27690 (In Russ.).

26. Babanov S.A, Baraeva R.A, Budash D.S, Vasyukov P.A. Evolution of ideas about vibration disease and modern approaches to its diagnosis and therapy. Sanitarnyy Vrach. 2017;(5-6): (In Russ.).

27. Gogoleva O.I, Malyutina N.N. Mechanisms of homeostasis disturbance induced by stress-vibration injury. Med Tr Prom Ekol. 2000;(4):20-32. (In Russ.).

28. Clinical guidelines. Exposure to vibration. Vibratsionnaya bolezn. Moscow: 2024. 109 p. (In Russ.).

29. Fesenko MA, Golovanova GV, Miteleva TYu, Vuytisik PA. Influence of harmful occupational physical factors on the reproductive health of male workers. Med Tr Prom Ekol. 2023;63(8):528-536. (In Russ.).

30. Kogan M.I, Matsionis A.E, Belousov I.I, Povilaytite P.E. Morphological evidence of the ischemic nature of prostatic fibrosis in classical chronic pelvic pain syndrome/chronic prostatitis type IIIB. Urologiia. 2018;(3):12-17. (In Russ.).

31. Fischer M, Vialleron T, Laffaye G, Fourcade P, Honeine JL, Yiou E, et al. Long-Term Effects of Whole-Body Vibration on Human Gait: A Systematic Review and Meta-Analysis. Front Neurol. 2019 Jun 19;10:627. doi: 10.3389/fneur.2019.00627.

Информация об авторах

Булат Филаритович Терегулов - кандидат медицинских наук, доцент кафедры терапии и профессиональных болезней (450000, г. Уфа, e-mail: nlsufa@mail.ru; тел.:+7 (347) 2 255-50-75, ORCID iD: 0000-0002-0092-3927).

Author information

Bulat F. Teregulov – Cand. Sc. (Medicine), Associate Professor at the Department of Therapy and Occupational Diseases (450000, Ufa, e-mail: nlsufa@mail.ru; tel.:+7 (347) 2 255-50-75, ORCID iD: 0000-0002-0092-3927).

Поступила/Received: 08.12.2025

Принята в печать/Accepted: 06.02.2026

УДК 613.6.02: 331.46: 629.33

АНАЛИЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В ПРОИЗВОДСТВЕ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

Валеева Э.Т.[1,2], Галимова Р.Р.[1,2], Зайдуллин И.И.[1], Дистанова А.А.[1]

[1] ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

[2] ФГБОУ ВО Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия

Для отрасли автомобилестроения характерно наличие значительного количества профессий, вариативность технологических процессов, смежных специальностей, ротация персонала между производственными объектам, что определяет высокий риск получения производственных травм. В отрасли отсутствует единый нормативный документ, систематизирующий профессиональные риски, в том числе и связанные с производственным травматизмом, что затрудняет разработку мер, направленных на сохранение здоровья работающих. Проведение исследований по адекватной оценке состояния производственного травматизма, анализу причин и показателей являются крайне актуальными.

Цель: провести анализ основных причин и показателей производственного травматизма на предприятиях автомобилестроения.

Материалы и методы. На основе актов формы Н-1 (Постановления Минтруда РФ № 73 от 24.10.2002) проанализированы причины и показатели производственного травматизма за 2019–2024 гг. на ряде предприятий автомобилестроения Республики Башкортостан. Рассчитаны по формулам коэффициенты частоты ($К_Ч$), тяжести ($К_Т$) и летальности ($К_Л$).

Результаты. В производствах автомобилестроения основными причинами производственных травм явились нарушения правил эксплуатации оборудования, организации рабочих мест и техники безопасности.

За изученный период произошло 119 несчастных случаев: 18 отнесены к категории «тяжелых», 101 - к категории «легких», в 26 случаях пострадали женщины. Два смертельных случая произошло в 2020 году, по одному случаю– в 2019 и 2021 годах; три случая в 2024 году были вызваны непроизводственными причинами (болезни системы кровообращения).

Уровни производственного травматизма колебались от 0,09% до 0,15% от среднесписочной численности работающих. Показатель частоты травматизма, начиная с 2022 года неуклонно снижался (2022г.-1,45; 2023 г.-1,06; 2024г.- 0,89), в то время как $К_т$ вырос с 39,4 в 2020г. до 99,2 к 2024 г. $К_Л$ от производственных причин к 2024 г. достиг нулевого значения, а $К_Л$ за счет смертельных случаев от непроизводственных причин составил 0,02 в 2024 г. Наиболее часто травмы получали работники в возрасте от 20 до 33 лет (37,8%) и старше 47 лет (44,5%) в виде переломов конечностей, позвоночника, теменных и височных костей черепа (51,6%), резаных ран (18,2%), ушибов (9,3%).

Ограничение исследований. Исследования ограничены анализом случаев производственного травматизма на нескольких предприятиях машиностроения.

Выводы. На производствах автомобилестроения, несмотря на снижение частоты показателя производственного травматизма, наблюдался рост показателей тяжести и летальности от непроизводственных причин, что требует внедрения систем персонализированного медицинского наблюдения за работниками из групп «риска». Для получения полноценной информации о состоянии производственного травматизма необходимо расширить объем анализируемых показателей.

Ключевые слова: риски, травматизм, показатели, производство, автомобилестроение

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа проведена в рамках выполнения государственного задания по отраслевой научно-исследовательской программе Роспотребнадзора «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровью повышения качества жизни населения России» на 2021-2025 гг. п. 2.2.7, № гос. регистрации 121062100046-5.

Для цитирования: Валеева Э.Т., Галимова Р.Р., Зайдуллин И.И., Дистанова А.А. Анализ профессиональных рисков и показателей производственного травматизма в производстве автомобилестроения. Медицина труда и экология человека. 2026;1:83 – 103.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10105

Для корреспонденции: Валеева Эльвира Тимерьяновна - доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отдела медицины труда «ФБУН Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», oozr@mail.ru.

ANALYSIS OF OCCUPATIONAL RISKS AND INDICATORS OF WORK-RELATED INJURIES IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

Valeeva E.T.[1,2], Galimova R.R.[1,2], Zaydullin I.I., Distanova A.A.[1]

[1] Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

[2] Bashkirian State Medical University, Ufa, Russia

The automotive industry is characterized by a significant number of professions, variability of technological processes, related specialties, and personnel rotation between production facilities, which determines the high risk of occupational injuries. The industry lacks a unified regulatory document that systematizes occupational risks, including those related to occupational injuries, which makes it difficult to develop measures aimed at preserving the health of workers. Conducting research on the adequate assessment of occupational injuries, analyzing their causes and indicators, is highly relevant.

Purpose: to carry out an analysis of the main causes and indicators of occupational injuries at the enterprises of the automobile industry

Materials and methods. Based on the N-1 form acts (Decree No. 73 of the Ministry of Labor of the Russian Federation dated 24.10.2002), the causes and indicators of industrial injuries for 2019-2024 were analyzed at a number of automobile manufacturing enterprises in the Republic of Bashkortostan. The frequency (F), severity (S), and lethality (L) coefficients were calculated using the following formulas:

Results. In the automotive industry, the main causes of occupational injuries were violations of equipment operation rules, workplace organization, and safety regulations.

During the studied period, there were 119 accidents: 18 were classified as "severe," 101 as "mild," and 26 involved women. Two deaths occurred in 2020, one each in 2019 and

2021; three deaths in 2024 were caused by non-work-related factors (circulatory diseases).

Occupational injury rates ranged from 0.09% to 0.15% of the average headcount. The injury frequency rate has steadily decreased since 2022 (2022 - 1.45; 2023 - 1.06; 2024 - 0.89), while the CT increased from 39.4 in 2020. up to 99.2 by 2024. The CL from work-related causes reached zero by 2024, and the CL due to fatalities from non-work-related causes was 0.02 in 2024. The most frequent injuries were suffered by workers aged 20 to 33 years (37.8%) and over 47 years (44.5%) in the form of fractures of the extremities, spine, parietal and temporal bones of the skull (51.6%), cut wounds (18.2%), bruises (9.3%).

Study limitations. The study is limited to an analysis of occupational injury cases at several mechanical engineering companies.

Conclusions. Despite a decline in the incidence of occupational injuries, the automotive industry has seen an increase in the severity and mortality rates of non-occupational injuries, necessitating the implementation of personalized medical monitoring systems for workers in high-risk groups. To obtain comprehensive information on the status of occupational injuries, it is necessary to expand the scope of analyzed indicators.

Keywords: risks, injuries, indicators, production, automotive industry

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

Funding. This work was conducted as part of the state assignment for the Rospotrebnadzor industry research program «Scientific Substantiation of the National System for Ensuring Sanitary and Epidemiological Welfare, Health Risk Management, and Improving the Quality of Life of the Russian Population» for 2021-2025, paragraph 2.2.7, state registration №121062100046-5.

For citation: Valeeva E.T., Galimova R.R., Zaydullin I.I., Distanova A.A. Analysis of occupational risks and indicators of work-related injuries in the automotive industry. Occupational Health and Human Ecology. 2026; 1: 83 – 103.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10105

For correspondence: Elvira T. Valeeva - Doct. Sc. (Medicine), Chief Researcher at the Department of Occupational Health at the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, oozr@mail.ru.

В современной машиностроительной индустрии отсутствует унифицированный и официально признанный классификатор, список или перечень профессиональных рисков, что существенно осложняет процесс их идентификации, оценки и эффективного управления на производственных объектах. Это обусловлено большим числом профессий, в том числе смежных, разнообразием технологических процессов, перемещением работников различных профессиональных групп по производственным объектам и территории предприятия, что значительно затрудняет и расширяет объем профессиональных рисков. В частности, для качественной и количественной оценки производственного риска целесообразно провести вероятностный анализ, выявить значимые и критичные факторы, влияющие на безопасность в целом [1-3]. Кроме того, представляет научный интерес исследование взаимосвязей организационных, технических и технологических факторов производственного процесса с точки зрения риска возникновения аварий и несчастных случаев [4]. Не менее актуальной задачей является анализ влияния человеческого фактора на безопасность, что затрагивает ряд вопросов, таких как организация профотбора, обучения персонала, контроля за соблюдением требований техники безопасности [5].

Проведенный анализ литературных источников дает представление о полноте регистрации несчастных случаев на производстве и свидетельствует, что, в Российской Федерации на промышленных и агропромышленных предприятиях происходит занижение официальных статистических данных о производственном травматизме. В ряде случаев имеет место сокрытие несчастных случаев [1]. В связи с этим невозможно оценить реальную ситуацию об истинных цифрах травматизма на экономическом секторе Российской Федерации. И, если травмы с тяжелыми последствиями для здоровья, в том числе с летальным исходом, в большинстве своем учитываются и регистрируются, то уверенно говорить подобное о легких случаях травмирования и микротравматизации не представляется возможным. Низкое качество учета и регистрации случаев производственного травматизма, по данным ряда авторов, препятствует получению объективной информации о положении на отдельных предприятиях различных отраслей экономики [6,7]. Актуальность изучаемой проблемы требует

более глубокого анализа и должна рассматриваться в рамках действующей системы социально-трудовых отношений с целью коренного изменения отношения к проблеме всех участников трудового процесса: от «выгодно скрыть несчастный случай на производстве» на социально и экономически обоснованную установку: «выгодно предупредить производственную травму, сохранив здоровье работника и обеспечив эффективность развития бизнеса» [8,9].

Цель исследований. Провести анализ основных причин и показателей производственного травматизма на производствах автомобилестроения.

Материалы и методы исследований. Проведен анализ основных причин и показателей производственного травматизма (ПТ) за 2019-2024 г.г. на ряде предприятий грузопассажирского транспорта Республики Башкортостан по данным актов о несчастных случаях на производстве (форма Н-1, приложения № 1 к Постановлению Минтруда РФ от 24.10.2002 № 73).

Коэффициент частоты травматизма ($К_Ч$) рассчитывался по формуле:

$$К_Ч = \frac{\text{общее число травм за определенный период времени х 1000}}{\text{среднесписочная численность сотрудников}}$$

Коэффициент тяжести ($К_Т$) рассчитывался по формуле:

$$К_Т = \frac{\text{число дней нетрудоспособности,приходящихся на один несчастный случай}}{\text{общее число пострадавших за один период времени}}$$

Коэффициент летальности ($К_Л$) рассчитывался по формуле:

$$К_Л = \frac{\text{10 000х количество летальных исходов}}{\text{среднесписочная численность сотрудников}}$$

Результаты. Для проведения комплексной оценки профессиональных рисков необходимо установить их значимость с точки зрения потенциальной угрозы для здоровья и безопасности сотрудников. В результате детального анализа отрасли машиностроения было выявлено, что риск травматизма занимает доминирующую позицию среди приоритетных профессиональных рисков для всех категорий работников. Наиболее частыми причинами производственных травм являются нарушения правил эксплуатации оборудования, организации рабочих мест и техники безопасности. На рисунке 1 представлены ключевые факторы риска и производственные условия, создающие угрозу безопасности персонала на производстве автомобилестроения. Основными являются опасность удара

элементами оборудования, деталями, заготовками, вследствие плохого крепления; затягивания в подвижные части и механизмов; воздействие движущегося абразивного элемента; попадание в глаза стружки, мелких осколков.

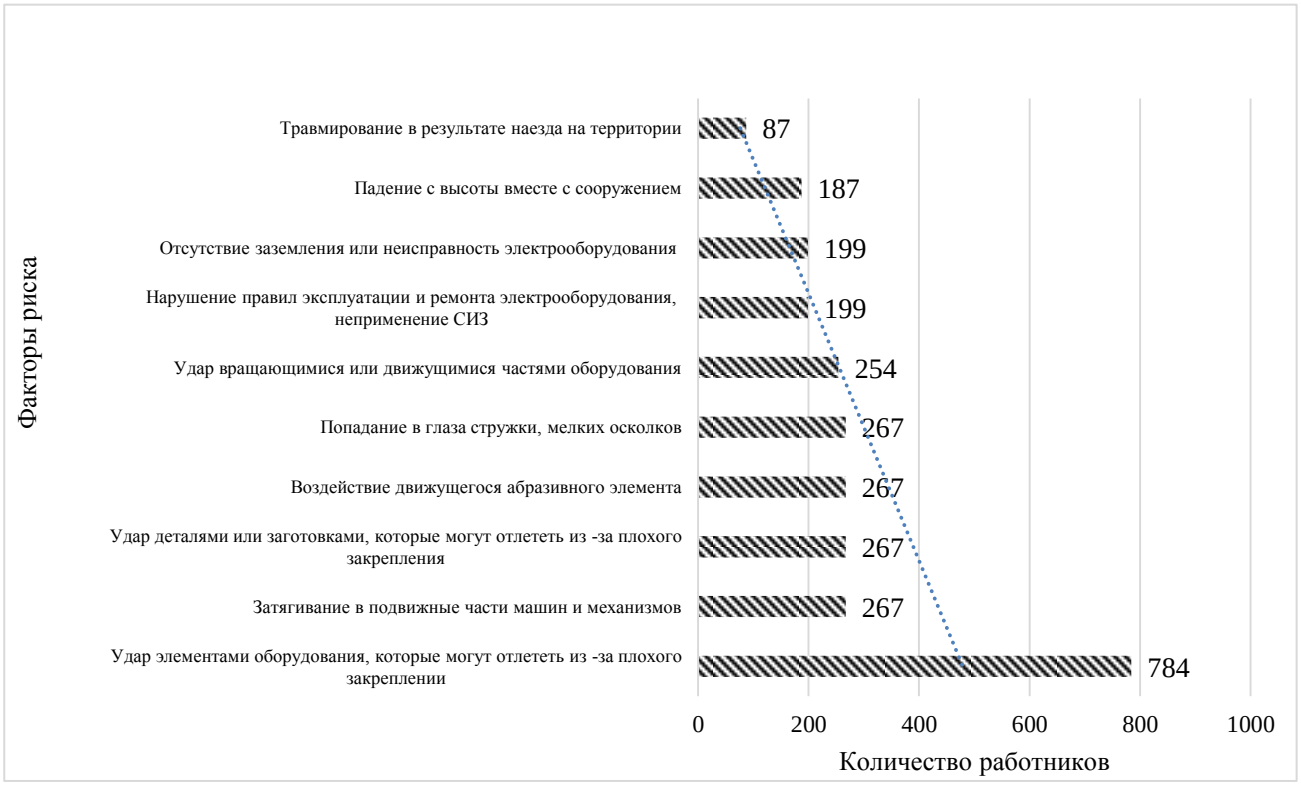

Рисунок 1. Перечень ключевых факторов риска и производственных условий, которые могут представлять профессиональный риск травмирования у работников автомобилестроения, абс.

Figure 1. List of key risk factors and production conditions that may pose an occupational risk of injury to workers in the automotive industry, abs.

Всего за изученный период на предприятиях произошло 119 несчастных случаев, при этом 18 были отнесены к категории «тяжелых», 101 случай к категории «легких». С участием женщин произошло 26 несчастных случаев. Групповой несчастный случай с двумя погибшими произошел в 2020 году, в 2019 и 2021 годах по одному несчастному случаю со смертельным исходом. В 2024 г. на трех производствах были зарегистрированы 3 смертельных случая на производстве от общих заболеваний, причиной которых явились болезни системы кровообращения (табл.1).

Таблица 1. Основные показатели травматизма на предприятиях машиностроительной отрасли промышленности Республики Башкортостан за 2019-2024 гг. (абс.)

Table 1. Main injury rates at the enterprises of the mechanical engineering industry of the Republic of Bashkortostan for 2019-2024 (abs.)

Наименование показателей	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Численность работников всего:	18 531	18 306	17 630	16 574	16 879	16 870
в том числе женщин:	7234	7674	7463	7201	7260	7567
Количество несчастных случаев всего:	17	28	17	24	18	15
из них происшедших с женщинами:	5	9	7	2	1	2
в том числе из общего кол-ва:						
групповых	0	1*	0	0	0	0
тяжелых	2	5	2	4	2	3
смертельных	1	1* (2 чел.)	1	0	0	0 (3**смерти, не связанные с производством)

* - групповой несчастный случай со смертельным исходом (2 чел. с летальным исходом, 1 чел. – легкий)

**- три несчастных случая со смертельным исходом от общих заболеваний, не связанные с производственным травматизмом

Показатели производственного травматизма на предприятиях машиностроения Республики Башкортостан за 2019-2024 гг. представлены в таблице 2. В 2019 году уровень производственного травматизма на предприятиях был достаточно низок - 0,09% от среднесписочной численности работающих. Но уже в 2020 году наблюдался резкий подъем количества несчастных случаев на предприятии - до 0,15 % от среднесписочной численности работающих. В этом же году был зафиксирован групповой несчастный случай со смертельным исходом (2 человека).

В последующие годы уровни производственного травматизма составили: в 2021 г. - 0,01% (17 человек), 2022 г. - 0,14% (24 чел.), в 2023г. - 0,10% (18 чел.), 2024 г. - 0,09% (15 чел.). Результаты анализа свидетельствуют об волнообразной тенденции уровней производственного травматизма в данной отрасли.

Расчет относительных коэффициентов травматизма – частоты, тяжести и летальности позволяют более конкретно проследить динамику производственного травматизма за изученный период. Как видно, количество и частота наступления несчастных случаев на предприятиях за изученный период носит волнообразный характер с подъемами и спадами, однако не имеет тенденцию к снижению. Степень тяжести травм за данный период не только не снизилась, но и возросла до 99,2 к 2024 году, в то время как в предыдущие годы колебалась в пределах 39,4 в 2020 г. и 66,71 в 2021 г. Такой резкий подъем $К_Т$ в 2024 году объясняется тем, что на 3-х крупных предприятиях отрасли были зафиксированы три несчастных случая со смертельным исходом, не связанных с производственным травматизмом по одному в каждом. Все остальные несчастные случаи были отнесены к категории «легких», что в совокупности с тяжелыми случаями и определило высокий показатель $К_Т$ в 2024 г.

Таблица 2. Показатели производственного травматизма на предприятиях машиностроения Республики Башкортостан за 2019-2024 гг., $К_Ч$, $К_Т$, $К_Л$, %

Table 2. Rates of industrial injuries at mechanical engineering enterprises of the Republic of Bashkortostan for 2019-2024, CC, CT, CL, %

Годы	Коэффициент частоты, $К_Ч$	Коэффициент тяжести, $К_Т$	Коэффициент летальности, $К_Л$	Уровень производственного травматизма

2019	0,91	56,2	0,005	0,09
2020	1,52	39,4	0,01	0,15
2021	0,97	66,71	0,005	0,01
2022	1,45	62,58	0	0,14
2023	1,06	39,83	0	0,10
2024	0,89	99,2	0 (0,02*)	0,09

Примечание: *-смертельные случаи, не связанные с производством

Note: *- fatalities not related to production

Графическое представление полученных данных позволяет более четко проследить тенденцию показателей частоты и тяжести травматизма на предприятии (рис. 2,3).

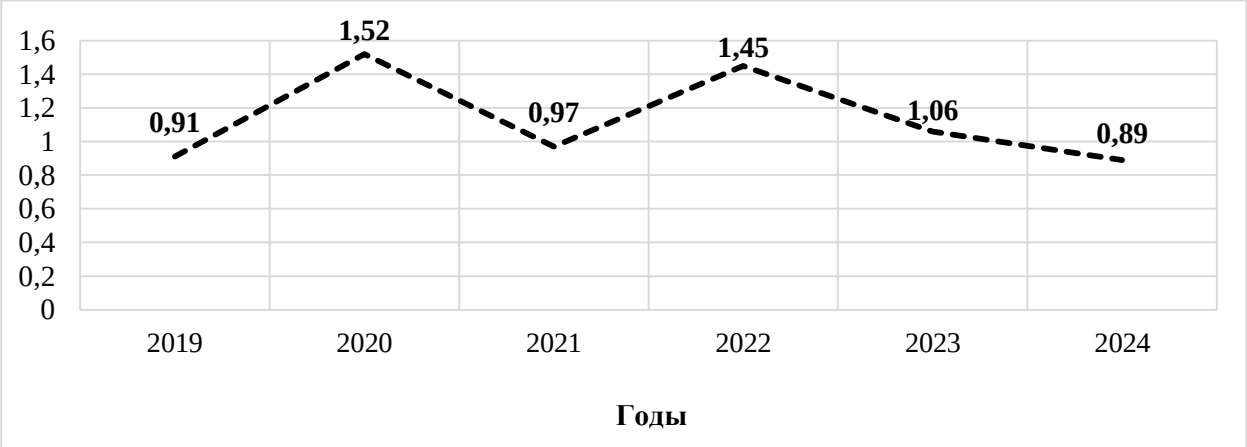

Рисунок 2. Динамика коэффициента частоты ($К_ч$) производственного травматизма на предприятиях машиностроения Республики Башкортостана 2019-2024 гг.

Figure 2. Dynamics of the frequency rate (FR) of industrial injuries at mechanical engineering enterprises of the Republic of Bashkortostan 2019-2024.

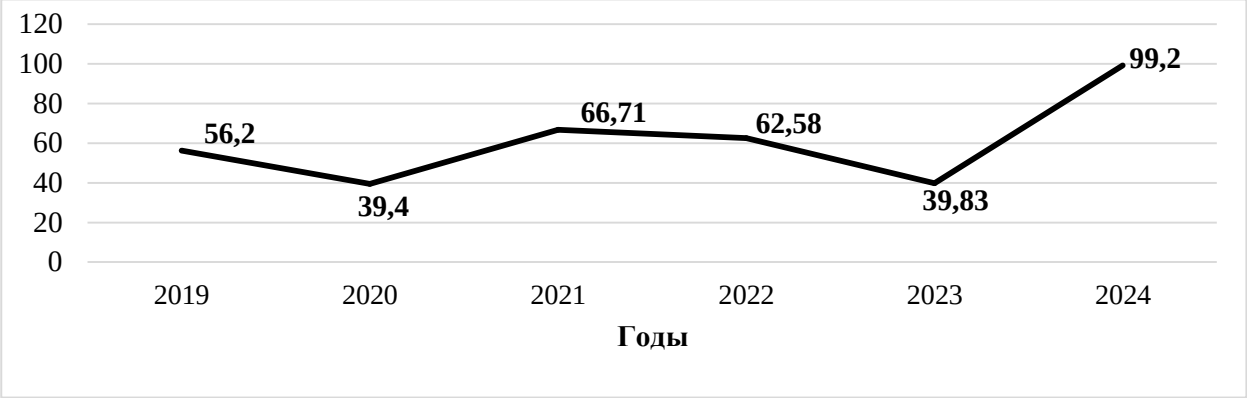

Рисунок 3. Динамика коэффициента тяжести ($К_т$) производственного травматизма на предприятиях машиностроения Республики Башкортостан за 2019-2024 гг.

Figure 3. Dynamics of the severity coefficient (Sc) of industrial injuries at mechanical engineering enterprises of the Republic of Bashkortostan for 2019-2024.

Графическое представление показателя частоты травматизма на предприятиях начиная с 2022 года наглядно показывает выраженную тенденцию к снижению (2022г.-1,45; 2023г.-1,06; 2024г.-0,89), в то время как показатель тяжести к 2024 году вырос довольно значительно по сравнению с предыдущим периодом. При более подробном изучении результатов анализа тяжести травматизма было установлено, что практически во всех несчастных случаях со значительными последствиями для здоровья работники имели достаточно длительный период нетрудоспособности по сравнению со случаями легкого характера.

При анализе летальности производственного травматизма было показано, что за период 2019-2021 гг. значения $К_Л$ колебались в пределах от 0,005 до 0,01, а к 2024 г. достигли нулевого значения. В то же время $К_Л$ за счет смертельных случаев от непроизводственных причин достиг 0,02 в 2024 г.

При изучении показателей, характеризующих травматизм на производстве, большое внимание должно уделяться анализу обстоятельств и причин несчастных случаев (табл. 3). При анализе необходимо учитывать, что у одного несчастного случая, может быть, несколько основных причин, поэтому число как правило будет всегда меньше количества причин.

Таблица 3. Причины тяжелых несчастных случаев на предприятиях машиностроительной отрасли за 2019-2024 гг.

Table 3. Causes of serious accidents at mechanical engineering enterprises for 2019-2024.

Причины НС	Годы						Итого
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Неудовлетворительная организация производства работ	3	2	2	2	2	1	12
Нарушение (несовершенство) технологического процесса				1	1	1	3
Нарушение должностной инструкции				1			1
Нарушение требований безопасности инструкций по ОТ		1	1				2
Недостатки в создании и обеспечении функционирования системы управления охраной труда					1	1	2
Отсутствие контроля со стороны руководителей и специалистов подразделения за ходом выполнения работ, не функционирование системы управления				1			1

охраной труда, недостатки в организации обучения.							
Личная неосторожность, невнимательность, поспешность				1			1
Нарушение работником трудового распорядка и дисциплины			1				1
Неудовлетворительное содержание и недостатки в организации рабочего места							0
Использование пострадавшего не по специальности					1		1
Эксплуатация неисправных машин, механизмов, оборудования, в том числе оснастки и инструмента		1			1		2
Неудовлетворительное техническое состояние сооружения, территории							0
Неудовлетворительное состояние зданий и сооружений							0
Падение, обрушение		2				1	3
Итого производственных причин							28
Другие (непроизводственные)	1	1		2	1	3	8

причины							
Итого причин							34

Одной из основных производственных причин тяжелых несчастных случаев на производстве автомобилестроения стала неудовлетворительная организация производства работ (46,2%), а также 19,2% травм произошло вследствие нарушения правил техники безопасности.

При анализе несчастных случаев по локализации травматических поражений и диагнозам оказалось, что чаще всего страдали пальцы, кисти рук, вплоть до травматического отрыва верхней конечности на уровне верхней трети предплечья, нижние конечности, размозжение мягких тканей конечностей, брюшная полость, голова– почти 54 % случаев. Среди выявленных диагнозов самыми распространёнными были переломы конечностей, позвоночника, теменных и височных костей черепа (51,6%), резаные раны (18,2%), ушибы (9,3%).

Анализ показателей травматизма в зависимости от пола и возраста пострадавших показал, что в большей степени травматическому поражению были подвержены группы работников более молодого возраста от 20 до 33 лет (37,8 %), а также работники старше 47 лет (44,5%). Проведенный анализ несчастных тяжелых случаев за 2024 год показал, что все три случая произошли с работниками от 20 до 33 лет. Возможно, отсутствие значительного опыта работы, менее ответственное отношение к рабочему процессу и соблюдению правил безопасного ведения работ в этом возрасте могли сыграть определенную роль в процессе травмирования.

В зависимости от стажа на производстве прослеживается такая же тенденция: чаще травмируются работники со стажем до 1 года и далее до 3 лет (24,5 %), от 3 до 10 лет (18,0 %) и работники со стажем 17-22 года (21,4%).

Обсуждение. Проблема производственного травматизма в ведущих отраслях промышленности как в РФ, так и в РБ вызывает озабоченность государственных структур и врачей медицины труда в связи с ростом показателей и высокой социальной значимостью, что требует тщательного изучения причин и обстоятельств с целью разработки эффективных профилактических мероприятий [1,8,10,11].

Анализ происшествий, которые являются причиной производственного травмирования работников различных производств, в том числе и машиностроительных свидетельствует, что важнейшими причинами являются неудовлетворительная организация производства работ, нарушения правил безопасности, требований инструкций по охране труда, личная неосторожность работника, недостатки в создании и обеспечении функционирования системы управления охраной труда, что подтверждается исследованиями ряда авторов [2,8].

Проведенный анализ свидетельствует о снижении уровней производственного травматизма в производствах автомобилестроения, начиная с 2022 года, в то же время растут показатели тяжести и летальности. Убедительно свидетельствовать о стабильности процесса снижения травматизма на производствах автомобилестроения, основываясь на небольшом временном анализируемом промежутке, не представляется возможным. Несмотря на усилия по обеспечению промышленной безопасности, результаты расследований летальных исходов на производстве указывают на высокую долю и непроизводственных факторов в их развитии. Ключевой причиной смерти сотрудников на рабочих местах остаются болезни системы кровообращения и обострение других хронических неинфекционных заболеваний, что диктует необходимость улучшения качества обязательных медицинских осмотров с внедрением расширенных диагностических программ для выявления сердечно-сосудистых патологий на ранних стадиях, использование автоматизированных систем контроля давления и пульса для оперативного недопуска лиц с признаками ухудшения здоровья, создание систем персонализированного медицинского наблюдения за работниками из групп «риска» развития таких патологий, особенно тех, кто занят на тяжелых или опасных участках [12-14].

По данным Госинспекции труда в Республике Башкортостан имеют место факты сокрытия работодателями несчастных случаев даже со смертельным исходом. В ряде случаев работодатели пытаются решить проблему с родственниками пострадавшего путем денежных компенсаций. Необходимо ужесточить административную ответственность и в разы увеличить штрафные санкции за сокрытие несчастных случаев. Отсюда следует, что совершенствование трудового законодательства по расследованию, учету и регистрации несчастных случаев на производстве всегда должно быть в приоритете государственной политики в системе охраны здоровья работающих.

Расследование несчастных случаев на производстве проводится на основании Постановления Правительства РФ от 5 июля 2022 г. № 1206 «О порядке расследования и учета случаев профессиональных заболеваний работников». При получении травмы или факта смерти работника на производстве на машиностроительном предприятии администрацией создается комиссия по расследованию обстоятельств и выявлению причин произошедшего. После тщательного анализа разрабатывается обоснованная система мероприятий, направленная на устранение причин производственного травматизма, предотвращение аналогичных несчастных случаев. В процессе проведения исследований мы пришли к выводам, что для более полноценного анализа всех составляющих производственного травматизма необходимо расширить ряд анализируемых показателей. Необходимо изучать не только стаж, пол, возраст, профессии, но и уровень образования, данные периодических медицинских осмотров, оснащение новым оборудованием, процессы модернизации производства. Это позволит провести более качественный анализ причин травмирования работников с возможностью расчета индивидуальных рисков для различных профессий, видов работ, оборудования и т.д. Реализация такого подхода предусматривает взаимодействие службы охраны труда, технических служб, в том числе автоматизированных систем управления, отдела по управлению персоналом, медицинских учреждений, проводящих обязательные медицинские осмотры и ввода полученных данных в автоматизированную систему предприятия по учету и анализу производственного травматизма. Для предприятий машиностроения с большим разнообразием производственных подразделений, профессий и видов оборудования это позволит объективизировать и усовершенствовать систему учета и расследования несчастных случаев, а разрабатываемые мероприятия по их предотвращению сделать более эффективными и успешными [15-17].

Заключение. В рамках проведения исследований по ранжированию производственных рисков на предприятиях машиностроительной отрасли адекватная оценка профессионального риска по производственному травматизму с учетом всех факторов, причин и составляющих крайне важна в системе управления рисками, разработки мер, направленных на сохранение здоровья работающих и «сокращение всех видов издержек, связанных с неблагоприятными условиями труда».

Список литературы:

1. Бухтияров И. В., Измеров Н. Ф., Тихонова Г. И., Чуранова А. Н. Производственный травматизм как критерий профессионального риска. Проблемы прогнозирования. 2017; 5:140-149.

2. Балабанова Л.А., Камаев С.К., Имамов А.А., Радченко О.Р. Оценка риска нарушения состояния здоровья работников машиностроения. Гигиена и санитария. 2020; 99 (1): 76-79. doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-1-76-79.

3. Лукьянчикова Т. Л., Ямщикова Т. Н., Клецова Н. В. Компаративистский анализ производственного травматизма: Россия и мир. Экономика труда. 2018; 3 (5):647–662.

4. Плешко М.С., Щекина Е.В., Рябова Н.В. Пути снижения производственного травматизма на предприятиях машиностроения Ростовской области. Безопасность техногенных и природных систем. 2017;(1):26-36.

5. Ромейко В.Л., Потеряева Е.Л., Ивлева Г.П., Кругликова Н.В., Труфанова Н.Л. Основные проблемы совершенствования правовых механизмов сохранения профессионального здоровья работающего населения. Здоровье населения и среда обитания - ЗНиСО. 2018; 10: 46-49.

6. Кузнецова Е.А., Михина Т.В. Производственный травматизм в РФ: анализ состояния в регионах и по видам экономической деятельности. Социально-трудовые исследования. 2022;46(1):8-15. doi: 10.34022/2658-3712-2022-46-1-8-15.

7. Барышев Е.Е, Малых Д.А., Тягунов Г. В., Якшина Н.В. Особенности производственного травматизма в России. Международный научно-исследовательский журнал.2020;(11-1(101)):13-20.

8. Сердюк В.С., Добренко А. М., Цорина О. А., Бакико Е. В. Управление производственными рисками на объектах машиностроительного комплекса. Омский научный вестник. 2019; 5(167): 5-9. doi: 10.25206/1813-8225-2019-167-5-9.

9. Бухтияров. И. В., Герегей А. М., Ефимов А. Р., Костылева Е. В. Промышленные экзоскелеты как средства обеспечения промышленной безопасности. Нормативно-техническое регулирование. Безопасность труда в промышленности. 2020; 12: 53-57. doi: 10.24000/0409-2961-2020-12-53-57.

10. Бухтияров И. В. Современное состояние и основные направления сохранения и укрепления здоровья работающего населения России. Медицина труда и промышленная экология. 2019; 59 (9): 527-532. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532.

11. Xu Q., Yu F., Li F., Zhou H., Zheng K., Zhang M. Quantitative differences between common occupational health risk assessment models. J. Occup. Health. 2020; 62 (1): P. e12164. doi: 10.1002/1348-9585.12164.

12. Зайцева Н.В., Шур П.З., Алексеев В.Б., Савочкина А.А., Савочкин А.И., Хрущева Е.В. Методические подходы к оценке категорий профессионального риска, обусловленного различными видами нарушений здоровья работников, связанными с комплексом факторов рабочей среды и трудового процесса. Анализ риска здоровью. 2020; 4: 23–30. doi: 10.21668/health.risk/2020.4.03.

13. Фокин В.А., Зайцева Н.В., Шур П.З., Редько С.В., Хрущева Е.В. Оценка и прогнозирование персонального профессионального риска с уточнением его категорий при помощи вероятностных методов. Анализ риска здоровью. 2021; 4: 92–99. doi: 10.21668/health.risk/2021.4.10.

14. Жеглова А. В., Яцына И. В., Гаврильченко Д. С. Корпоративные программы сохранения здоровья - основной элемент системы здоровьесбережения работающего населения. Здравоохранение Российской Федерации. 2022; 66(5): 385-389. doi: 10.47470/0044-197X-2022-66-5-385-389.

15. Донцов, С. А., Дроздова Л. Ф. Организация производства с нулевым травматизмом и безопасными условиями труда в машиностроении. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2019; 8; 1(45):154-158.

16. Донцов, С. А., Дроздова Л. Ф. Оценка и внедрение культуры безопасности нулевого травматизма на машиностроительных предприятиях. Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2019; 1(73):14-20.

17. Елин А.М., Пашин Н.П., Григорьева С.М. Производственный травматизм: анализ состояния в Российской Федерации и на предприятии обрабатывающей отрасли. Экономика труда. 2025; 12 (5): 784-802.

References:

1. Buxtiyarov I. V., Izmerov N. F., Tixonova G. I., Churanova A. N. Industrial injuries as a criterion of occupational risk. Problemy` prognozirovaniya. 2017; 5:140-149.

2. Balabanova L.A., Kamaev S.K., Imamov A.A., Radchenko O.R. Assessment of the health risk of mechanical engineering workers. Gigiena i sanitariya. 2020; 99 (1): 76-79. doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-1-76-79.

3. Luk`yanchikova T. L., Yamshhikova T. N., Kleczova N. V. Comparative Analysis of Industrial Accidents: Russia and the World. E`konomika truda. 2018; 3 (5):647–662.

4. Pleshko M.S., Shhekina E.V., Ryabova N.V. Ways to reduce industrial injuries at engineering enterprises in the Rostov Region. Bezopasnost` texnogenny`x i prirodny`x sistem. 2017; (1):26-36.

5. Romejko V.L., Poteryaeva E.L., Ivleva G.P., Kruglikova N.V., Trufanova N.L. The main problems of improving legal mechanisms for preserving the professional health of the working population. Zdorov`e naseleniya i sreda obitaniya - ZNiSO. 2018; 10: 46-49.

6. Kuzneczova E.A., Mixina T.V. Industrial Accidents in the Russian Federation: Analysis of the Situation by Region and Economic Activity. Social`no-trudovy`e issledovaniya. 2022; 46(1):8-15. doi: 10.34022/2658-3712-2022-46-1-8-15.

7. Bary`shev E.E, Maly`x D.A., Tyagunov G. V., Yakshina N.V. Features of occupational injuries in Russia. Mezhdunarodny`j nauchno-issledovatel`skijzhurnal.2020;(11-1(101)):13-20.

8. Serdyuk V.S., Dobrenko A. M., Czorina O. A., Bakiko E. V. Managing Production Risks in the Machine-Building Complex. Omskij nauchny`j vestnik. 2019; 5(167): 5-9. doi: 10.25206/1813-8225-2019-167-5-9.

9. Buxtiyarov. I. V., Geregej A. M., Efimov A. R., Kosty`leva E. V. Industrial exoskeletons as means of ensuring industrial safety. Regulatory and technical regulation. Bezopasnost` truda v promy`shlennosti. 2020; 12: 53-57. doi: 10.24000/0409-2961-2020-12-53-57.

10. Buxtiyarov I. V. Current state and main directions of preserving and strengthening the health of the working population in Russia. Medicina truda i promy`shlennaya e`kologiya. 2019; 59 (9): 527-532. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532.

11. Xu Q., Yu F., Li F., Zhou H., Zheng K., Zhang M. Quantitative differences between common occupational health risk assessment models. J. Occup. Health. 2020; 62 (1): P. e12164. doi: 10.1002/1348-9585.12164.

12. Zajceva N.V., Shur P.Z., Alekseev V.B., Savochkina A.A., Savochkin A.I., Xrushheva E.V. Methodological approaches to assessing the categories of occupational risk caused by various types of health disorders in workers associated with a complex of working environment and labor process factors. Analiz riska zdorov`yu. 2020; 4: 23–30. doi: 10.21668/health.risk/2020.4.03.

13. Fokin V.A., Zajceva N.V., Shur P.Z., Red`ko S.V., Xrushheva E.V. Assessment and forecasting of personal professional risk with the clarification of its categories using probabilistic methods. Analiz riska zdorov`yu. 2021; 4: 92–99. doi: 10.21668/health.risk/2021.4.10.

14. Zheglova A. V., Yacyna I. V., Gavril`chenko D. S. Corporate health programs are the main element of the health-saving system for the working population. Zdravooxranenie Rossijskoj Federacii. 2022; 66(5): 385-389. doi: 10.47470/0044-197X-2022-66-5-385-389.

15. Donczov, S. A., Drozdova L. F. Organization of production with zero injuries and safe working conditions in mechanical engineering. XXI vek: itogi proshlogo i problemy` nastoyashhego plyus. 2019; 8; 1(45):154-158.

16. Donczov, S. A., Drozdova L. F. Assessment and implementation of zero-injury safety culture in engineering enterprises. Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshheniya. 2019; 1(73):14-20.

17. Elin A.M., Pashin N.P., Grigor`eva S.M. Industrial Accidents: Analysis of the Situation in the Russian Federation and at Manufacturing Enterprises. E`konomika truda. 2025; 12 (5): 784-802.

Информация об авторах.

Валеева Эльвира Тимерьяновна (Valeeva Elvira Timeryanovna) – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отдела медицины труда ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», профессор кафедры терапии и профессиональных болезней с курсом ИДПО ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, 450106, г. Уфа, ул.

Степана Кувыкина, 94; e-mail: oozr@mail.ru; тел.: 8 (347) 255-57-30, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9146-5625.

Галимова Расима Расиховна (Galimova Rasima Rasikhovna) – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела медицины труда ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»; доцент кафедры кафедры терапии и профессиональных болезней с курсом ИДПО ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, 450106, г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, 94; e-mail: rasima75@mail.ru; тел.: 8 (347) 255-57-30, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4658-545X.

Зайдуллин Искандер Ильдарович (Zaydullin Iskander Ildarovich) - заведующий отделом медицины труда, кандидат медицинских наук, ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», 450106, Россия, г. Уфа, Степана Кувыкина, 94, iskanderdent@yahoo.com, +7 (987) 25-94-507; https://orcid.org/0000-0002-6031-5683

Дистанова Альбина Анваровна (Distanova Albina Anvarovna) – врач-пульмонолог отделения профессиональной пульмонологии, аллергологии и иммунологии ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», 450106. г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, 94; e-mail: d.albina.a@rambler.ru; тел.: 8 (347) 255-57-08, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4249-2288.

Поступила/Received: 25.12.2025

Принята в печать/Accepted: 09.03.2026

УДК 613.6:669.4

ПОКАЗАТЕЛИ ТЯЖЕСТИ ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА ПЛАВИЛЬЩИКОВ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ЧЕРНОВОГО СВИНЦА

Федорук А.А., Кудряшов И.Н., Другова О.Г., Мартин С.В., Беломестнова О.В., Иващенко М.А.

ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, Россия

Одним из факторов риска здоровью работников-плавильщиков металлургических предприятий является тяжёлый физический труд, сопряжённый со значительной долей немеханизированных ручных операций. Модернизация производства, сопровождающаяся технологическим перевооружением, увеличением производственных мощностей, автоматизацией ряда техпроцессов, изменением режимов труда и отдыха работающих, диктует необходимость оценки тяжести труда.

Цель исследования - оценка тяжести трудового процесса и прогнозного риска здоровью плавильщиков при современном получении чернового свинца.

Материалы и методы. Исследования проводились на рабочих местах плавильщиков предприятия по производству чернового свинца из вторичного сырья, в технологическом процессе плавки которого применяют короткобарабанные и руднотермические печи. Работы включали анализ материалов, имеющихся на предприятии; предварительную визуальную оценку организации рабочих мест плавильщиков; непосредственные исследования и последующая оценка тяжести труда в соответствии с критериями и методикой Р 2.2.2006-05 (Приложение 15). Исследования сопровождались хронометражными наблюдениями для оценки трудового процесса.

Результаты. Эргономические исследования показали, что основными эргометрическими факторами, обуславливающими тяжесть физических нагрузок в изучаемых профессиональных группах, являются: суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены (с пола); статическая нагрузка за смену с участием мышц корпуса и ног; рабочая поза «Стоя»; вынужденные наклоны корпуса и перемещение по горизонтали.

Заключение. Труд рабочих в профессии «плавильщик» изучаемого производства характеризуется как физически тяжёлый; оценён вредным классом 2-3 степени, что соответствует среднему-высокому уровню априорного риска здоровью. Подобные условия труда требуют разработки комплекса мероприятий, направленных на снижение уровня профессионального риска нарушений здоровью работников.

Ключевые слова: характеристика труда плавильщиков, тяжесть труда, вредные условия труда, риск здоровью, производство чернового свинца

Соблюдение этических стандартов: Проведение настоящего исследования не требовало одобрения этического комитета, поскольку работа не связана с использованием человека или животного в качестве объектов исследования.

Использование инструментов искусственного интеллекта: Авторы заявляют, что при подготовке настоящей рукописи системы искусственного интеллекта не применялись.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Федорук А.А., Кудряшов И.Н., Другова О.Г., Мартин С.В., Беломестнова О.В., Иващенко М.А. Показатели тяжести трудового процесса плавильщиков в современном производстве чернового свинца, Медицина труда и экология человека.2026; 1: 104 - 125.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10106

Для корреспонденции: Кудряшов Иван Николаевич – научный сотрудник отдела медицины труда ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, e-mail: kudryashov@ymrc.ru

INDICATORS OF JOB HEAVINESS IN SMELTERS ENGAGED IN UPGRADED CRUDE LEAD PRODUCTION

Fedoruk A.A., Kudryashov I.N., Drugova O.G., Martin S.V., Belomestnova O.V., Ivashchenko M.A.

Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, Russian Federation

One of the health risks for smelters at metallurgical plants is heavy physical work involving a significant proportion of non-automated manual labor. Manufacturing upgrade that includes technological re-equipment, increased production capacity, automation of several processes, and improvement of work and rest schedules for its employees, requires re-assessment of job heaviness.

Objective: To assess job heaviness and predicted health risks for smelters engaged in modernized crude lead production.

Materials and Methods: Assessment was done at workplaces of smelters engaged in crude lead production from secondary raw materials in short-drum and ore-thermal furnaces. It included the review of available documents; preliminary visual inspection of workplaces; direct measurements and subsequent judgment on job heaviness in accordance with the criteria and methodology of Russian Guidelines R 2.2.2006-05 (Appendix 15). It also included time-based observations to assess the work process.

Results.We established that the main ergonomic factors determining heavy physical workload in the subjects were the total weight of loads lifted during each hour of the shift (from the floor); static load per shift involving the core and leg muscles; standing work posture; forced body bending, and horizontal movement.

Conclusion: The smelter job in crude lead production is characterized as physically demanding and of hazard class 2–3, which corresponds to a moderate to high level of *a priori* health risk. Such working conditions require the development of consistent measures aimed at mitigating work-related health risks.

Keywords: smelter job characteristics, job heaviness, unsafe working conditions, health risk, crude lead production

Compliance with ethical standards: This study did not require approval by the Ethics Committee, as it did not involve humans or animals as research subjects.

Declaration of AI use: The authors declare that no artificial intelligence tools were used in the preparation of this manuscript.

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

Financing: This research received no external funding.

For citation: Fedoruk A.A., Kudryashov I.N., Drugova O.G., Martin S.V., Belomestnova O.V., Ivashchenko M.A. Indicators of job heaviness in smelters engaged in upgraded crude lead production. Occupational Health and Human Ecology. 2026; 1: 104 - 125.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10106

For correspondence: Ivan N. Kudryashov, Researcher, Department of Occupational Medicine, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, e-mail: kudryashov@ymrc.ru

Металлургические предприятия, в частности производства сплавов цветных металлов, неоднократно становились предметом изучения гигиенистов и профпатологов, показавших, что условия труда рабочих основных и вспомогательных профессий остаются вредными и опасными. Ведущими факторами риска являлись пыль сложного химического состава, неблагоприятный микроклимат, производственный шум и тяжёлый физический труд, характер которого у работников сопряжён со значительной долей немеханизированных ручных операций и оценён как «тяжёлый» [1-12]. По данным Федеральной службы государственной статистики [13] на конец 2024 года в металлургическом производстве России доля лиц, занятых на работах с повышенными физическими нагрузками, составила 38,1% (213123 человек) от числа работников, занятых во вредных или опасных условиях труда.

В то же время, многие металлургические предприятия проводят, как полную, так и частичную модернизацию производства, которая сопровождается совершенствованием технологий, заменой оборудования, автоматизацией, структурной реорганизацией, изменением, закреплённых за работниками трудовых функций, что, безусловно, оказывает влияние как на условия труда в целом, так и на показатели, характеризующие тяжесть труда [14].

Не стало исключением изучаемое предприятие, на котором в течение последних 10 лет проходила поэтапная смена технологии производства вторичного чернового свинца. От технологии шахтной плавки перешли к получению вторичного свинца в короткобаранных и руднотермических печах, что позволило расширить сырьевую базу и увеличить объёмы производства, при этом значительно увеличилась численность занятых работающих, произошла смена

организации их труда, что обуславливает необходимость проведения нами данного исследования. Актуальность работе придаёт обсуждаемый в последние годы учёными-гигиенистами вопрос недооценки условий труда, в частности тяжести трудового процесса при проведении СОУТ, влияющей на установление связи заболевания с профессией [15; 16, 17].

Цель работы - оценка тяжести трудового процесса и прогнозного риска здоровью плавильщиков при современном получении чернового свинца.

Материалы и методы. Исследования проводились на рабочих местах плавильщиков предприятия по производству чернового свинца из вторичного сырья в короткобарабанных (далее - КБП) и руднотермических (далее - РТП) печах.

Этапность выполнения работы включала: анализ материалов, имеющихся на предприятии (технологической документации производства чернового свинца; рабочих инструкций и графиков работы плавильщиков; результатов специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) за 2016 и 2021 гг.); предварительную визуальную оценку организации рабочих мест плавильщиков на участках КБП и РТП; исследования и последующая оценка тяжести труда в соответствии с критериями и методикой Р 2.2.2006-05[3] (Приложение 15), категорию априорного (по условиям труда) профессионального риска здоровью определяли по Р 2.2.3969-23[4].

В связи с неравномерным распределением работ в разные смены, что обусловлено технологическим циклом и производственным заданием, измерения проводили на протяжении четырёх рабочих смен, с последующим вычислением средних значений показателей: физическая динамическая нагрузка; стереотипные рабочие движения; статическая нагрузка; рабочая поза и перемещение в пространстве. Для показателей: масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, наклоны корпуса более 30^0 – фиксировались максимальные значения. Исследования сопровождались собственными хронометражными наблюдениями. Измерения (масса, перемещение в пространстве) проводили приборами утверждённого типа, имеющие действующую поверку и внесённые в единый

[3] Руководство Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». Москва, 2006.
[4] Руководство Р 2.2.3969-23 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки». Москва, 2023.

Госреестр. Характер рабочей позы определялся визуально, время пребывания рассчитывалось в относительных величинах, т.е. в процентах к 8-часовой рабочей смене.

Обработка полученных данных выполнена с применением общепринятых методов при использовании программного пакета Microsoft Excel 2019.

С целью сравнения показателей тяжести труда в процессе модернизации предприятия были использованы материалы гигиенических исследований, выполненных нами ранее с применением аналогичных методических подходов к оценке тяжести труда [18, 19, 20].

Результаты и обсуждение. Производство чернового свинца в КБП и РТП включает в себя следующие технологические этапы: подготовку шихтовых материалов и их загрузку в печь; плавку металла; розлив чернового свинца и шлакоштейнового промпродукта (далее - ППШШ) в изложницы; охлаждение, извлечение и взвешивание слитков, после чего черновой свинец и ППШШ передают на дальнейшую переработку.

На участке КБП расположены 2 печи, обслуживание процесса плавки выполняет бригада из 3-4-х человек (плавильщиков 4-6 разряда). Режим работы характеризуется двухсменным рабочим графиком с продолжительностью смены 12 часов. Рабочими зонами плавильщиков КБП являются площадка обслуживания печей (далее – площадка печей), на которой, как правило, задействован один рабочий, и площадка обслуживания изложниц (далее – зона изложниц).

На площадке печей плавильщик в течение рабочей смены проводит розлив свинца чернового в изложницы (4-5 розливов за смену; 10-13 изложниц за розлив), ведёт контроль плавки и осуществляют уборку закреплённой территории возле печей в конце смены. Розлив свинца и ППШШ в изложницы является основной трудовой операцией, занимающий около 30% от рабочей смены и включающий в себя: сверление летки печи при помощи перфоратора со штангой весом 17 кг; розлив расплава в изложницы с периодической чисткой отверстия летки печи от зарастания прутком весом 7 кг; зачистку и заделывание летки печи после розлива.

В зоне изложниц основной трудовой операцией плавильщиков является работа с изложницами до и после розлива свинца чернового (до 75 изложниц в рабочую смену), занимающая до 40% от рабочей смены. Перед розливом плавильщик

проводит обработку внутренней поверхности изложниц антипригарным раствором, расстановку петель по их краям (операции сопровождаются глубокими наклонами корпуса) и перемещение изложниц на механизированную линию ковшей при помощи мостового крана. После розлива свинца чернового плавильщики совместно с крановщиком перемещают изложницы с расплавом в зону остывания и продолжают работу с остывшим металлом: производят выбивку шлака и свинца из изложниц либо при помощи мостового крана, либо вручную – кувалдой весом 10 кг. Выполнение технологических операций связаны с постоянным передвижением работника по цеху. В конце рабочей смены рабочие-плавильщики КБП осуществляют уборку закреплённой территории вручную, используя инструмент весом до 9,5 кг.

Эргономические исследования показали, что основными факторами, обуславливающими тяжесть физических нагрузок в изучаемой профессиональной группе, являются: суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены (с пола); рабочая поза «Стоя»; наклоны корпуса и перемещение по горизонтали. Дополнительно, у плавильщиков на площадке печей фактором риска является статическая нагрузка за смену при удержании груза, приложении усилий (с участием мышц корпуса и ног), оценённая классом 3.1 (вредный) (таблица 1).

На участке РТП работники осуществляют переработку свинецсодержащих материалов в двух печах. В отличие от участка КБП, все работники осуществляют работы как в зоне печей, так и зоне обслуживания изложниц. Характер работы – бригадный (4-5 человек) с трёхсменным рабочим графиком продолжительностью 8 часов.

В течение смены плавильщики РТП осуществляют набор и загрузку шихты в загрузочные бункера совместно с крановщиком; ведут контроль процесса плавки; проводят розлив свинца чернового и ППШШ в изложницы (4 розлива за смену; 3-5 изложниц за розлив); работают с изложницами (подготовка к розливу, обслуживание после розлива); обслуживают печь и проводят уборку закреплённой территории. Основными трудовыми операциями у плавильщиков РТП, занимающими от 22,5 % до 42,7% рабочей смены, являются розлив свинца и работа с изложницами. Перед розливом плавильщики подготавливают изложницы, устанавливая их стык в стык, а место стыка и их поверхность обмазывают раствором огнеупорной глины. В процессе розлива плавильщик осуществляет прожиг летки свинцового и шлакового окон при помощи

кислородной трубки; периодически чистит жёлоб печи вручную ломиком. По окончании розлива рабочие заделывают летку печи глиняной пробкой и производят чистку желоба от оставшихся на нем затвердевших продуктов отбойным молотком. В процессе трудовой деятельности плавильщик использует вспомогательный инструмент весом до 20 кг.

Таблица 1. Эргономические показатели тяжести трудового процесса в профессии «Плавильщик»

Table 1. Ergonomic indicators of smelter job heaviness

Показатели тяжести трудового процесса	Плавильщик			
	КБП[1]		РТП	
	Результат	КУТ	Результат	КУТ
Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены (с пола), кг	572/582	3.1/3.1	571	3.1
Статическая нагрузка за смену при удержании груза, приложении усилий с участием мышц корпуса и ног, кгс*с	111274/87000	3.1/2	169376	3.1
Рабочая поза, %	«Стоя» 72,0/82,0	3.1/3.2	«Стоя» 75,0	3.1
Наклоны корпуса, раз	312/310	3.2/3.2	268	3.1
Перемещение по горизонтали, км	11,7/11,8	3.1/3.1	6,6	2
Итоговый класс условий труда	**3.2/3.3** *(тяжёлый труд)*		**3.2** *(тяжёлый труд)*	

Примечание: КБП – короткобарабанная печь; РТП – рудно-термическая печь; КУТ-класс условий труда по Р 2.2.2006-05

1 – в числителе результаты и КУТ плавильщика на площадке печей/в знаменателе – плавильщика в зоне изложниц

Note: SDF – short-drum furnace; RTF – ore-thermal furnace; KUT – working conditions class according to R 2.2.2006-05
1 – in the numerator – the results and KUT of the smelter at the furnace site; in the denominator – the smelter in the mold area

По данным оценки тяжести трудового процесса (таблица 1), основными показателями, внёсшими вклад в окончательную оценку тяжести труда на рабочих местах плавильщиков РТП, являются: суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены (с пола); статическая нагрузка за смену при удержании груза, приложении усилий (с участием мышц корпуса и ног); рабочая поза «Стоя» и наклоны корпуса.

Таким образом, условия труда по показателю тяжести трудового процесса у работников-плавильщиков участка КБП оценены вредным классом 2-3 степени, а участка РТП - вредным классом 2 степени. В указанных условиях труда можно ожидать развитие стойких функциональных изменений в организме, приводящих к увеличению профессионально обусловленной заболеваемости, развитию профессиональных заболеваний лёгкой и средней степени тяжести (Р 2.2.2006-05). Труд рабочих в профессии «плавильщик» характеризуется средним-высоким уровнем априорного профессионального риска здоровью.

Ранее на изучаемом предприятии получение чернового свинца осуществлялось в шахтной печи (ШП), обслуживаемой бригадой плавильщиков из 3 человек, с выделением рабочих мест «на загрузке» (1 человек), «на выпуске металла и шлака» (2 человека). Продолжительность рабочей смены составляла 6 часов. Технология шахтной плавки, характеризовалась значительными физическими усилиями плавильщиков, труд которых был связан с большим числом ручных операций: выкатывание вручную из шихтоподъёмника гружёных шихтой вагонеток (3-5 за одну загрузку), загрузка (10-16 за смену) партий шихты в печь через загрузочное окно путём опрокидывания вагонеток в загрузочное окно с помощью специального устройства; выпуск шлака в изложницу (14-20 за смену), вывоз наполненной изложницы на шлаковый двор; выпуск металла в разливочный ковш (12-16 за смену), вывоз полного котла и розлив чернового свинца в изложницы, выбивка изложниц, чистка леток, фурм. В процессе трудовой деятельности использовался инструмент массой 6-15 кг. В целом, факторами риска

плавильщиков в тот период являлись: физическая динамическая нагрузка; масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную; суммарная масса грузов, перемещаемых в течение смены; статическая нагрузка и рабочая поза [18].

Сравнительная оценка показателей тяжести трудового процесса плавильщиков при обслуживании печей при шахтной плавке, на начальных этапах технического перевооружения и выход на рабочие мощности производства представлена в таблице 2. Как видно из таблицы, труд плавильщика шахтной печи «на загрузке» был оценён классом 3.3 по фактору тяжести труда, «на выпуске металла и шлака» - классом 3.2, в окончательную оценку условий труда по фактору внесли вклад пять показателей тяжести трудового процесса в первом случае и три – во втором.

Таблица 2. Количественная оценка показателей тяжести трудового процесса плавильщиков при обслуживании печей в разные периоды производства чернового свинца

Table 2. Quantitative assessment of smelter job heaviness during furnace maintenance at different stages of crude lead production

Период производства чернового свинца	Профессия	Количество показатели тяжести трудового процесса, внёсшие вклад в окончательную оценку условий труда по фактору, единиц			Итоговый КУТ по фактору «Тяжесть труда»
		Всего показателей	Показатели, оценённые классом 3.1 (вредные)	Показатели, оценённые классом 3.2 (вредные)	
Шахтная плавка	Плавильщик ШП[1]	5/3	1/2	4/1	3.3/3.2
Плавка в КБП и РТП (начало перевооружения)	Плавильщик КБП	1	1	нет	3.1
	Плавильщик РТП	2	1	1	3.2
Плавка в КБП и	Плавильщик	5/4	4/2	1/2	3.2/3.3

РТП (выход на рабочие мощности)	КБП[2]				
	Плавильщик РТП	4	4	нет	3.2

Примечание: ШП – шахтная печь; КБП – короткобарабанная печь; РТП – рудно-термическая печь; КУТ – класс условий труда по Р 2.2.2006-05
1 – в числителе - плавильщик на загрузке/в знаменателе – на выливке металла и шлака; 2 – в числителе – плавильщик на площадке печей/в знаменателе – в зоне изложниц

Note: ШП – shaft furnace; КБП – short-drum furnace; РТП – ore-thermal furnace; КУТ – working conditions class according to P 2.2.2006-05
1 – in the numerator – smelter during loading/in the denominator – during metal and slag pouring; 2 – in the numerator – smelter on the furnace platform/in the denominator – in the mold area

Смена технологического оборудования, автоматизация ряда техпроцессов, увеличение мощности производства привели к изменению характера работы, численному составу бригады, длительности производственных смен. Пилотные исследования, выполненные в начале технического перевооружения на этапе отработки технологии на низких мощностях и длительности рабочей смены 8 часов, выявили, что показатели «Рабочая поза» (у плавильщиков КБП и РТП) и «Стереотипные рабочие движения» (у плавильщика РТП) не соответствуют допустимым уровням тяжести трудового процесса [20].

На начальных этапах технического перевооружения труд плавильщиков КБП и РТП характеризовался одним-двумя показателями тяжести трудового процесса, не соответствующими гигиеническому нормированию. Выход на рабочие мощности производства чернового свинца, смена организации труда и увеличение длительности рабочей смены (до 12 часов) у рабочих-плавильщиков КПБ внесли очередные коррективы в оценку тяжести труда: количество показателей, не соответствующих норме, увеличилось до 4-5; появились показатели тяжести труда, оценённые классом 3.2 (вредные), не выявленные на начальных этапах модернизации. Количество показателей тяжести трудового процесса, превышающих норму, у плавильщиков РТП увеличилось в 2 раза по сравнению с началом перевооружения. Характерными показателями тяжести труда для

плавильщиков остались масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную (суммарная масса грузов, перемещаемых в течение смены), статическая нагрузка за смену с участием мышц корпуса и ног, а также рабочая поза. Кроме этого, добавились наклоны корпуса (вынужденные более 30^0), а у плавильщиков КБП - перемещения по горизонтали, обусловленные технологическим процессом.

Стоит отметить, что в рамках СОУТ при оценке тяжести труда работников-плавильщиков участка КБП не были учтены особенности работы с учётом зон обслуживания, а результаты приведены по общему рабочему месту в целом. При этом, на рабочих местах плавильщиков единственным показателем, не соответствующим нормативам и повлиявшим на окончательную оценку тяжести труда, был «Рабочая поза» («Стоя» до 80,0%) оценённый классом 3.1 (вредный). Все другие показатели соответствовали оптимальным, реже допустимым условиям труда.

В целом, материалы нашего исследования показывают, что для трудового процесса плавильщиков изучаемого производства характерны силовые нагрузки, подъем и перемещение тяжестей, длительные пребывание в положении стоя, частые глубокие наклоны корпуса, которые, согласно материалам научных исследований, оказывают влияние на развитие патологии опорно-двигательного аппарата [21-27]. Заболевания, связанные с «физическими перегрузками и функциональным перенапряжением отдельных органов и систем», стабильно занимают второе место в структуре профессиональной патологии на протяжении последних пяти лет. Эта тенденция сохраняется в Свердловской области, где профессиональная заболеваемость, связанная с физическими перегрузками, составляет 35,8% от общего числа случаев[5].

Однако, как отмечается рядом авторов [15,16], реальная ситуация может быть существенно хуже, вследствие ненадлежащего качества проведения СОУТ и искусственного улучшения условий труда (что видно и на примере данной работы). Исследования, проводимые в нашем Центре, показали, что в 26,3 % случаев информация, содержащаяся в санитарно-гигиенических характеристиках условий труда, и которая, как правило, базируется на материалах СОУТ, или отсутствовала, или была недостаточна для установления у работника профессионального

[5] Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Свердловской области в 2024 году», Екатеринбург, 2025

заболевания, потенциально связанного с физическими нагрузками, превышающими допустимые нормы [16].

Проведение исследований показателей тяжести труда необходимо не только для установления связи заболевания с профессией, но и с позиции выявления «точек приложения» разработки эффективных мер, направленных на обеспечение эргономической безопасности производства, сохранения здоровья и трудового потенциала работающих.

На данном предприятии, в зависимости от производственного участка и возможности внедрения технологических изменений, в целях управления риском здоровью работников могут быть реализованы следующие мероприятия: автоматизация и механизация производственных операций; использование вспомогательных подъёмных и транспортировочных механизмов; поднятие высоты рабочих поверхностей над уровнем пола; изменение режимов труда и отдыха; увеличение состава рабочих бригад.

Заключение.Основными показателями тяжести трудового процесса у плавильщиков изучаемого производства являются суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены; статическая нагрузка за смену с участием мышц корпуса и ног; рабочая поза «Стоя»; вынужденные наклоны корпуса и перемещение по горизонтали. Труд рабочих в профессии «плавильщик» характеризуется как физически тяжёлый и оценён вредным классом 2-3 степени, что соответствует среднему-высокому уровню априорного риска здоровью. У рабочих-плавильщиков можно прогнозировать развитие профессиональной и профессионально обусловленной патологии со стороны опорно-двигательного аппарата.

Подобные условия труда требуют разработки комплекса организационных, технологических и медико-профилактических мероприятий, направленных на снижение уровня профессионального риска нарушений здоровью работников.

Вклад авторов:

Концепция и дизайн исследования – Федорук А.А., Кудряшов И.Н.

Сбор и обработка материала – Кудряшов И.Н., Мартин С.В., Беломестнова О.В., Иващенко М.А.

Анализ данных – Кудряшов И.Н., Мартин С.В., Другова О.Г.

Написание текста и оформление статьи – Федорук А.А., Кудряшов И.Н.

Редактирование – Федорук А.А., Другова О.Г.

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Author contribution:

Concept and design of the study – Fedoruk A.A., Kudryashov I.N.

Collection and processing of material – Kudryashov I.N., Martin S.V., Belomestnova O.V., Ivashchenko M.A.

Data analysis – Fedoruk A.A., Kudryashov I.N., Martin S.V., Drugova O.G.

Writing the text and designing the article – Fedoruk A.A., Kudryashov I.N.

Editing – Fedoruk A.A., Drugova O.G.

All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Список литературы:

1. Кузьмин С.В. Итоги и перспективы деятельности Екатеринбургского медицинского научного Центра профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий Роспотребнадзора (к 80-летию со дня организации). Здоровье населения и среда обитания. 2010; 1(202): 4-12.

2. Рослый О.Ф., Рослая Н.А., Слышкина Т.В., Федорук А.А. Медицина труда при производстве и обработке сплавов цветных металлов: монография. – Екатеринбург: 2012. 223 с.

3. Рослый О.Ф., Герасименко Т.И., Тартаковская Л.Я. Жовтяк Е.П., Федорук А.А. Медицина труда в производстве алюминиевых и медных сплавов. Медицина труда и промышленная экология. 2000; 3: 13-17.

4. Бакиров А.Б., Такаев Р.М., Кондрова Н.С., Шайхлисламова Э.Р. Факторы рабочей среды и трудового процесса на предприятиях цветной металлургии Республики

Башкортостан и профессиональное здоровье работников. Медицина труда и промышленная экология. 2011; 7: 4-10.

5. Липатов Г.Я., Адриановский В.И., Гилева Ю.М., Самылкин А.А. Физиолого-гигиеническая характеристика трудовых процессов рабочих, занятых в обогащении медьсодержащего сырья. Здоровье населения и среда обитания. 2013; 9 (246): 15-16.

6. Мишина Е.А. Оценка условий труда и здоровья рабочих, занятых производством черновой меди. Медицина труда и промышленная экология. 2015; 9: 98-99.

7. Рослый О.Ф., Федорук А.А., Рузаков В.О. [и др.] Медицина труда при производстве и обработке сплавов на основе меди. Медицина труда и промышленная экология. 2016; 10: 9-13.

8. Лазаренков А.М. Исследование условий труда работающих в цехах цветного литья. Литье и металлургия. 2020; 1: 122-124.

9. Шур П.З., Редько С.В., Фадеев А.Г., Горяев Д.В., Фокин В.А. Оценка условий труда и состояния здоровья работников предприятий цветной металлургии. Медицина труда и промышленная экология. 2023;63(8):537-544.

10. Черникова Е.Ф., Потапова И.А., Скворцова В.А. [и др.] Оценка факторов профессионального риска на металлургическом предприятии Нижегородской области. Медицина труда и экология человека. 2023; 3 (35): 99-117.

11. Чудинин Н.В., Кирюшин В.А. Приоритетные вопросы гигиены труда на предприятиях вторичного свинца. Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2013; Т. 21, №3: 92-97.

12. Апрелева Н.Н., Сетко Н.П. Гигиеническая характеристика условий труда и их влияние на функциональное состояние центральной нервной системы рабочих основных профессий вторичной обработки цветных металлов. Здоровье населения и среда обитания. 2015; 2 (263): 12-14.

13. Состояние условий труда работников организаций Российской Федерации по отдельным видам экономической деятельности. – Федеральная служба государственной статистики: [сайт]. - URL: https://rosstat.gov.ru/folder/11110/document/13264 (дата обращения 02.02.2026)

14. Минакова И.В., Ермолаев Д.В., Панова А.И., Тубольцева А.С. Автоматизация производства в современной экономике и её влияние на рынок труда. Регион: системы, экономика, управление. 2024; 1 (64): 93-100.

15. Валеева Э.Т., Шайхлисламова Э.Р., Бакиров А.Б., Газизова Н.Р., Сагадиева Р.Ф., Маликова А.И. Недостатки санитарно-гигиенических характеристик условий труда, затрудняющие проведение экспертизы связи заболевания с профессией. Гигиена и санитария. 2021; 100(11): 1256-1260. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1256-1260

16. Газимова В.Г. Научное обоснование организации медико-профилактических мероприятий для работающих в ведущих отраслях промышленности на региональном уровне. Автореферат дис. на соискание учёной степени доктора медицинских наук. Екатеринбург. 2025: 47 с.

17. Герегей А.М., Шитова Е.С., Богомолов А.В. Универсальная технология физиологогигиенического нормирования тяжести трудового. Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Взаимодействие науки и практики. Опыт и перспективы». Екатеринбург. 2022: 35-37.

18. Федорук А.А. Вопросы гигиены труда в производстве свинца из вторичного сырья. Автореферат дис. на соискание учёной степени кандидата медицинских наук. Санкт-Петерб. мед. акад. последипломного образования. СПб. 2001: 27 с.

19. Кудряшов И.Н. Вопросы гигиены труда при получении вторичного свинца. Материалы 65-й всероссийской научно-практической конференции молодых учёных и студентов с международным участием «Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения». Екатеринбург. 2010: 226-228.

20. Мишина Е.А., Федорук А.А. Физиологическая и эргономическая оценка показателей тяжести трудового процесса у рабочих основных профессий свинцового производства. Медицина труда и экология человека. 2018; 4 (16): 36-43.

21. Ghaffari M., Alipour A., Jensen I.B., Farshad A.A., Vingard E. Low back pain among Iranian industrial workers. Occup Med (Lond). 2006; 56(7): 455-60. DOI: 10.1093/occmed/kql062

22. Ngo B.P., Yazdani A., Carlan N., Wells R. Lifting height as the dominant risk factor for low-back pain and loading during manual materials handling: A scoping review. IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors. 2017; 5(3-4): 158-71.

23. Hulshof CTJ, Pega F, Neupane S, van der Molen HF, Colosio C, Daams JG, et al. The prevalence of occupational exposure to ergonomic risk factors: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. Environ Int. 2021;146:106157. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106157

24. Jin X., Dong Y., Wang F., Jiang P., Zhang Z., He L., Forsman M., Yang L. Prevalence and associated factors of lower extremity musculoskeletal disorders among manufacturing workers: a cross-sectional study in China. BMJ Open. 2022;12(2):e054969. DOI: 10.1136/bmjopen-2021-054969

25. Матюхин В.В., Елизарова В.В., Шардакова Э.Ф., Ямпольская Е.Г. Факторы риска в развитии функциональных нарушений у работников физического труда. Медицина труда и промышленная экология. 2009; 6: 1-5.

26. Широков В.А., Потатурко А.В., Терехов Н.Л., Солодушкин С.И. Влияние профессиональных факторов риска на развитие нижнепоясничного болевого синдрома у рабочих промышленных предприятий. Гигиена и санитария. 2020;99(1):80-84. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-1-80-84

27. Широков В.А., Терехов Н.Л., Потатурко А.В. Роль физического перенапряжения и гиподинамии в развитии боли в нижней части спины. Гигиена и санитария. 2023;102(12):1309-1314. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-12-1309-1314

References:

1. Kuzmin S.V. Resumes and perspectives of activity of Ekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers (to the 80-th anniversary of the Center). Public Health and Life Environment. 2010; (1(202)): 4-12. (In Russ.)

2. Roslyi O.F., Roslaya N.A, Slyshkina T.V, Fedoruk A.A. Occupational Medicine in the Production and Processing of Non-Ferrous Metal Alloys: Monograph. Yekaterinburg; 2012. 223 p. (In Russ.)

3. Roslyi O.F., Gerasimenko T.I., Tartakovskaya L.Ya., Zhovtyak E.P., Fedoruk A.A. Occupational medicine in the production of aluminum and copper alloys. Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology. 2000; (3): 13-17. (In Russ).

4. Bakirov A.B., Takayev R.M., Kondrova N.S., Shaykhlislamova E.R. Factors of working environment and process on nonferrous metallurgy enterprises in Bashkortostan Republic and workers' occupational health. Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology. 2011; (7): 4-10. (In Russ).

5. Lipatov G.Y., Adrianovsky V.I., Gileva Y.M., Samylkin A.A. Physiological-hygienic characteristics of work process in the enrichment of copper-contained raw materials. Public Health and Life Environment. 2013;(9(246)):15-16. (In Russ.)

6. Mishina E.A. Miners of black copper production condition of work evaluation. Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology. 2015;(9):98-99. (In Russ.)

7. Roslyi O.F., Fedoruk A.A., Ruzakov V.O. et al. Industrial medicine in production and processing of alloys based on copper. Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology. 2016; (10): 9-13. (In Russ.)

8. Lazarenkov A.M. A study of working conditions in the shops of non-ferrous casting. Foundry production and metallurgy. 2020; (1): 122-124. (In Russ.) DOI: 10.21122/1683-6065-2020-1-122-124

9. Shur P.Z., Redko S.V., Fadeev A.G., Goryaev D.V., Fokin V.A. Assessment of working conditions and health conditions of employees of non-ferrous metallurgy enterprises. Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology. 2023;63(8):537-544. (In Russ.) DOI: 10.31089/1026-9428-2023-63-8-537-544

10. Chernikova Ye.F., Potapova I.A., Skvortsova V.A., Zharkova Ye.M., Moiseyeva Ye.V., Mel'nikova A.A., et al. Assessment of occupational risk factors at a Nizhny Novgorod metallurgical enterprise. Occupational Health and Human Ecology. 2023;(3):99-117. (In Russ.) DOI: 10.24412/2411-3794-2023-10308

11. Chudinin N.V., Kiryushin V.A. Priority question of occupational hygiene at the enterprises of the secondary lead. I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald. 2013; 21(3): 92-97. (In Russ.)

12. Apreleva N.N., Setko N.P. Hygienic characteristics of factors of the working environment and their impact on the functional state of the central nervous system

major workers of the enterprises of secondary nonferrous metal processing. Public Health and Life Environment. 2015;(2(263)):12-14. (In Russ.)

13. The state of working conditions in organizations of the Russian Federation by individual types of economic activity. – Federal State Statistics Service: [website]. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/11110/document/13264 (date of request 02.02.2026)

14. Minakova I.V., Ermolaev D.V., Panova A.I., Tuboltseva A.S. Automation of production in the modern economy and its impact on the labor market. RSEU. 2024; (1(64)): 93-100. (In Russ.) DOI: 10.22394/1997-4469-2024-64-1-93-100

15. Valeeva E.T., Shaikhlislamova E.R., Bakirov A.B., Gazizova N.R., Sagadieva R.F., Malikova A.I. The main disadvantages of the sanitary and hygienic characteristics of working conditions which complicate the expertise of the relation between the disease and occupation. Hygiene and Sanitation. 2021;100(11):1256-1260. (In Russ.) https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1256-1260

16. Gazimova V.G. Scientific substantiation of the organization of medical and preventive measures for employees in leading industries at the regional level. Abstract of dissertation for the degree of Doctor of Medical Sciences. Yekaterinburg. 2025: 47 p. (In Russ.)

17. Geregej A.M., Shitova E.S., Bogomolov A.V. Universal technology of physiological and hygienic regulation of labor intensity. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Interaction of Science and Practice. Experience and Prospects". Yekaterinburg. 2022: 35-37. (In Russ.)

18. Fedoruk A.A. Occupational Health Issues in the Production of Lead from Recycled Materials. Abstract of the Candidate of Medical Sciences Thesis. St. Petersburg Medical Academy of Postgraduate Education. St. Petersburg; 2001. 27 p. (In Russ.)

19. Kudryashov I.N. Questions occupational hygiene in obtaining of Secondary Lead. Proceedings of the 65th All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students with International Participation "Current Issues in Modern Medical Science and Healthcare". Yekaterinburg. 2010: 226-228.

20. Mishina E.A., Fedoruk A.A Physiological and ergonomic assessment of labour severity for relevant occupations in lead industry. Occupational Medicine and Human Ecology. 2018;(4(16)): 36-43. (In Russ.)

21. Ghaffari M., Alipour A., Jensen I.B., Farshad A.A., Vingard E. Low back pain among Iranian industrial workers. Occup Med (Lond). 2006; 56(7): 455-60. DOI: 10.1093/occmed/kql062

22. Ngo B.P., Yazdani A., Carlan N., Wells R. Lifting height as the dominant risk factor for low-back pain and loading during manual materials handling: A scoping review. IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors. 2017; 5(3-4): 158-71.

23. Hulshof CTJ, Pega F, Neupane S, van der Molen HF, Colosio C, Daams JG, et al. The prevalence of occupational exposure to ergonomic risk factors: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. Environ Int. 2021;146:106157. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106157

24. Jin X., Dong Y., Wang F., Jiang P., Zhang Z., He L., Forsman M., Yang L. Prevalence and associated factors of lower extremity musculoskeletal disorders among manufacturing workers: a cross-sectional study in China. BMJ Open. 2022;12(2):e054969. DOI: 10.1136/bmjopen-2021-054969

25. Matiukhin V.V., Elizarova V.V., Shardakova E.F., Yampolskaya E.G. Risk factors of functional disorders in mental workers. Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology. 2009; (6): 1-5. (In Russ.)

26. Shirokov V.A., Potaturko A.V., Terekhov N.L., Solodushkin S.I. The impact of occupational risk factors on the development of lower back pain in industrial workers. Hygiene and Sanitation. 2020;99(1):80-84. (In Russ.) https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-1-80-84

27. Shirokov V.A., Terekhov N.L., Potaturko A.V. The role of physical overstrain and hypodynamia in the development of the low back pain. Hygiene and Sanitation. 2023;102(12):1309-1314. (In Russ.) https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-12-1309-1314.

Сведения об авторах:

Федорук Анна Алексеевна; Fedoruk A.A. – канд. мед. наук, учёный секретарь, ведущий научный сотрудник отдела медицины труда ФБУН «Екатеринбургский медицинский - научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий», E-mail: annaf@ymrc.ru; ORCID: 0000-0002-6354-0827

Кудряшов Иван Николаевич; Kudryashov I.N. – научный сотрудник отдела

медицины труда ФБУН «Екатеринбургский медицинский - научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий», E-mail: kudryashov@ymrc.ru; ORCID: 0000-0001-7051-5657

Другова Ольга Геннадьевна; Drugova O.G. – канд. биол. наук, старший научный сотрудник отдела медицины труда ФБУН «Екатеринбургский медицинский - научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий», E-mail: drugovao@ymrc.ru; ORCID: 0000-0001-5491-3209

Мартин Сергей Викторович; Martin S.V. – заведующий отделом медицины труда ФБУН «Екатеринбургский медицинский - научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий», E-mail: martin@ymrc.ru; ORCID: 0000-0001-5863-2164

Беломестнова Ольга Владимировна; Belomestnova O.V. – младший научный сотрудник отдела медицины труда ФБУН «Екатеринбургский медицинский - научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий», E-mail: belomestnova@ymrc.ru; ORCID: 0000-0001-7886-4392

Иващенко Максим Андреевич; Ivachenko M.A. – заведующий информационно-аналитическим отделом ФБУН «Екатеринбургский медицинский - научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий», E-mail: ivachenko@ymrc.ru; ORCID: 0000-0003-1253-3202

Author Information:

Anna A. Fedoruk, Candidate of Medical Sciences, Scientific Secretary, Leading Researcher, Department of Occupational Medicine, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers,
E-mail: annaf@ymrc.ru; ORCID: 0000-0002-6354-0827

Ivan N. Kudryashov, Researcher, Department of Occupational Medicine, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers,
E-mail: kudryashov@ymrc.ru; ORCID: 0000-0001-7051-5657

Olga G. Drugova, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Department of Occupational Medicine, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers,
E-mail: drugovao@ymrc.ru; ORCID: 0000-0001-5491-3209

Sergey V. Martin, Head of the Department of Occupational Medicine, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers,
E-mail: martin@ymrc.ru; ORCID: 0000-0001-5863-2164
Olga V. Belomestnova, Junior Researcher, Department of Occupational Medicine, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers,

E-mail: belomestnova@ymrc.ru; ORCID: 0000-0001-7886-4392

Maxim A. Ivashchenko, Head of the Information Analysis Department, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers,
E-mail: ivachenko@ymrc.ru; ORCID: 0000-0003-1253-3202

Поступила/Received: 16.02.2026

Принята в печать/Accepted: 26.02.2026

УДК 613.6:622:331.443

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ ПО ПОЛУЧЕНИЮ МЕДНОГО И ЦИНКОВОГО КОНЦЕНТРАТОВ

Бейгул Н.А.[1,2], Мулдашева Н.А.[1], Каримова Л.К.[1], Бадикова А.Д.[2], Маврина Л.Н.[1], Гимранова Г.Г.[1], Зайдуллин И.И.[1]

[1]ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

[2]ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия

В статье представлены результаты изучения условий труда работников обогатительной фабрики по получению медного и цинкового концентратов и обоснован комплекс мер по снижению профессиональных рисков.

Цель исследования - изучение условий труда работников обогатительной фабрики по получению медного и цинкового концентратов и разработка профилактических мероприятий, направленных на снижение уровней воздействия вредных производственных факторов.

Материалы и методы. Изучены условия труда работников обогатительной фабрики по получению медного и цинкового концентратов.

Результаты. Установлены приоритетные вредные производственные факторы на рабочих местах работников, занятых на различных этапах технологического процесса, соответствующие классам 3.1 – 3.3. Ранжирование профессий по категориям риска показало, что наибольший априорный риск имеют дробильщики.

Заключение. Разработан комплекс мер по снижению профессионального риска, включающие мероприятия по обеспечению безопасных условий труда и медико-профилактические мероприятия.

Ключевые слова: работники, обогатительная фабрика, горнодобывающее предприятие, условия труда, производственные факторы

Соблюдение этических стандартов. Проведение настоящего исследования не требовало одобрения этического комитета, поскольку работа не связана с использованием человека или животных в качестве объектов исследования.

Использование инструментов искусственного интеллекта. Авторы заявляют, что при подготовке настоящей рукописи системы искусственного интеллекта не применялись.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Бейгул Н.А., Мулдашева Н.А., Каримова Л.К., Бадикова А.Д., Маврина Л.Н., Гимранова Г.Г., Зайдуллин И.И. Гигиеническая оценка условий труда работников обогатительной фабрики по получению медного и цинкового концентратов. Медицина труда и экология человека. 2026; 1 : 126 -149 .

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10107

Для корреспонденции: Бейгул Наталья Александровна, e-mail: omt_ufnii@mail.ru

HYGIENIC ASSESSMENT OF THE WORKING CONDITIONS OF PROCESSING WORKERS PRODUCING COPPER AND ZINC CONCENTRATES

Beigul N.A.[1,2], Muldasheva N.A.[1], Karimova L.K.[1], Badykova A.D.[2], Mavrina L.N.[1], Gimranova G.G.[1], Zaidullin I.I.[1]

[1]Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

[2]Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

The article presents the results of a study of the working conditions of workers at a copper and zinc concentrate processing plant and substantiates a set of measures to reduce occupational risks

The purpose of the study is to study the working conditions of processing workers producing copper and zinc concentrates and to develop preventive measures aimed at reducing the levels of exposure to harmful occupational factors.

Materials and methods. The working conditions of processing workers producing copper and zinc concentrates have been studied.

Results. Priority harmful occupational factors have been identified in the workplaces of workers at various stages of the technological process, corresponding to Classes 3.1 – 3.3. Ranking professions by risk categories has shown that crushers have the greatest priori risk.

Conclusion. A set of measures has been developed to reduce occupational risk, including measures to ensure safe working conditions and medical and preventive measures.

Keywords: workers, processing plant, mining enterprise, working conditions, occupational factors

Compliance with ethical standards: This study did not require approval by the Ethics Committee, as it did not involve humans or animals as research subjects.

Declaration of AI use. The authors declare that no artificial intelligence tools were used in the preparation of this manuscript.

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

Funding: The study did not have sponsorship.

For citation: Beigul N.A., Muldasheva N.A., Karimova L.K., Badykova A.D., Mavrina L.N., Gimranova G.G., Zaidullin I.I. Hygienic assessment of the working conditions of processing workers producing copper and zinc concentrates. Occupational health and human ecology. 2026; 1 : 126 - 149.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10107

For correspondence: Natalya A. Beigul, e-mail: omt_ufnii@mail.ru

В последние десятилетия в стране наблюдается положительная динамика в решении вопросов, связанных с освоением новых месторождений рудных полезных ископаемых, модернизацией, внедрением современных технологий и оборудования на предприятиях горнодобывающей отрасли, что сказывается на росте мощностей производств и, как следствие, увеличении объемов добываемого сырья, выпускаемой продукции и создании дополнительных рабочих мест. Несмотря на это, продолжают функционировать предприятия, использующие устаревшие горные оборудование и технику, что оказывает влияние на уровни травматизма и профессиональной заболеваемости в целом по отрасли [1-8].

Изменения в состоянии здоровья работников горнодобывающих предприятий могут быть непосредственно связаны с фактическими условиями труда, эффективностью реализуемых мер по устранению/минимизации негативного влияния вредных производственных факторов и мер профилактики по сохранению и укреплению здоровья работающих [3, 9-16].

Одним из основных подразделений горно-обогатительного предприятия является обогатительная фабрика, осуществляющая обогащение рудного сырья с целью получения товарного концентрата.

В доступной литературе в единичных работах представлены данные об условиях труда работников, занятых обогащением полиметаллических руд [17-19].

Условия труда на рабочих местах этого подразделения характеризуются наличием комплекса вредных производственных факторов, включающих шум, вибрацию, неблагоприятный микроклимат, вредные химические вещества и аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД), тяжесть труда, интенсивность и характер воздействия которых непосредственно зависят от технологического этапа обогащения, а также вида и элементного состава перерабатыаемого рудного сырья [20-23].

В структуре профессиональных заболеваний у работников обогатительных фабрик преобладает пылевая патология легких и нейросенсорная тугоухость, преимущественно, у машинистов мельниц, машинистов конвейера и слесарей-ремонтников при стаже работы от 23 до 32 лет [17, 22, 23].

Целью исследования явилось изучение условий труда работников обогатительной фабрики по получению медного и цинкового концентратов и разработка профилактических мероприятий, направленных на снижение уровней воздействия вредных производственных факторов.

Материалы и методы. Гигиенические исследования проведены на одном из крупных предприятий по добыче медно-цинковых руд, расположенном в Башкирском Зауралье, имеющего в своей структуре обогатительную фабрику по получению медного и цинкового концентратов.

Проведена оценка условий труда работников на основе материалов производственного контроля (ПК), специальной оценки условий труда (СОУТ),

собственных исследований по оценке тяжести и напряженности труда с выделением приоритетных факторов рабочей среды.

Проанализировано 122 протокола исследований и измерений, выполненных в соответствии с действующими нормативными актами. На основании собранных данных был определен класс (подкласс) вредности по химическим и физическим факторам, тяжести и напряженности труда, а также установлена общая оценка условий труда работников изучаемых производств в соответствии с Руководством Р 2.2.2006-05[6].

Статистическая обработка и анализ полученных результатов производственного контроля и специальной оценки условий труда проводились методами описательной статистики с использованием пакета прикладных программ Microsoft Office Excel. Для количественных гигиенических показателей (эквивалентные уровни звука и виброускорения, концентрации вредных химических веществ и аэрозолей преимущественно фиброгенного действия, параметры микроклимата) определялись диапазоны варьирования (минимальные и максимальные значения), а также рассчитывались средние арифметические величины.

Оценка фактических уровней факторов производственной среды осуществлялась путем их сопоставления с действующими санитарно-гигиеническими нормативами (ПДК и ПДУ) для установления итогового класса условий труда в соответствии с критериями Руководства Р 2.2.2006-05.

Ранжирование профессий и категорирование уровней априорного профессионального риска выполнялось на основе установленных классов вредности согласно методическим подходам Руководства Р 2.2.3969-23[7].

Результаты. При проведении гигиенической оценки условий труда работников обогатительной фабрики по получению медного и цинкового концентратов подробно изучен технологический регламент обогащения руды, согласно которому добываемая руда цветных металлов, содержащая в себе пустую породу и ценные минералы, поступает на обогатительную фабрику для дробления, измельчения и обогащения.

[6] Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда

[7] Руководство Р 2.2.3969-23 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки»

Функционирование определенного технологического этапа обогащения медно-цинковых руд сопряжено с наличием на рабочих местах тех или иных вредных производственных факторов и их комбинаций, интенсивность которых зависит от мощности используемого оборудования, вида выполняемых работ, элементного состава сырья, реагентов, степени автоматизации и механизации производственной стадии и т.д.

На сегодняшний день обогащение медно-цинковой руды на горнодобывающем предприятии осуществляется посредством различных видов оборудования, обслуживанием которого заняты работники многочисленных профессиональных групп, в которые входят дробильщик, машинист мельниц, флотатор, фильтровальщик, сушильщик, аппаратчик сгустителей, машинист конвейера, растворщик реагентов. На основании проведенного исследования установлено, что их рабочие места характеризовались вредными условиями труда по сочетанию производственных факторов (шум, вибрация, АПФД, микроклимат, тяжесть трудового процесса).

Степень выраженности и вариабельность вышеперечисленных факторов рабочей среды на конкретных рабочих местах зависят от стадий технологического процесса, применяемого оборудования, мер по пылеподавлению и вентилированию производственных помещений и т.д. (Таблица 1).

Таблица 1. Производственные факторы риска, их фактические уровни и оценка условий труда работников отдельных профессиональных групп обогатительной фабрики

Table 1. Occupational risk factors, their actual levels and assessment of working conditions of workers of certain professional groups at the enrichment plant

Наименование фактора	Рабочее место (отделение, профессия)			
	Дробильное отделение: дробильщик, машинист конвейера	Главный корпус: машинист мельниц, флотатор, аппаратчик сгустителей	Отделение приготовления реагентов: растворщик реагентов, машинист мельниц (известь)	Фильтровально-сушильное отделение: фильтровальщик, сушильщик

1	2	3	4	5
Физические:				
Шум: Превышение норматива, дБА Класс условий труда	 3-16 3.2-3.3	 2-8 3.1-3.2	 2-7 3.1-3.2	 7-8 3.2
Вибрация общая: Превышение норматива, дБ Класс условий труда	 1-2 (дробильщик) 2-3.1	 нет 2	 нет 2	 нет 2
Микроклимат (ТНС-индекс): Превышение норматива, ^{0}С Класс условий труда	 нет 2	 нет 2	 нет 2	 0,2-0,4 (сушильщик) 2-3.1
АПФД:				
Кремний диоксид (кристаллический) с массовой долей в пыли медносульфидных руд от 2 до 10% Превышение норматива, раз Класс условий труда	 1,5-2,8 3.1	 2.1 (машинист мельниц) 2-3.1	 нет 2	 нет 2
Химический:				

1	2	3	4	5
Кальций оксид+ (известь негашеная) Кальций дигидроксид+ (известь гашеная) Углерод дисульфид *о*-Бутилдитиокарбонат калия (калий *о*-бутилксантогенат) Бутанол Превышение норматива, раз	отсутствует фактор	нет	2,1 машинист мельниц (известь негашеная)	отсутствует фактор
Класс условий труда	–	2	2-3.1	-
Факторы трудового процесса:				
Тяжесть труда: Превышение норматива по показателям	нет	нет	перемещение вручную груза массой 25-30 кг (растворщик реагентов)	нет
Класс условий труда	2	2	2-3.1	2
Напряженность труда: Превышение норматива по показателям (класс) Режим работы	работа в	работа в ночную	работа в ночную	работа в

1	2	3	4	5
	ночную смену 3.1	смену 3.1	смену 3.1	ночную смену 3.1
Класс условий труда	2	2	2	2
Общий класс условий труда с учетом всех факторов	3.2-3.3	3.1-3.2	3.1-3.2	3.2

Механическое разрушение кусков добытой породы начинается в отделении крупного дробления, где с помощью щековой дробилки происходит уменьшение крупных кусков до необходимого размера. После чего руда поступает посредством ленточных конвейеров в конусные дробилки для следующего уменьшения размера кусков и далее просеивается через сита грохотов. В последующем частицы руды раздавливаются и истираются с помощью шаровых мельниц и мельниц вертикального типа. Для разделения измельченных частиц руды по степени их дисперсности применяют гидроциклоны, позволяющие отделить частицы с более тонкой дисперсностью, которые смешиваются с водой и в виде пульпы перемещаются на стадию флотации в главный корпус обогатительной фабрики.

На технологических стадиях дробления, просеивания и истирания задействованы дробильщик, машинист мельниц и машинист конвейера, обеспечивающие непрерывную работу оборудования, являющегося источником производственного шума, вибрации, рудничной пыли.

Установлено, что наиболее интенсивный шум генерируется дробилками различного типа на этапе дробления добытой руды, превышающий предельно допустимый уровень (ПДУ) на 27 дБА. На рабочем месте дробильщика при работе грохотов уровень звука достигал 105 дБА, на площадках обслуживания оборудования – более 90 дБА. Эквивалентный уровень звука на рабочем месте дробильщика составлял 96 дБА. При измельчении и истирании частиц руды мельницы производят шум в диапазоне значений 92-96 дБА, негативно воздействующий на машиниста мельниц. В зоне обслуживания ленточного конвейера машинист конвейера испытывает воздействие шума интенсивностью

84-88 дБА. С учетом времени воздействия шума на работников данных профессиональных групп эквивалентный уровень звука превышал нормируемые значения на 6 – 16 дБА, что соответствовало классам 3.2 для машиниста мельниц и машиниста конвейера и 3.3 – дробильщика.

В рабочей зоне дробильщика установлен повышенный уровень общей вибрации, создаваемой дробилками, на 1 – 2 дБ (класс 3.1). На остальных рабочих местах уровни виброускорения соответствовали гигиеническим нормам.

Показатели микроклиматических условий неотапливаемых производственных помещений в дробильном отделении зависели от времени года и наружной температуры воздуха. В дни характеризующиеся высокой и низкой температурами наружного воздуха показатели микроклимата не соответствовали ПДУ.

Кроме того установлено, что оборудование для дробления, просеивания и истирания рудного сырья является основным источником пылевыделения, представленного в воздушной среде в виде аэрозоля диоксида кремния с массовой концентрацией его в пыли медносульфидной руды 5,9-11,1% при соответствующей среднесменной $ПДК_{сс}$ = 4,0 мг/м^3. Уровни загрязнения воздуха рабочей зоны диоксидом кремния в рабочих зонах различны. Наибольшие содержания его зарегистрированы в дробильном отделении и помещениях истирания руды мельницами. Средние значения среднесменной концентрации диоксида кремния на рабочих местах дробильщика превышали предельно допустимую концентрацию (ПДК) в 2,8 раза, машиниста конвейера – 1,5 раза. Условия труда по АПФД на рабочих местах дробильщика и машиниста конвейера оценены 3 классом 1 степени вредности (класс 3.1).

Обогащение тонкодисперсной руды происходит в главном корпусе обогатительной фабрики, где цинковый и медный концентраты получают путем селективной флотации с использованием флотационных реагентов, состоящих из бутилксантогената калия, извести гашеной, сульфатов меди и цинка, капролактама (спиртовой фракции), которые готовятся в отделении по приготовлению реагентов. Исходная пульпа вместе с флотационными реагентами подаются во флотационные машины. При пропускании мельчайших пузырьков воздуха через пульпу происходит прилипание к ним частиц полезных минералов, которое усиливается при введение поверхностно-активных веществ. Пузырьки воздуха с прилипшими частицами обогащаемого полезного минерала поднимаются к поверхности раздела фаз в виде пены, которую снимают

механическим путем во флотационной машине и направляют вместе с раствором сначала на сгущение, а потом фильтрацию и сушку.

На данной стадии извлечения и концентрирования полезных металлов из руды наиболее шумным оборудованием являлись насосы, генерирующие шум в пределах 84-87 дБА. На стадии сгущения концентрата при удалении воды и в отделении приготовления реагентов у насосного оборудования уровни шума составляли 92 и 85 дБА соответственно. В рабочих зонах флотатора, аппаратчика эквивалентный уровень звука незначительно превышал ПДУ (на 2 дБА). При истирании извести на рабочем месте машиниста мельниц уровень шума превышал установленный норматив на 7 дБА.

Производственный шум генерировался также при работе пресс-фильтров (до 95 дБА) и сушильных барабанов (до 94 дБА), применяемых для удаления влаги из полученного концентрата на стадиях фильтрации и сушки. С учетом времени воздействия шума эквивалентные уровни звука на рабочих местах фильтровальщика и сушильщика составляли 88 и 87 дБА соответственно.

Условия труда по акустическому фактору на рабочих местах флотатора, аппаратчика сгустителей, растворщика реагентов соответствовали третьему классу первой степени вредности (класс 3.1), машиниста мельниц (известь), фильтровальщика и сушильщика – второй степени вредности (класс 3.2). На данных рабочих местах эквивалентные корректированные уровни виброускорения соответствовали гигиеническим нормативам.

В воздушной среде на большинстве рабочих мест главного корпуса и фильтровально-сушильного отделения концентрация кремния диоксида находилась в пределах нормы (1,1 - 3,2 мг/м^3) (класс 2). В рабочей зоне машиниста мельниц при истирании руды содержание кремния диоксида превышало ПДК в 2,1 раза (класс 3.1).

В процессе обогащения добытой руды с целью увеличения содержания полезных минералов использовался ряд химических реагентов 2 - 3 классов опасности. В воздухе рабочей зоны главного корпуса и отделения приготовления реагентов идентифицированы калий *о*-бутилксантогенат, дисульфид углерода, гашеная и негашеная известь, бутиловый спирт. Результаты количественного химического анализа показали, что на большинстве рабочих мест их содержание в воздушной среде не превышало установленные для них ПДК (класс 2). Для приготовления

раствора известкового молока негашеную известь (оксид кальция) предварительно истирали с помощью шаровых мельниц, в процессе чего в рабочей зоне машиниста мельниц (известь) концентрация данного соединения превышала норму в 2,1 раза (класс 3.1).

Параметры микроклимата на большинстве рабочих мест главного корпуса соответствовали допустимому классу. В виду особенности проведения этапа сушки концентрата с использованием сушильных барабанов на рабочем месте сушильщика наблюдались повышенные значения теплового излучения, температуры и влажности воздуха. На данном рабочем месте индекс тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс) превышал установленные гигиенические нормы на 0,2 – 0,4 ^{0}С, что позволило оценить условия труда по микроклимату классом 3.1.

Исключение составило рабочее место сушильщика, на котором фиксировались повышенные значения теплового излучения, температуры и влажности воздуха, обусловленные особенностями проведения этапа сушки концентрата. На рабочем месте сушильщика при обслуживании им сушильных барабанов значения показателя ТНС-индекса превышали установленные гигиенические нормы на 0,2-0,4 ^{0}С, что позволило оценить условия труда по микроклимату на рабочем месте сушильщика как вредные первой степени (класс 3.1).

Условия труда по тяжести трудового процесса на рабочих местах обогатительной фабрики являлись допустимыми (класс 2), за исключением рабочего места растворщика реагентов, труд которого сопряжен с перемещением вручную груза массой 25-30 кг и характеризовался третьим классом первой степени вредности (класс 3.1).

Технологический процесс на обогатительной фабрике организован в три смены с работой в ночное время. Общий класс условий труда работников обогатительной фабрики с учетом всех показателей напряженности труда соответствовал допустимому классу (классу 2).

Таким образом, условия труда на рабочих местах обогатительной фабрики по получению медного и цинкового концентратов характеризовались воздействием комплекса вредных производственных факторов на работников разной интенсивности при общей оценке 3.1 - 3.3 (Таблица 2).

Таблица 2. Условия труда в различных подразделениях обогатительной фабрики

Table 2. Working conditions in various divisions of the processing plant

Вредные производственные факторы	Класс условий труда на рабочих местах			
	Дробильное отделение	Главный корпус	Отделение приготовления реагентов	Фильтровально-сушильное отделение
Химический	2	2	2-3.1	2
АПФД	3.1	2-3.1	2	2
Шум	3.2-3.3	3.1-3.2	3.1-3.2	3.2
Вибрация	3.1	2	2	2
Микроклимат	2	2	2	2-3.1
Освещенность	2	2	2	2
Тяжесть	2	2	2-3.1	2
Напряженность	2	2	2	2
Общий класс условий труда	3.2-3.3	3.1-3.2	3.1-3.2	3.2

Как видно из приведенных данных таблицы 3, наиболее вредные условия труда имеют дробильщики с классом 3.3 и высокой категорией риска ущерба здоровью. Работники остальных профессиональных групп имели менее выраженный априорный риск (классы 3.1 – 3.2) и соответственно более низкую категорию профессионального риска.

Таблица 3. Категорирование уровней профессионального риска по гигиенической оценке условий труда

Table 3. Categorization of occupational risk levels based on hygienic assessment of working conditions

Рабочее место	Класс условий труда	Профессиональный риск
Дробильщик	3.3	высокий
Машинист конвейера	3.2	средний
Машинист мельниц	3.2	средний
Флотатор	3.1	умеренный
Аппаратчик сгустителей	3.1	умеренный
Растворщик реагентов	3.1	умеренный
Машинист мельниц (известь)	3.2	средний
Фильтровальщик	3.2	средний
Сушильщик	3.2	средний

Условия труда, соответствующие классам 3.1 – 3.3, в соответствии с Руководством 2.2.2006-05 могут вызывать функциональные изменения, развитие начальных признаков заболевания или профессиональных болезней легкой и средней степени.

Обсуждение. Материалы выполненных гигиенических исследований показали, что условия труда работников обогатительной фабрики характеризовались комплексом вредных производственных факторов, включающим воздействие АПФД в сочетании с производственным шумом, вибрацией, неблагоприятным микроклиматом и физическим перенапряжением на отдельных рабочих местах.

Превышение гигиенических нормативов зарегистрировано по шуму на всех рабочих местах с максимальными его уровнями в рабочей зоне дробильщика (класс 3.3), пылевому фактору – дробильщика, машиниста мельниц (класс 3.1), общей вибрации - дробильщика (класс 3.1), химическому фактору – машинист мельниц (известь) (класс 3.1). Значение ТНС-индекса не соответствовало ПДУ в

рабочей зоне сушильщика фильтровально-сушильного отделения (класс 3.1). Физические перегрузки характерны для рабочего места растворщика приготовления реагентов (класс 3.1).

Сочетанное воздействие вредных производственных факторов на рабочих местах, каждый из которых соответствовал вредному классу 3.1 – 3.3, определило и различную категорию априорного профессионального риска для конкретной профессиональной группы от умеренного до высокого.

К профессиям с наибольшим риском ущерба здоровью по гигиеническим критериям относятся дробильщики, со средним – машинисты мельниц, машинисты конвейера, фильтровальщики, сушильщики, с умеренным – флотатор, аппаратчик сгустителей, растворщик реагентов.

Сопоставление полученных нами данных с аналогичными материалами, опубликованными в доступной литературе, показало, что неблагоприятная гигиеническая ситуация является типичной для указанных предприятий [17-19].

Отдельное внимание заслуживает, по мнению авторов, наличие на рабочих местах АПФД, концентрация которой превышает гигиенические нормативы, что может быть обусловлено недостаточной герметичностью используемого оборудования, низкой эффективностью работы вентиляционных систем [20-23]. При этом содержание кремния диоксида в рудной пыли существенно различается в зависимости от перерабатываемого минерального сырья.

Следует отметить, что отличие сырьевой базы, используемого технологического оборудования формируют у работников одной и той же профессиональной группы на различных обогатительных фабриках другие класс условий труда и категорию профессионального риска [17-23]. В связи с чем необходимо проводить мониторинг условий труда и разработку адресных мероприятий для конкретных производств и профессий.

Заключение. На основании проведенного гигиенического исследования выявлены приоритетные неблагоприятные факторы на рабочих местах, ранжированы профессии по степени профессионального риска, а также разработана программа по созданию безопасных условий труда и профилактике профессиональных заболеваний у работников обогатительной фабрики.

Комплекс мер по снижению априорного профессионального риска включает адресные мероприятия по снижению воздействия конкретных вредных производственных факторов (шум, вибрация, микроклимат, загрязнение воздуха вредными веществами), соблюдение регламентированных перерывов, обеспечение соответствующими средствами индивидуальной защиты, совершенствование системы проведения предварительных и периодических медицинских осмотров, посменной реабилитации.

Вклад авторов:

Концепция и дизайн исследования - Бейгул Н.А., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А.

Сбор и обработка материала - Бейгул Н.А., Зайдуллин И.И., Мулдашева Н.А., Маврина Л.Н.

Анализ данных - Бейгул Н.А., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Гимранова Г.Г., Бадикова А.Д.

Написание текста и оформление статьи - Бейгул Н.А., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Бадикова А.Д., Маврина Л.Н.

Редактирование - Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Бейгул Н.А.

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех ее частей.

Author contribution:

Concept and design of the study - Beigul N.A., Karimova L.K., Muldasheva N.A.,

Collection and processing of material - Beigul N.A., Zaidullin I.I., Muldasheva N.A., Mavrina L.N.

Data analysis - Beigul N.A., Karimova L.K., Muldasheva N.A., Gimranova G.G., Badikova A.D.

Writing the text and designing the article - Beigul N.A., Karimova L.K., Muldasheva N.A., Badikova A.D., Mavrina L.N.,

Editing - Karimova L.K., Muldasheva N.A., Beigul N.A.

All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Список литературы:

1. Чеботарев А.Г., Курьеров Н.Н. Гигиеническая оценка шума и вибрации, воздействующих на работников горных предприятий. Горная промышленность. 2020; 1: 148-53. DOI 10.30686/1609-9192-2020-1-148-153

2. Курьеров Н.Н., Чеботарев А.Г. Риски нарушения здоровья машинистов горных машин от шумо-вибрационного воздействия. Горная промышленность. 2022; 1: 138-43. DOI 10.30686/1609-9192-2022-1-138-143

3. Шайхлисламова Э.Р., Каримова Л.К., Валеева Э.Т., Кондрова Н.С., Галимова Р.Р. Профессиональная патология у работников предприятия по добыче и переработке медных руд Республики Башкортостан. Санитарный врач. 2016; 9: 11-5

4. Шаповал И.В., Рузаков В.О., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Бейгул Н.А., Ильина Л.А., Волгарева А.Д. Производственный травматизм на горнодобывающих предприятиях Республики Башкортостан в 2017 – 2022 годах. Безопасность и охрана труда. 2024; 1: 8–12.

5. Носатова Е.А., Семейкин А.Ю. Влияние условий труда работников горной отрасли на формирование производственного травматизма и профзаболеваний. Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2018; 1: 102-12.

6. Ердесов Н.Ж., Сраубаев Е.Н., Серик Б. Производственный травматизм и профессиональная заболеваемость в Республике Казахстан. Медицина и экология. 2020;(4):38-45.

7. Лукьянчикова Т.Л., Ямщикова Т.Н., Клецова Н.В. Компаративистский анализ производственного травматизма: Россия и мир. Экономика труда. 2018; 5(3): 647-62. doi: 10.18334/et.5.3.39334

8. Маврина Л.Н., Каримова Л.К., Бейгул Н.А., Мулдашева Н.А., Шаповал И.В., Ильина Л.А. Анализ производственного травматизма в горнодобывающей отрасли России и Республики Башкортостан. Якутский медицинский журнал. 2025; 92(4): 92-5. https:// doi.org/10.25789/YMJ.2025.92.19

9. Серебряков П.В., Федина И.Н., Рушкевич О.П. Особенности формирования злокачественных новообразований органов дыхания у работников предприятий по добыче и переработке медно-никелевых руд. Медицина труда и промышленная экология. 2018; 9: 9–15. DOI: 10.31089/1026-9428-2018-9-9-15

10. Сюрин С.А., Шилов В.В. Особенности нарушений здоровья горняков северных медно-никелевых рудников. Гигиена и санитария. 2016; 95(5): 455-9.

11. Чеботарев А.Г., Семенцова Д.Д. Комплексная оценка условий труда и состояния профессиональной заболеваемости работников горно-металлургических предприятий. Горная промышленность. 2021; 1: 114-9. DOI 10.30686/1609-9192-2021-1-114-119

12. Чеботарев А.Г., Лескина Л.М., Головкова Н.П. Условия труда и профессиональный риск нарушения здоровья рабочих рудных карьеров. Горная промышленность. 2020; 5: 115-9. DOI 10.30686/1609-9192-2020-5-115-119

13. Муллер Н.В., Младова Т.А. Оценка профессионального риска проходчика участка буровзрывных работ. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2022; 1(57): 91-5. DOI 10.46548/21vek-2022-1157-0018.

14. Чеботарев А.Г., Гибадулина И.Ю., Горячев Н.С. Загрязнение рудничной атмосферы при использовании самоходного оборудования с дизельным приводом и мероприятия по её нормализации. Горная промышленность. 2019; 2(144): 74-6. DOI 10.30686/1609-9192-2019-2-144-74-76

15. Горяев Д.В., Фадеев А.Г., Шур П.З., Фокин В.А., Зайцева Н.В. Гигиеническая оценка условий труда и профессиональной заболеваемости работников горнодобывающей промышленности в Арктической зоне Норильского промышленного района. Анализ риска здоровью. 2023; 2: 88–94. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.08

16. Прокопенко Л.В., Чеботарёв А.Г., Головкова Н.П., Лескина Л.М., Николаев С.П. Условия труда, профессиональная заболеваемость, риски нарушения здоровья машинистов горных машин на карьерах. Медицина труда и промышленная экология. 2022; 62(6): 403-11. https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-6-403-411

17. Преображенская Е.А., Сухова А.В., Зорькина Л.А., Бондарева М.В. Гигиеническая оценка условий труда и состояние здоровья работников горно-обогатительных комбинатов. Гигиена и санитария. 2016; 95(11): 1065-70. DOI: http://dx.doi. org/10.18821/0016-9900-2016-95-11-1065-1070

18. Сухова А.В., Преображенская Е.А., Ильницкая А.В., Кирьяков В.А. Состояние здоровья работников обогатительных фабрик при современных технологиях обогащения полезных ископаемых и меры профилактики. Здравоохранение Российской Федерации. 2017; 61(4): 196-201. https://doi.org/10.18821/0044-197X-2017-61-4-196-201

19. Аскарова З.Ф., Денисов Э.И. Оценка профессионального риска нарушений здоровья работников горнодобывающей промышленности. Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2009; 1(65): 9-14.

20. Чащин В.П., Аскарова З.Ф. Априорный профессиональный риск для здоровья работников горно-обогатительного предприятия. Медицина труда и промышленная экология. 2008; 9: 18-22. ISSN 1026-9428.

21. Лозовая Е.В., Каримова Л.К., Гайнуллина М.К., Маврина Л.Н., Бейгул Н.А., Салимгареева Т.М. Гигиеническая оценка условий труда работниц горно-обогатительных фабрик. Медицина труда и экология человека. 2015; (3): 114-20.

22. Боранова Н.А., Рушкевич О.П., Луценко Л.А. Профессиональное здоровье работников фабрик по обогащению железистых кварцитов и меры профилактики. Медицина труда и промышленная экология. 2009; (8): 34-7

23. Преображенская Е.А. Роль факторов производственной среды в формировании патологии ЛОР-органов у работников обогатительных фабрик. Здравоохранение Российской Федерации. 2011; (4): 73-4.

References:

1. Chebotarev A.G., Kuryerov N.N. Hygienic assessment of noise and vibration affecting mining workers. *Gornaya promyshlennost'*. 2020; 1: 148-53. DOI 10.30686/1609-9192-2020-1-148-153 (In Russ.)

2. Kuryerov N.N., Chebotarev A.G. Health risks of mining machine drivers from noise and vibration effects. *Gornaya promyshlennost'*. 2022; 1: 138-43. DOI 10.30686/1609-9192-2022-1-138-143 (In Russ.)

3. Shaykhlislamova E.R., Karimova L.K., Valeyeva E.T., Kondrova N.S., Galimova R.R. Occupational pathology in employees of the copper ore mining and processing enterprise of the Republic of Bashkortostan. *Sanitarnyy vrach.* 2016; 9: 11-5 (In Russ.)

4. Shapoval I.V., Ruzakov V.O., Karimova L.K., Muldasheva N.A., Beygul N.A., Ilina L.A., Volgareva A.D. Occupational injuries at mining enterprises of the Republic of Bashkortostan in 2017-2022. *Bezopasnost' i okhrana truda*. 2024; 1: 8–12 (In Russ.)

5. Nosatova YE.A., Semeykin A.YU. The influence of working conditions of mining workers on the formation of occupational injuries and occupational diseases. *Izvestiya TuLGU. Nauki o Zemle.* 2018; 1: 102-12 (In Russ.)

6. Erdesov N.ZH., Sraubayev YE.N., Serik B. Occupational injuries and morbidity in the Republic of Kazakhstan. *Meditsina i ekologiya*. 2020;(4):38-45 (In Russ.)

7. Luk'yanchikova T.L., Yamshchikova T.N., Kletsova N.V. Comparative analysis of occupational injuries: Russia and the world. *Ekonomika truda.* 2018; 5(3): 647-62. doi: 10.18334/et.5.3.39334 (In Russ.)

8. Mavrina L.N., Karimova L.K., Beigul N.A., Muldasheva N.A., Shapoval I.V., Ilyina L.A. Analysis of occupational injuries in the mining industry of Russia and the Republic of Bashkortostan. *Yakutskiy meditsinskiy zhurnal.* 2025; (4): 92-5. https://doi.org/10.25789/YMJ.2025.92.19 (In Russ.)

9. Serebryakov P.V., Fedina I.N., Rushkevich O.P. Features of the formation of malignant neoplasms of the respiratory organs in workers of enterprises engaged in the extraction and processing of copper-nickel ores. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2018; 9: 9–15. DOI: 10.31089/1026-9428-2018-9-9-15 (In Russ.)

10. Syurin S.A., Shilov V.V. Peculiarities of health disorders of miners of the northern copper-nickel mines. *Gigiyena i sanitariya.* 2016; 95(5): 455-9 (In Russ.)

11. Chebotarev A.G., Sementsova D.D. Comprehensive assessment of working conditions and occupational morbidity of employees of mining and metallurgical

enterprises. *Gornaya promyshlennost'*. 2021; 1: 114-9. DOI 10.30686/1609-9192-2021-1-114-119 (In Russ.)

12. Chebotarev A.G., Leskina L.M., Golovkova N.P. Working conditions and occupational health risk of ore quarry workers. *Gornaya promyshlennost'*. 2020; 5: 115-9. DOI 10.30686/1609-9192-2020-5-115-119 (In Russ.)

13. Muller N.V., Mladova T.A. Assessment of the professional risk of a drilling and blasting site contractor. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus*. 2022; 1(57): 91-5. DOI 10.46548/21vek-2022-1157-0018 (In Russ.)

14. Chebotarev A.G., Gibadulina I.YU., Goryachev N.S. Pollution of the mine atmosphere when using self-propelled equipment with diesel drive and measures to normalize it. *Gornaya promyshlennost'*. 2019; 2(144): 74-6. DOI 10.30686/1609-9192-2019-2-144-74-76 (In Russ.)

15. Goryayev D.V., Fadeyev A.G., Shur P.Z., Fokin V.A., Zaytseva N.V. Hygienic assessment of working conditions and occupational morbidity of mining industry workers in the Arctic zone of the Norilsk Industrial Region. *Analiz riska zdorov'yu*. 2023; 2: 88–94. DOI: 10.21668/health.risk/2023.2.08 (In Russ.)

16. Prokopenko L.V., Chebotarëv A.G., Golovkova N.P., Leskina L.M., Nikolayev S.P. Working conditions, occupational morbidity, health risks of mining machine operators in quarries. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2022; 62(6): 403-11. https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-6-403-411 (In Russ.)

17. Preobrazhenskaya YE.A., Sukhova A.V., Zor'kina L.A., Bondareva M.V. Hygienic assessment of working conditions and health status of mining and processing plant workers. *Gigiyena i sanitariya*. 2016; 95(11): 1065-70. DOI: http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-11-1065-1070 (In Russ.)

18. Sukhova A.V., Preobrazhenskaya YE.A., Il'nitskaya A.V., Kir'yakov V.A. Health status of enrichment plant workers with modern technologies of mineral processing and preventive measures. *Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii*. 2017; 61(4): 196-201. https://doi.org/10.18821/0044-197KH-2017-61-4-196-201 (In Russ.)

19. Askarova Z.F., Denisov E.I. Assessment of occupational health risk of mining industry workers. *Byulleten' VSNTS SO RAMN*. 2009; 1(65): 9-14 (In Russ.)

20. Chashchin V.P., Askarova Z.F. A priori occupational risk to the health of employees of a mining and processing enterprise. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2008; 9: 18-22. ISSN 1026-9428 (In Russ.)

21. Lozovaya YE.V., Karimova L.K., Gaynullina M.K., Mavrina L.N., Beygul N.A., Salimgareyeva T.M. Hygienic assessment of working conditions of female workers at mining and processing plants. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka.* 2015; (3): 114-20 (In Russ.)

22. Boranova N.A., Rushkevich O.P., Lutsenko L.A. Occupational health of workers at ferruginous quartzite processing plants and preventive measures. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2009; (8): 34-7 (In Russ.)

23. Preobrazhenskaya YE.A. The role of factors of the production environment in the formation of pathology of ENT organs in workers of processing plants. *Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii.* 2011; (4): 73-4 (In Russ.)

Информация об авторах

Бейгул Наталья Александровна – кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела комплексных проблем гигиены и экологии человека ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»; доцент кафедры физической и органической химии ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (e-mail: omt_ufnii@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8006-384X)

Мулдашева Надежда Алексеевна – научный сотрудник отдела комплексных проблем гигиены и экологии человека ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» (e-mail: muldasheva51@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3518-3519)

Каримова Лилия Казымовна – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела комплексных проблем гигиены и экологии человека ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» (e-mail: iao_karimova@rambler.ru; тел. 8 (347) 255-57-21; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4995-0854)

Бадикова Альбина Дарисовна – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», заведующий

кафедрой физической и органической химии, доктор технических наук, профессор (e-mail: badikova_albina@mail.ru, http://orcid.org/0000-0003-4696-4342)

Маврина Лиана Николаевна - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела комплексных проблем гигиены и экологии человека ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека» (e-mail: Liana-1981@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-0250-2683)

Гимранова Галина Ганиновна - доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела медицины труда ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» (e-mail: gala.gim@mail.ru, (347)255-57-21, https://orcid.org/0000-0002-8476-1223)

Зайдуллин Искандер Ильдарович – кандидат медицинских наук, заведующий отделом медицины труда ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», врач-стоматолог (e-mail: iskanderdent@yahoo.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6031-5683)

Author information

Natalya A. Beigul – Cand. Sc. (Chemistry), Associate Professor, Senior Researcher at the Department of Complex Problems of Hygiene and Human Ecology of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology; Associate Professor Ufa State Petroleum Technological University (e-mail: omt_ufnii@mail.ru; tel.: +7 (347) 255-57-21; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8006-384X)

Nadezhda A. Muldasheva – Researcher at the Department of Complex Problems of Hygiene and Human Ecology of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology (e-mail: muldasheva51@gmail.com; tel: +7 (347) 255-57-21; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3518-3519)

Liliya K. Karimova - Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher at the Department of Complex Problems of Hygiene and Human Ecology of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology (e-mail: iao_karimova@rambler.ru; tel.: +7 (347)255-57-21; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4995-0854)

Albina D. Badikova - Ufa State Petroleum Technological University, Head of Department, Doctor of Technical Sciences, Professor (e-mail: badikova_albina@mail.ru, http://orcid.org/0000-0003-4696-4342)

Liana N. Mavrina – Cand. Sc. (Biology), Senior Researcher Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology (e-mail: Liana-1981@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-0250-2683)

Galina G. Gimranova – Doct. Sc. (Medicine), Chief Researcher at the Department of Occupational Health of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology (e-mail: gala.gim@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8476-1223)

Iskander I. Zaidullin – Cand. Sc. (Medicine), Head of the Department of Occupational Health of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology dentist (e-mail: iskanderdent@yahoo.com, https://orcid.org/0000-0002-6031-5683)

Поступила/Received: 20.02.2026

Принята в печать/Accepted: 25.02.2026

УДК 159.944.4:622.3:66

ОЦЕНКА СТРЕССА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ И ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ РАБОТНИКОВ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Мулдашева Н.А.[1], Каримова Л.К.[1], Гайнуллина М.К.[1], Зайдуллин И.И.[1], Бейгул Н.А.[1,2], Рузаков В.О.[3], Хафизова А.С.[1]

[1] ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

[2] ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия

[3] ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий», Екатеринбург, Россия

Работа на опасных производственных объектах сопряжена с высоким риском развития хронического профессионального стресса, который является предиктором сердечно-сосудистых и психосоматических заболеваний.

Цель исследования - идентифицировать приоритетные производственные стресс-факторы и оценить их влияние на психоэмоциональное состояние работников горно-обогатительного комбината и химических производств.

Материалы и методы. Объектами исследования выступили 1147 работников горно-обогатительного предприятия (подземная добыча, транспортировка, обогащение) и 551 аппаратчик химических производств этилбензола-стирола и этилена-пропилена. Группы сравнения составили сотрудники IT-подразделений, условия труда которых отнесены к допустимому классу. Проведена гигиеническая оценка условий труда и скрининг психоэмоционального статуса с применением шкалы госпитальной тревоги и депрессии (HADS) и шкалы психосоциального стресса Ридера.

Результаты. Условия труда основных профессиональных групп соответствуют вредному классу 3.1–3.3. Установлено, что специфика вредных факторов определяет профиль психоэмоциональных нарушений. Для работников подземной добычи, подвергающихся комплексному воздействию шума, вибрации в условиях отсутствия естественного освещения, характерны высокие показатели депрессии (24,8%) и психосоциального стресса (40,2%). Выявлен эффект кумулятивной усталости: уровень стресса имеет тенденцию к росту у лиц со стажем более 10 лет после снижения в группе со стажем 5–10 лет. В химической отрасли, особенно на

частично автоматизированных производствах, доминирует клинически значимая тревога (37,9%), обусловленная высокой напряженностью труда, ответственностью за безопасность и сменным графиком.

Заключение. Исследование подтвердило фазность развития стресса и его зависимость от характера производства: физические факторы горнорудной отрасли индуцируют преимущественно депрессию и стресс, тогда как нервно-эмоциональная нагрузка на химических предприятиях провоцирует тревожные расстройства. Полученные данные обосновывают необходимость внедрения дифференцированных программ профилактики и регуляции стресса на рабочих местах

Ключевые слова: стресс, производственные факторы риска, психоэмоциональное состояние, работник, горно-обогатительное предприятие, химическое производство

Соблюдение этических стандартов. Проведение настоящего исследования не требовало одобрения этического комитета, поскольку работа не связана с использованием человека или животных в качестве объектов исследования.

Использование инструментов искусственного интеллекта. Авторы заявляют, что при подготовке настоящей рукописи системы искусственного интеллекта не применялись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Исследование не имело спонсорской поддержки

Для цитирования: Мулдашева Н.А., Каримова Л.К., Гайнуллина М.К., Зайдуллин И.И., Бейгул Н.А., Рузаков В.О., Хафизова А.С. Оценка стресса на рабочем месте и психоэмоционального состояния работников горно-обогатительного предприятия и химических производств. Медицина труда и экология человека. 2026;1: 150 - 172.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10108

Для корреспонденции: Мулдашева Надежда Алексеевна, научный сотрудник отдела комплексных проблем гигиены и экологии человека, ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», e-mail: muldasheva51@gmail.com.

ASSESSMENT OF WORKPLACE STRESS AND THE PSYCHO-EMOTIONAL STATE OF MINING AND CHEMICAL WORKERS

Muldasheva N.A.[1], Karimova L.K.[1], Gainullina M.K.[1], Zaidullin I.I.[1], Beigul N.A.[1,2], Ruzakov V.O.[3], Khafizova A.S.[1]

[1]Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

[2]Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

[3]Yekaterinburg Medical Research Center for Prevention and Health Protection of Industrial Workers, Yekaterinburg, Russia

Work at hazardous industrial facilities is associated with a high risk of chronic occupational stress, which serves as a predictor for cardiovascular and psychosomatic diseases.

The purpose of the study was to identify priority occupational stress factors and assess their impact on the psycho-emotional state of mining and chemical workers.

Materials and Methods. The study involved 1,147 workers of a mining and processing enterprise (underground mining, transportation, ore beneficiation) and 551 operators of chemical plants producing ethylbenzene-styrene and ethylene-propylene. Comparison groups consisted of IT department workers in permissible conditions. A hygienic assessment of working conditions was conducted, alongside a screening of psycho-emotional status using the Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS) and the Reeder stress scale.

Results. Working conditions for the main professional groups correspond to harmful Classes 3.1–3.3. It has been established that the specific nature of harmful factors determines the profile of psycho-emotional disorders. Underground miners, exposed to noise, vibration, and lack of natural light, exhibited high rates of depression (24.8%) and psychosocial stress (40.2%). A cumulative fatigue effect was revealed: stress levels rise in individuals with over 10 years of experience following a decrease in the 5–10 year group. In the chemical industry, particularly in partially automated production, clinically significant anxiety dominates (37.9%), driven by high labor intensity and safety responsibility.

Conclusion. The study confirmed the phasic development of stress and its dependence on production type: physical factors in the mining industry primarily induce depression

and stress, while neuro-emotional loads in the chemical industry provoke anxiety disorders. These data justify the need for differentiated stress prevention programs.

Keywords: stress, occupational risk factors, psycho-emotional state, worker, mining and processing enterprise, chemical production

Compliance with ethical standards: This study did not require approval by the Ethics Committee, as it did not involve humans or animals as research subjects.

Declaration of AI use. The authors declare that no artificial intelligence tools were used in the preparation of this manuscript.

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

Funding: The study did not have sponsorship.

For citation: Muldasheva N.A., Karimova L.K., Gainullina M.K., Zaidullin I.I., Beigul N.A., Ruzakov V.O., Khafizova A.S. Assessment of workplace stress and the psycho-emotional state of mining and chemical workers. Occupational health and human ecology. 2026; 1 : 150 -172.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10108

For correspondence: Nadezhda A. Muldasheva, muldasheva51@gmail.com.

Хронический стресс представляет собой одну из наиболее распространенных проблем современного общества, затрагивающую значительное число людей по всему миру. Согласно данным ВОЗ, уровень тревожности и депрессии среди населения неуклонно растет [1, 2].

По данным отечественных и зарубежных исследований более 10% трудоспособного населения находятся в условиях постоянного стресса, вызванного сочетанием профессиональных, социальных и бытовых факторов [3].

Постоянное напряжение, а в ряде случаев и перенапряжение функциональных систем организма, создают предпосылки для развития профессионального стресса [4].

Последствия стресса на рабочем месте могут проявляться в виде снижения работоспособности, а также развития психосоматических заболеваний, основой

развития которых является продолжительное влияние гормонов, участвующих в формировании стресс-реакций [5, 7, 8].

В последние десятилетия многие исследователи подчеркивают тесную связь между психоэмоциональным стрессом и сердечно-сосудистыми заболеваниями. Установлено, что стресс и стресс-индуцированные состояния, прежде всего, тревога и депрессия, являются независимыми факторами, повышающими риск неблагоприятных сердечно-сосудистых исходов в виде инфаркта миокарда, мозгового инсульта, угрожающих жизни аритмий, внезапной сердечной смерти [9, 10].

В работе, посвященной изучению хронического стресса у промышленных рабочих и опубликованной в прошлом столетии, Hall E.M. & Johnson J.V. показано, что напряженная, повторяющаяся, монотонная и шумная работа может быть вредной для здоровья [11].

Зарубежными и отечественными авторами в последние годы проведены исследования и получены новые данные о профессиональном стрессе у представителей таких профессий, как пилот, авиадиспетчер, машинист локомотивных бригад, пожарный, спасатель, военнослужащий, труд которых сопряжен с повышенной ответственностью, риском для собственной жизни и ответственностью за безопасность других лиц [12-16].

В литературе также представлены убедительные данные об интенсивном психоэмоциональном напряжении, приводящем к профессиональному стрессу и выгоранию, у медицинских работников [17-19].

Исследования, посвященные особенностям трудовой деятельности работников операторских профессий химических производств, подвергающихся воздействию специфических производственных стресс-факторов в условиях взрывопожароопасных производственных процессов, единичны [20].

Малочисленны также сведения о производственных стресс-факторах у работников, занятых подземной добычей полезных ископаемых в условиях замкнутого пространства шахт, отсутствия естественного освещения, воздействия вредных производственных факторов [21, 22].

Нахождение работников химических, горнорудных производств в условиях воздействия вредных производственных стресс-факторов вызывает перенапряжение нервной системы и риск развития хронического стресса.

Указанное обуславливает актуальность проведения исследований по изучению влияния производственных стресс-факторов на психоэмоциональное состояние работников горно-обогатительного предприятия и химических производств, относящихся к опасным производственным объектам.

Материалы и методы. Гигиеническая оценка условий труда и психофизиологическое обследование работников выполнены в рамках одномоментного поперечного исследования на базе крупного горно-обогатительного комбината и двух химических производств - этилбензола-стирола (ЭБС) и этилена-пропилена (ЭП). Для санитарно-гигиенической характеристики производственной среды проанализировано 345 протоколов инструментальных измерений вредных факторов рабочей среды. Класс условий труда по тяжести и напряженности труда устанавливался специалистами на основании хронометражных наблюдений, анализа технологических регламентов и должностных инструкций в соответствии с Руководством Р 2.2.2006-05.

В когорту обследуемых на горнорудном предприятии вошли 1147 человек, распределенных по основным профессиональным группам: подземная добыча, транспортировка и обогащение руды. Группу сравнения составили 114 работника отдела стандартизации и информационных технологий (УСАИ), условия труда которых классифицированы как допустимые. На химических производствах обследовано 551 аппаратчик, из которых 53,5% были заняты на высокоавтоматизированном производстве ЭБС, а 46,5% - на частично автоматизированном производстве ЭП. Контрольная группа сформирована из 92 сотрудников центра автоматизации, обеспечивающих программное сопровождение технологических процессов.

Скрининг психоэмоционального статуса осуществляли с применением стандартизированных опросников: Госпитальной шкалы тревоги и депрессии (HADS) для выявления субклинических и клинических форм аффективных расстройств и шкалы Л. Ридера для оценки уровня психосоциального стресса. Статистическую обработку данных проводили с использованием пакетов прикладных программ SPSS v.26.0. Количественные показатели определялись в

виде среднего значения и стандартной ошибки (M±m). Для сравнения частот выявления признаков в независимых группах применялся критерий хи-квадрат Пирсона (χ2). Оценку риска развития стресс-индуцированных состояний проводили путем расчета отношения шансов (ОШ) с 95% доверительным интервалом (95% ДИ). Различия считались статистически значимыми при уровне вероятности ошибки p<0,05.

Результаты. Гигиеническая оценка производственной среды показала, что на большинстве рабочих мест горно-обогатительного комбината и химических производств сформировались условия труда, соответствующие вредному классу (3.1–3.3), что обусловлено сочетанным воздействием комплекса неблагоприятных факторов. Для работников, занятых подземной добычей руды, приоритетными факторами риска выступали интенсивный производственный шум, общая и локальная вибрация, дискомфортный микроклимат в условиях полного отсутствия естественной инсоляции, а также воздействие аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД) и ряда химических веществ.

Специфика трудового процесса данной категории работников характеризуется высокой напряженностью, вызванной риском для собственной жизни, ответственностью за безопасность коллег и необходимостью выполнения задач в ночные смены. Условия труда работников, осуществляющих транспортировку и обогащение руды, также характеризуются многофакторным воздействием, включающим шум, вибрацию, АПФД и тяжесть труда (таблица 1).

Таблица 1. Виды основных производственных стрессоров у работников горно-обогатительного предприятия и химических производств

Table 1. Types of main occupational stressors among mining and chemical workers

Показатель	Профессиональные группы				
	Горно-обогатительное предприятие			Химическое производство	
	Подземная добыча руды	Транспортировка руды	Обогащение руды	Высокоавтоматизированное ЭБС	Частично автоматизированное ЭП
Факторы рабочей среды и трудового процесса (по данным гигиенического исследования)					
Факторы	химически	шум - 3.1 - 3.2	АПФД - 2 -	световая	химический - 3.1

рабочей среды (основные)	й - 2 - 3.1 АПФД - 2 - 3.1 шум - 3.1 - 3.2 световая среда - 3.1 микроклимат - 2 - 3.1	вибрация - 3.1	3.1 шум - 3.1 - 3.3 микроклимат (сушильщик) - 3.1 вибрация (дробильщик) - 3.1	среда - 3.1	шум - 3.1
Факторы трудового процесса	напряженность - 3.1: сенсорные и эмоциональ-ные нагрузки; монотонность; режим работы тяжесть (крепильщик) -3.1: перемещение, подъем тяжести массой до 35 кг	напряженность - 3.1: интеллектуаль-ные, сенсорные и эмоциональные нагрузки; монотонность; режим работы тяжесть - 3.1: фиксированное положение тела 35-50% смены	тяжесть (раствор-щик реагентов) - 3.1: перемеще-ние, подъем тяжести массой до 35 кг	напряжен-ность труда -3.1: сенсорные и эмоциональные нагрузки; монотон-ность; режим работы	напряженность труда – 3.1: сенсорные и эмоциональные нагрузки; монотонность; режим работы тяжесть труда - 3.1: рабочая поза вынужденная (до 25% смены)
Общий класс условий труда	вредный - 3.2	вредный - 3.2	вредный - 3.1 - 3.3	вредный - 3.1	вредный - 3.2

Результаты субъективной оценки психоэмоционального состояния показали, что наличие стресса на рабочем месте отмечали 23,9% работников горно-обогатительного предприятия, при этом 16,0% из них характеризовали уровень напряжения как выраженный. Во всех обследованных когортах выявлена высокая

распространенность дезадаптивных состояний, верифицированных по шкалам HADS и Ридера. Детальный анализ структуры психосоциального стресса (по шкале Ридера) позволил установить, что в зоне высокого риска находились около 13,0% от общего числа работников, однако распределение негативных проявлений неоднородно и достигает максимума в группе работников, занятых подземной добычей руды (таблица 2).

Таблица 2. Распространенность нарушений психоэмоционального состояния у работников горно-обогатительного предприятия по шкале HADS и Reeder, %

Table 2. Prevalence of psycho-emotional disorders among workers at a mining and processing plant according to the HADS and Reeder scale, %

Факторы риска	Профессиональная группа			
	Подземная добыча руды (n=468)	Транспортировка руды (n=335)	Обогащение руды (n=344)	Работники УСАИ (группа сравнения) (n=114)
HADS-тревога, > 7 баллов	23,7*	23,3*	14,8	11,4
HADS-депрессия, > 7 баллов	24,8*	17,9	12,8	14,9
Психосоциальный стресс (Reeder), > 1 балла	40,2	23,3	17,3	16,7
Средний уровень стресса, 1-1,99 балла	23,0	14,3	11,6	12,3
Высокий уровень стресса, 2-3 балла	17,2	9	5,7	4,4

Примечания: *- статистически значимые различия с группой работников УСАИ (критерий χ2, p <0,05)

Notes: * - statistically significant differences with the group of USAI workers (χ2 criterion, p <0.05

Результаты анализ распространенности тревожных расстройств продемонстрировали, что у работников подземной добычи факторы риска встречались более чем в 2 раза чаще по сравнению с группой сравнения ($\chi2=7,3$; $p=0,007$; ОШ = 2,3; 95% ДИ: 1,2–4,4). Аналогичная неблагоприятная тенденция прослеживалась и в группе работников, занятых транспортировкой руды, где риск формирования тревожности был сопоставим с показателями шахтеров ($\chi2=7,0$; $p=0,008$; ОШ = 2,3; 95% ДИ: 1,2–4,5). В то же время у работников, осуществляющих обогащение руды, статистически значимых различий с группой сравнения по уровню тревоги не зафиксировано.

В отношении депрессивной симптоматики (по шкале HADS-D) наиболее уязвимой группой также оказались работники подземной добычи: клинически значимые проявления (более 7 баллов) у них были зарегистрированы в 1,8 раза чаще, чем у работников УСАИ (24,8% против 14,9%; $\chi2=4,8$; $p=0,029$; ОШ = 1,8; 95% ДИ: 1,0–3,3). У работников транспортного цеха и работников обогатительной фабрики частота депрессивных состояний не имела достоверных отличий от показателей группы сравнения (17,9% и 12,8% соответственно).

Оценка психосоциального стресса по шкале Ридера выявила выраженную профессиональную детерминированность. Общий показатель стресса (более 1 балла) у работников подземной добычи определялся в 3,3 раза чаще, чем у работников УСАИ ($\chi2=22,4$; $p<0,001$; ОШ = 3,3; 95% ДИ: 2,0–5,6).

Анализ уровня стресса показал, что среднее напряжение (1,00–1,99 балла) более характерно для работников подземной добычи ($\chi^2 = 5,0$; $p = 0,025$; ОШ = 2,1; 95% ДИ: 1,1–3,9), чем у лиц группы сравнения. В группе работников по обогащению руды различия были ещё выше ($\chi^2 = 6,4$; $p = 0,011$; ОШ = 2,3; 95% ДИ: 1,2–4,3). У работников, занятых транспортировкой руды достоверных отличий с группой сравнения не выявлено.

Однако наиболее высокий уровень стресса (2–3 балла) является значимым для работников подземной добычи: частота таких состояний у них значительно превышает показатели работников УСАИ ($\chi2=13,9$; $p<0,001$; ОШ = 5,0; 95% ДИ: 2,0–12,6). Результаты многофакторного логистического анализа показали, что среды работников, занятых в основных производственных подразделениях горно-обогатительного комбината, статистически достоверно имеется риск высокого уровня профессионального стресса по сравнению с работниками УСАИ.

Распространённость нарушений психоэмоционального состояния по шкалам HADS и Reeder среди работников горно-обогатительного предприятия носила выраженный профессионально-стажевый характер. В подземных рудниках доля работников с клинически значимой тревогой более >7 баллов составляла 28,5 % у малостажированных при стаже работы ≤5 лет, снижалась до 22,1 %, в группе со стажем работы 5-10 лет и возрастала до 25,3 %, у работников со стажем более 10 лет, аналогичная динамика наблюдалась по состоянию депрессии: 30,1 %, 23,8 % и 26,4 % соответственно.

Уровень психосоциального стресса (Reeder >1 балл) имел максимальные значения у лиц со стажем работы до 5 лет (45,0 %), достигал минимума при стаже 5-10 лет (38,2 %) и вновь повышался у работников со стажем работы более 10 лет (42,1 %). У работников, занятых транспортировкой руды, распространенность психосоциального стресса была заметно ниже: уровень тревоги колебался от 20,5 до 26,7%, депрессии – от 16,2 до 20,4%, стресса от 25,1 до 30,5% с тем же стажевым «провалом» в группе лиц со стажем работы 5-10 лет. Наиболее низкая распространенность психосоциальных изменений наблюдалась у работников обогатительной фабрики: тревожные расстройства варьировали от 14,2 до 18,9%, депрессивные от 11,5 до 16,5%, психосоциальный стресс от 17,8 до 22,0%.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что группой, наиболее подверженной психоэмоциональному стрессу, являются работники всех профессиональных групп со стажем работы до 5 лет. Наибольшая нагрузка на психическую адаптацию отмечалось у работников, занятых непосредственно добычей руды. Нелинейный характер установленной зависимости уровня психоэмоционального нарушения от стажа работы (снижение при стаже 5-10 лет и тенденция к росту при стаже свыше 10 лет) может указывать на развитие хронического профессионального стресса и эффекта кумулятивной усталости у стажированных работников.

У работников в химическом производстве была выявлена высокая частота стресс-индуцированных состояний в виде тревожных расстройств и психосоциального стресса. Данные состояния были наиболее выражены у аппаратчиков производства ЭП, которые связывали свое самочувствие и эпизоды повышения артериального давления при решении сложных производственных задач.

Сравнительный анализ показал, что субклиническая и клиническая тревога (по шкале HADS) диагностируется у 37,9% работников производства ЭП, что существенно выше показателей работников производства ЭБС (24,7%) и группы сравнения (21,7%). Распространенность депрессивной симптоматики зафиксированы у 19,9% работников ЭП против 14,6% у работников ЭБС и 15,2% работников ЦА (таблица 3).

Таблица 3. Распространенность нарушений психоэмоционального состояния у работников химических производств (абс., %)

Table 3. Prevalence of psycho-emotional disorders among chemical workers (abs., %)

Показатель	Профессиональная группа		
	аппаратчики производства ЭБС (n=295)	аппаратчики производства ЭП (n=256)	работники ЦА (группа сравнения) (n=92)
HADS-тревога, > 7 баллов	24,7	37,9*	21,7
HADS-депрессия, > 7 баллов	14,6	19,9	15,2
Психосоциальный стресс (Reeder), > 1 балла	38,9	49,2*	34,7
Средний уровень стресса, 1-1,99 балла	23,7	28,9*	19,5
Высокий уровень стресса, 2-3 балла	15,2	20,3	15,2

Примечания: *- статистически значимые различия с группой работников ЦА (критерий χ^2, $p<0,05$)

Notes: * - statistically significant differences with the group of CA employees ($\chi 2$ criterion, $p<0.05$)

Наибольшая распространенность стресса по шкале Reeder выявлена среди аппаратчиков производства ЭП, где показатели были значительно выше, чем у аппаратчиков производства ЭБС и работников ЦА (Таблица 4).

Таблица 4. Средний уровень показателей нарушения психоэмоционального статуса у работников химических производств (M±m)

Table 4. Average level of indicators of psycho-emotional status disorders among workers in chemical production (M±m)

Показатель	Норма (баллы)	Профессиональная группа		
		аппаратчики производства ЭБС (n=295)	аппаратчики производства ЭП (n=256)	работники ЦА (группа сравнения) (n=92)
Средний уровень тревоги	< 8	7,6±3,0	7,9±3,6	6,1±2,5
Средний уровень депрессии	< 8	5,1±2,6	6,0±2,4	3,9±2,1
Средний уровень стресса	< 1	1,2±0,5	1,4±0,6	0,9±0,4

Полученные данные свидетельствуют, что комплекс таких вредных производственных факторов как шум, химические, тяжесть, напряженность труда, включая работу в ночные смены, характерных для аппаратчиков производства ЭП, способствуют возникновению тревоги и депрессии у лиц с высоким уровнем психосоциального стресса.

Нарушения психоэмоционального статуса у аппаратчиков производства ЭБС и работников ЦА были менее выраженными, что связано с более благоприятными условиями труда.

Сведения об основных стрессорах у работников горно-обогатительного комбината и химических производств, включающие факторы рабочей среды и трудового процесса по данным гигиенических исследований и стресс индуцированных состояний по данным тестирования были обобщены и представлены в таблице 5.

Таблица 5. Виды основных стрессоров у работников горно-обогатительного предприятия и химических производств
Table 5. Types of main stressors among mining and chemical workers

Показатель	Профессиональные группы				
	Горно-обогатительное предприятие			Химическое производство	
	Подземная добыча руды	Транспортировка руды	Обогащение руды	Высокоавтоматизированное ЭБС	Частично автоматизированное ЭП
Факторы рабочей среды и трудового процесса (по данным гигиенического исследования)					
Факторы рабочей среды (основные)	химический - 2 - 3.1 АПФД - 2 - 3.1 шум - 3.1 - 3.2 световая среда - 3.1 микроклимат - 2 - 3.1	шум - 3.1 - 3.2 вибрация - 3.1	АПФД - 2 - 3.1 шум - 3.1 - 3.3 микроклимат (сушильщик) - 3.1 вибрация (дробильщик) - 3.1	световая среда - 3.1	химический - 3.1 шум - 3.1

Факторы трудового процесса	напряженность - 3.1: сенсорные и эмоциональные нагрузки; монотонность; режим работы тяжесть (крепильщик) -3.1: перемещение, подъем тяжести массой до 35 кг	напряженность - 3.1: интеллектуальные, сенсорные и эмоциональные нагрузки; монотонность; режим работы тяжесть - 3.1: фиксированное положение тела 35-50% смены	тяжесть (растворщик реагентов) - 3.1: перемещение, подъем тяжести массой до 35 кг	напряженность труда -3.1: сенсорные и эмоциональные нагрузки; монотонность; режим работы	напряженность труда – 3.1: сенсорные и эмоциональные нагрузки; монотонность; режим работы тяжесть труда - 3.1: рабочая поза вынужденная (до 25% смены)
Общий класс условий труда	вредный - 3.2	вредный - 3.2	вредный - 3.1 - 3.3	вредный - 3.1	вредный - 3.2
Стресс индуцированные состояния (по данным тестирования)					
HADS-тревога (%)	23,7	23,3	14,8	24,7	32,8
HADS-депрессия (%)	24,8	17,9	12,8	14,6	19,9
Психосоциальный стресс (Reeder) (%)	40,2	23,3	17,3	38,9	49,2

Заключение. Проведенное комплексное исследование позволило выявить влияние вредных условий труда на развитие профессионального стресса у работников различных предприятий. Для работников горно-обогатительного предприятия, подвергающихся воздействию факторов физической природы (интенсивный шум, отсутствие инсоляции, микроклимат, АПФД), характерно преобладание депрессивных состояний и высокого уровня психосоциального стресса (по шкале Ридера), что свидетельствует о развитии процессов истощения нервной системы.

Установлено снижение уровня в группе работников со стажем работы (5–10 лет) и последующий рост этого показателя у работников со стажем более 10 лет, что указывает на срыв компенсаторных механизмов и развитие эффекта кумулятивной профессиональной усталости.

В отличие от горняков, у работников химических производств превалирует чувство тревоги, уровень которой на частично автоматизированном производстве ЭП достигает критических значений (37,9%), что может быть обусловлено высокой сенсорной нагрузкой, режимом работы в условиях ограниченного времени и потенциальной опасности создания аварийных. Полученные данные диктуют необходимость разработки дифференцированных программ: для работников горнорудной отрасли приоритетом должна стать коррекция депрессии и физическая реабилитация, а для работников химических предприятий, тренинги стрессоустойчивости и снижение тревожности.

Вклад авторов

Концепция и дизайн исследования – Мулдашева Н.А., Каримова Л.К.

Сбор и обработка материала - Мулдашева Н.А., Зайдуллин И.И., Бейгул Н.А., Хафизова А.С.

Анализ данных - Каримова Л.К., Гайнуллина М.К., Рузаков В.О., Хафизова А.С.

Написание текста и оформление статьи - Мулдашева Н.А., Каримова Л.К., Зайдуллин И.И., Бейгул Н.А.

Редактирование - Мулдашева Н.А., Каримова Л.К.

Все соавторы - утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех ее частей.

Author contribution:

Concept and design of the study - Nadezhda A. Muldasheva, Liliya K. Karimova

Collection and processing of material - Nadezhda A. Muldasheva, Iskander I. Zaidullin, Natalya A. Beigul

Data analysis - Liliya K. Karimova, Makhmuza K. Gainullina, Vadim O. Ruzakov, Alsu S. Khafizova

Writing the text and designing the article - Nadezhda A. Muldasheva, Liliya K. Karimova, Iskander I. Zaidullin, Natalya A. Beigul

Editing - Nadezhda A. Muldasheva, Liliya K. Karimova

All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Список литературы:

1. World Health Organization. Stress. Доступно по: URL: https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/stress (дата обращения - 27.11.2024).

2. Annie Weir Dr. The Psychological Stress Affecting Youth Mental Health and Wellbeing. American Journal of Biomedical Science & Research July. 2021; 7: 508-509. DOI: 10.34297/AJBSR.2021.13.001905.

3. Havranek E.P., Mujahid M.S., Barr D.A., Blair I.V., Cohen M.S., Cruz-Flores S., et al. Social determinants of risk and outcomes for cardiovascular disease: a scientific statement from the American Heart Association. Circulation. 2015; 132(9): 873–98. https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000228

4. Ullah H, Arbab S, Khan SA, Liu CQ, Fayaz M, Tian Y, Li K. Work-Related Stress, Professional Respect, and Psychological Counseling Among Nurses: A Cross-Sectional Study. J Nurs Manag. 2025 Jul 17;2025:2413658. doi: 10.1155/jonm/2413658

5. Фатхутдинова Л. М., Амирова Т. Х., Ахметов И. И., Егорова Э. С., Губанов Р. А. Хронический стресс как фактор риска производственно обусловленных поясничных болей. Мед. труда и промышленная экология. 2015; 9: 145-146.

6. Акарачкова Е.С. Хронический стресс и нарушение профессиональной адаптации. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2011; 111(5): 56-59.

7. Драпкина О.М., Шишкова В.Н., Котова М.Б. Психоэмоциональные факторы риска хронических неинфекционных заболеваний в амбулаторной практике. Методические рекомендации для терапевтов. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2022; 21(10): 3438 – с. 97-117. https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3438.

8. Mariotti A. The effects of chronic stress on health: new insights into the molecular mechanisms of brain-body communication. Future Sci OA. 2015 Nov 1;1(3):FSO23. doi: 10.4155/fso.15.21

9. Эбзеева Е.Ю., Остроумова О.Д., Миронова Е.В., Долдо Н.М. Психологический стресс и заболевания сердечно-сосудистой системы. Клинический случай. Медицинский совет. 2022; 16(23): 110-116. https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-23-110-116.

10. Акимов А. М., Новосёлов А. В., Лебедев Е. В., Каюмова М. М. Некоторые факторы хронического социального стресса, сопутствующие развитию сердечно-сосудистых заболеваний. Международный журнал сердца и сосудистых заболеваний. 2023; 11(37): 45-53. doi: 10.24412/2311-1623-2023-37-45-53.

11. E M Hall, J V Johnson. A case study of stress and mass psychogenic illness in industrial workers. J Occup Med. 1989; 31(3): 243-250. DOI: 10.1097/00043764-198903000-00010.

12. Садовникова Н.О., Помелова Т.А., Устьянцева О.М. Взаимосвязь профессионального стресса и стратегий совладания с ним у пилотов гражданской авиации. Russian Journal of Education and Psychology. 2023; 6 (14): 386-399. DOI: 10.12731/2658-4034-2023-14-6-386-399.

13. Старокожева А.Я. Оценка уровня тревожности и стресса у машинистов локомотивов как фактора риска артериальной гипертензии. Атеросклероз. 2023; 3(19): 240-241. DOI 10.52727/2078-256X-2023-19-3-240-241.

14. Сафронова О. Л. Трудовой стресс работников железнодорожного транспорта: причины возникновения и особенности развития. Всероссийский журнал научных публикаций. 2012; 2 (12): 42-46.

15. Зеленова М.Е., Захаров А.В. Выгорание и стресс в контексте профессионального здоровья военнослужащих. Социальная психология и общество. 2014; 2(5): 50–70.

16. Хадарцев А. А., Стариков Н. Е., Грачев Р. В. Профессиональный стресс у военнослужащих (обзор литературы). ВНМТ. 2020; 2: 74-82.

17. Elshaday Bekele Werke, Zewdu Shewangizaw Weret. Occupational stress and associated factors among nurses working at public hospitals of Addis Ababa, Ethiopia, 2022; A hospital based cross-sectional study. Front Public Health. 2023; 11: 1147086. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1147086.

18. Sebastian Starystach, Dominik Dauner, Stefan Bär. Testing the stress of higher status hypothesis. Variation of occupational stress among physicians and nurses at a German university hospital PLoS One. 2023; 18(4): e0284839. DOI: 10.1371/journal.pone.0284839.

19. Marco Bruschini, Antonella Carli, Franco Burla. Burnout and work-related stress in Italian rehabilitation professionals: A comparison of physiotherapists, speech therapists and occupational therapists. Work. 2018; 59(1): 121-129.DOI: 10.3233/WOR-172657.

20. Гимаева З. Ф., Бакиров А. Б., Капцов Валерий Александрович, Каримова Л. К. Основные факторы риска и распространенности сердечно-сосудистых заболеваний у работников нефтехимических производств. Гигиена и санитария. 2017; 2: 152-155. DOI: http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2017-96-2-152-155.

21. Жеглова А. В. Профессиональный риск и критерии нарушения здоровья работников горнорудной промышленности. Мед. труда и промышленная экология. 2009; 5: 14-18.

22. Tamara D Street, Sarah J Lacey, Klaire Somoray. Employee Stress, Reduced Productivity, and Interest in a Workplace Health Program: A Case Study from the Australian Mining Industry. Int J Environ Res Public Health. 2018; 16(1): 94. doi: 10.3390/ijerph16010094.

References:

1. World Health Organization. Stress. Available at: URL: https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/stress (accessed date - 11/27/2024).

2. Annie Weir Dr. The Psychological Stress Affecting Youth Mental Health and Wellbeing. American Journal of Biomedical Science & Research July. 2021; 7: 508-509. DOI: 10.34297/AJBSR.2021.13.001905.

3. Havranek E.P., Mujahid M.S., Barr D.A., Blair I.V., Cohen M.S., Cruz-Flores S., et al. Social determinants of risk and outcomes for cardiovascular disease: a scientific statement from

the American Heart Association. Circulation. 2015; 132(9): 873–98. https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000228

4. Ullah H, Arbab S, Khan SA, Liu CQ, Fayaz M, Tian Y, Li K. Work-Related Stress, Professional Respect, and Psychological Counseling Among Nurses: A Cross-Sectional Study. J Nurs Manag. 2025 Jul 17;2025:2413658. doi: 10.1155/jonm/2413658

5. Fatkhutdinova L. M., Amirova T. KH., Akhmetov I. I., Yegorova E. S., Gubanov R. A. Chronic stress as a risk factor for occupational lumbar pain. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2015; 9: 145-146. (In Russ.).

6. Akarachkova E.S. Chronic stress and impaired professional adaptation. *Zhurnal nevrologii i psikhiatrii im. S.S. Korsakova*. 2011; 111(5): 56-59. (In Russ.)

7. Drapkina O.M., Shishkova V.N., Kotova M.B. Psychoemotional risk factors for chronic noncommunicable diseases in outpatient practice. Methodological recommendations for therapists. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2022; 21(10): 3438 – p. 97-117. (In Russ.) https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3438.

8. Mariotti A. The effects of chronic stress on health: new insights into the molecular mechanisms of brain-body communication. Future Sci OA. 2015 Nov 1;1(3):FSO23. doi: 10.4155/fso.15.21

9. Ebzeyeva E.YU., Ostroumova O.D., Mironova E.V., Doldo N.M. Psychological stress and diseases of the cardiovascular system. A clinical case. *Meditsinskiy sovet*. 2022; 16(23): 110-116. (In Russ.) https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-23-110-116.

10. Akimov A. M., Novosëlov A. V., Lebedev E. V., Kayumova M. M. ome factors of chronic social stress associated with the development of cardiovascular diseases. *Mezhdunarodnyy zhurnal serdtsa i sosudistykh zabolevaniy*. 2023; 11(37): 45-53. (In Russ.) doi: 10.24412/2311-1623-2023-37-45-53.

11. E M Hall, J V Johnson. A case study of stress and mass psychogenic illness in industrial workers. J Occup Med. 1989; 31(3): 243-250. DOI: 10.1097/00043764-198903000-00010.

12. Sadovnikova N.O., Pomelova T.A., Ust'yantseva O.M. The relationship between occupational stress and coping strategies among civil aviation pilots. *Rossiiskiy zhurnal obrazovaniya i psikhologii.* 2023; 6 (14): 386-399. (In Russ.) DOI: 10.12731/2658-4034-2023-14-6-386-399.

13. Starokozheva A.YA. Assessment of anxiety and stress levels among locomotive drivers as a risk factor for hypertension. *Ateroskleroz.* 2023; 3(19): 240-241. (In Russ.) DOI 10.52727/2078-256X-2023-19-3-240-241.

14. Safronova O. L. Labor stress of railway transport workers: causes and development features. *Vserossiyskiy zhurnal nauchnykh publikatsiy*. 2012; 2 (12): 42-46. (In Russ.)

15. Zelenova M.E., Zakharov A.V. Burnout and stress in the context of professional health of military personnel. *Sotsial'naya psikhologiya i obshchestvo*. 2014; 2(5): 50–70. (In Russ.)

16. Khadartsev A. A., Starikov N. E., Grachev R. V. Occupational stress in military personnel (literature review). Professionalny stress u voennosluzhatschik (obzor literatury). VNMT. 2020; 2: 74-82. (In Russ.)

17. Elshaday Bekele Werke, Zewdu Shewangizaw Weret. Occupational stress and associated factors among nurses working at public hospitals of Addis Ababa, Ethiopia, 2022; A hospital based cross-sectional study. Front Public Health. 2023; 11: 1147086. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1147086.

18. Sebastian Starystach, Dominik Dauner, Stefan Bär. Testing the stress of higher status hypothesis. Variation of occupational stress among physicians and nurses at a German university hospital PLoS One. 2023; 18(4): e0284839. DOI: 10.1371/journal.pone.0284839.

19. Marco Bruschini, Antonella Carli, Franco Burla. Burnout and work-related stress in Italian rehabilitation professionals: A comparison of physiotherapists, speech therapists and occupational therapists. Work. 2018; 59(1): 121-129. DOI: 10.3233/WOR-172657.

20. Gimayeva Z. F., Bakirov A. B., Kaptsov Valeriy Aleksandrovich, Karimova L. K. The main risk factors and prevalence of cardiovascular diseases in workers of petrochemical industries. *Gigiyena i sanitariya*. 2017; 2: 152-155. (In Russ.) DOI: http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2017-96-2-152-155.

21. Zheglova A. V. Occupational risk and criteria for health disorders of mining industry workers. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2009; 5: 14-18. (In Russ.)

22. Tamara D Street, Sarah J Lacey, Klaire Somoray. Employee Stress, Reduced Productivity, and Interest in a Workplace Health Program: A Case Study from the Australian Mining Industry. Int J Environ Res Public Health. 2018; 16(1): 94. doi: 10.3390/ijerph16010094.

Информация об авторах

Мулдашева Надежда Алексеевна – научный сотрудник отдела комплексных проблем гигиены и экологии человека ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» (e-mail: muldasheva51@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3518-3519)

Каримова Лилия Казымовна – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела комплексных проблем гигиены и экологии человека ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» (e-mail: iao_karimova@rambler.ru; тел. 8 (347) 255-57-21; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4995-0854)

Гайнуллина Махмуза_Калимовна - доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела медицины труда ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», 450106, Уфа. ул. Ст. Кувыкина, 94, тел. (347) 255-57-21. e-mail: gainullinamk@mail.ru. https://orcid.org/0000-0001-9340-2284

Зайдуллин Искандер Ильдарович – кандидат медицинских наук, заведующий отделом медицины труда ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», врач-стоматолог (e-mail: iskanderdent@yahoo.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6031-5683)

Бейгул Наталья Александровна – кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела комплексных проблем гигиены и экологии человека ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»; доцент кафедры физической и органической химии ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (e-mail: omt_ufnii@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8006-384X)

Рузаков Вадим Олегович - кандидат медицинских наук, помощник директора, научный сотрудник ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» (8(343)253-87-54, E-mail: ruzakov@ymrc.ru, http://orcid.org/0000-0002-8902-0416)

Хафизова Алсу Спартаковна – заведующий отделением ПМО ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека» (e-mail: khafizova.71@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3428-0085)

Author information

Nadezhda A. Muldasheva – Researcher at the Department of Complex Problems of Hygiene and Human Ecology of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology (e-mail: muldasheva51@gmail.com; tel: +7 (347) 255-57-21; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3518-3519)

Liliya K. Karimova – Doct. Sc. (Medicine), Chief Researcher at the Department of Complex Problems of Hygiene and Human Ecology of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology (e-mail: iao_karimova@rambler.ru; tel.: +7 (347)255-57-21; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4995-0854)

Makhmuza K. Gainullina – Doct. Sc. (Medicine), Professor, Chief Researcher, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, 94 Kuvykina St., Ufa, 450106, tel. (347) 255-57-21. e-mail: gainullinamk@mail.ru. https://orcid.org/0000-0001-9340-2284 .

Iskander I. Zaidullin – Cand. Sc. (Medicine), Head of the Department of Occupational Health of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology dentist (e-mail: iskanderdent@yahoo.com, https://orcid.org/0000-0002-6031-5683)

Natalya A. Beigul – Cand. Sc. (Chemistry), Associate Professor, Senior Researcher at the Department of Complex Problems of Hygiene and Human Ecology of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology; Associate Professor Ufa State Petroleum Technological University (e-mail: omt_ufnii@mail.ru; tel.: +7 (347) 255-57-21; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8006-384X)

Vadim O. Ruzakov - Yekaterinburg Medical Research Center for Prevention and Health Protection of Workers of Industrial Enterprises, Assistant to the Director, Researcher, Cand. Sc. (Medicine), 620014, Russian Federation, Sverdlovsk Region Yekaterinburg, Popova St., 30, (343)253-87-54, E-mail: ruzakov@ymrc.ru, http://orcid.org/0000-0002-8902-0416

Alsu S. Khafizova - Head of Department Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology (e-mail: khafizova.71@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3428-0085)

Поступила/Received: 18.02.2026

Принята в печать/Accepted: 27.02.2026

УДК 551.521.3, 235.216.2-17

АНАЛИЗ КОНЦЕНТРАЦИИ МИКРОЧАСТИЦ И ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ГОРОДА БИШКЕК

Жусупкелдиев Ш.[1], Асанбекова Д.Д.[2], Исмаилова Г.Д.[1], Бердибекова С.К.[3], Шаршенова Х.А.[4]

[1]Кыргызский национальный университет имени Ж.Баласагына, Бишкек,Кыргызская Республика

[2] Кыргызская государственная медицинская академия имени И. К. Ахунбаева, Бишкек, Кыргызская Республика

[3] Ошский технологический университет, Ош, Кыргызская Республика

[4] Кыргызский государственный университет им. И. Арабаева, Бишкек, Кыргызская Республика

Ухудшение качества воздуха приводит к увеличению экологических рисков, повышению уровня стресса у населения, а также к потере времени и экономических ресурсов. Эти обстоятельства обусловливают необходимость систематических экспериментальных наблюдений и мониторинга в Бишкеке, а также всестороннего анализа уровня загрязнения воздуха.

Целью исследования является оценка влияния микрочастиц и парниковых газов на качество атмосферного воздуха города Бишкек в осенне-зимний период 2025 года. Объектом исследования служит приземный слой атмосферного воздуха городской территории. В работе использованы методы полевых инструментальных измерений концентраций твердых микрочастиц (PM_1, $PM_{2.5}$, PM_{10}) и парниковых газов (CO_2, CH_4) с применением портативных газоанализаторов и лазерных датчиков. Измерения проводились три раза в сутки с последующей статистической обработкой данных и расчетом средних значений. Дополнительно применялось компьютерное моделирование для анализа динамики концентрации CO_2. Результаты исследования показали устойчивое превышение нормативных значений микрочастиц в осенне-зимний период, особенно в начале отопительного сезона. Установлено, что основными факторами ухудшения качества воздуха являются выбросы автотранспорта, использование твердого топлива и неблагоприятные метеорологические условия. За период 2022–2025 гг. выявлена тенденция к постепенному росту концентрации CO_2 при относительно стабильном уровне CH_4. Точность применяемой модели прогнозирования составила 8,15%. Полученные данные подтверждают необходимость систематического мониторинга атмосферного воздуха и разработки комплексных мер по снижению антропогенных выбросов. Результаты

исследования могут быть использованы при формировании экологической политики и программ по улучшению качества городской среды.

Материалы и методы. Измерения проводились в приземном слое атмосферы с использованием портативных измерительных приборов три раза в сутки. Для определения концентраций твердых микрочастиц применялся портативный анализатор типа BR-SMART; концентрация парниковых газов измерялась с помощью цифрового газоанализатора HAL-HCO201. Применялись методы компьютерного моделирования с последующим сравнением расчетных и экспериментальных данных.

Результаты. Полученные результаты подтверждают, что основными факторами, влияющими на загрязнение воздуха, являются интенсивная эксплуатация транспортных средств, износ дорожного покрытия (асфальта) и перенос воздушных масс из соседних стран ветром. Результаты научных исследований доказывают, что основным источником загрязнения атмосферного бассейна Бишкека являются вредные химические соединения, выбрасываемые транспортными средствами.

Ключевые слова: мониторинг, Бишкек, атмосфера, парниковые газы, микрочастицы, смог, ультрафиолетовый свет, климат, загрязнение воздуха, компьютерное прогнозирование

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Жусупкелдиев Ш., Асанбекова Д.Д., Исмаилова Г.Д., Бердибекова С.К., Шаршенова Х.А. Анализ концентрации микрочастиц и парниковых газов в атмосферном воздухе города Бишкек. Медицина труда и экология человека. 2026; 1: 173 - 188.
doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026 - 10109

Для корреспонденции: Жусупкелдиев Шаршенбек, e-mail: sharshen58@mail.ru

ANALYSIS OF THE CONCENTRATION OF MICROPARTICLES AND GREENHOUSE GASES IN THE ATMOSPHERIC AIR OF BISHKEK

Zhusupkeldiev Sh.[1], Asanbekova D.D.[2], Ismailova G.D.[1], Berdibekova S.K.[3], Sharshenova H.A.[4]

[1] The Balasagyn Kyrgyz National University, Bishkek, Kyrgyz Republic

[2] The Akhunbaev Kyrgyz State Medical Academy, Bishkek, Kyrgyz Republic

[3] Osh Technological University, Osh, Kyrgyz Republic

[4] The Arabaev Kyrgyz State University, Bishkek, Kyrgyz Republic

Deteriorating air quality leads to increased environmental risks, heightened stress levels among the population, and a loss of time and economic resources. These circumstances necessitate systematic experimental observations and monitoring in Bishkek, as well as a comprehensive analysis of air pollution levels.

The purpose of the study is to assess the impact of particulate matter and greenhouse gases on the quality of atmospheric air in the city of Bishkek during the autumn–winter period of 2025. The object of the research is the near-surface urban atmospheric air layer. Field instrumental measurements of particulate matter concentrations (PM_1, $PM_{2.5}$, PM_{10}) and greenhouse gases (CO_2, CH_4) were carried out using portable gas analyzers and laser sensors. Measurements were performed three times a day followed by statistical data processing and calculation of average values. Computer modeling was additionally applied to analyze the dynamics of CO_2 concentrations. The results demonstrate a persistent exceedance of regulatory limits for particulate matter during the autumn–winter season, especially at the beginning of the heating period. The main factors contributing to air quality deterioration were identified as vehicle emissions, solid fuel combustion, and unfavorable meteorological conditions. An increasing trend in CO_2 concentrations was observed for the period 2022–2025, while CH_4 levels remained relatively stable. The predictive model showed an accuracy of 8.15%.

The findings highlight the necessity of systematic air quality monitoring and the development of integrated strategies to reduce anthropogenic emissions. The results can support environmental policy development and urban air quality improvement programs.

Materials and methods. Measurements were taken in the ground layer of the atmosphere using portable measuring instruments three times daily. A BR-SMART portable analyzer was used to determine particulate matter concentrations; greenhouse gas concentrations were measured using a HAL-HCO201 digital gas analyzer. Computer modeling methods were used with subsequent comparison of calculated and experimental data.

Results. The findings confirm that the main factors influencing air pollution are intensive vehicle use, road surface (asphalt) wear, and wind-blown air masses from neighboring

countries. Scientific research shows that the main source of pollution in Bishkek's atmosphere is harmful chemical compounds emitted by vehicles.

Keywords: monitoring, Bishkek, atmosphere, greenhouse gases, microparticles, smog, ultraviolet light, climate, air pollution, computer forecasting

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

Funding: The study did not have sponsorship.

For citation: Zhusupkeldiev Sh., Asanbekova D.D., Ismailova G.D., Berdibekova S.K., Sharshenova H.A. Analysis of the concentration of microparticles and greenhouse gases in the atmospheric air of Bishkek. Occupational Health and Human Ecology. 2026; 1:173 – 188.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10109

В последние годы в странах, граничащих с Кыргызской Республикой, наблюдается значительный рост экономической активности. Этот процесс в основном сопровождается интенсивным использованием природных ресурсов, что приводит к выбросу в атмосферу значительных объемов антропогенных выбросов. Результаты научных исследований показали, что некоторые вредные атмосферные соединения ($PM_{2.5}$, PM_{10}, CO_2 и другие аэрозольные частицы) способны сохраняться в воздухе от нескольких дней до нескольких месяцев, в результате атмосферной циркуляции, переноситься на расстояния в сотни, даже тысячи километров. С учётом закономерностей атмосферной циркуляции загрязняющие вещества, переносимые трансграничными воздушными потоками, могут в короткие сроки распространяться на территорию города Бишкек.

Кроме того, уровень загрязнения атмосферного воздуха в столице в значительной степени определяется внутренними факторами, в частности количеством, техническим состоянием и сроком эксплуатации транспортных средств. Международные и региональные научные исследования показывают, что выбросы от автомобилей, не соответствующих современным экологическим стандартам, вносят существенный вклад в ухудшение качества воздуха.

По статистике на конец 2018 года в Бишкеке было зарегистрировано около 420 тысяч автомобилей [1]. По последним данным, общее количество автомобилей в республике достигло 1,8 миллиона [2]. По оценкам экспертов, более 70% этих автомобилей сосредоточено в Бишкеке и его окрестностях. Некоторые источники

указывают, что количество зарегистрированных автомобилей в столице составляет около 1,3 миллиона [3]. Эту ситуацию также подтверждает ежедневное увеличение пробок в городе.

Город Бишкек расположен в центральной части Центральноазиатского континентального региона и окружён горными хребтами, что ограничивает обмен воздушных масс и повышает вероятность инверсионных явлений. В результате загрязняющие вещества длительное время задерживаются в городской атмосфере, оказывая негативное воздействие на здоровье населения и социально-экономическое развитие.

Ухудшение качества атмосферного воздуха сопровождается ростом экологических рисков, повышением уровня стрессовой нагрузки на население и экономическими потерями. Эти обстоятельства обусловливают необходимость систематического мониторинга и комплексного анализа уровня загрязнения воздуха. Сбор и обработка достоверных данных о состоянии атмосферного воздуха имеют важное научное и практическое значение при разработке экологической политики и программ по улучшению качества городской среды.

Целью настоящего исследования является оценка влияния микрочастиц и парниковых газов на качество атмосферного воздуха города Бишкек в осенне-зимний период. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи исследования:

провести инструментальные измерения концентраций микрочастиц (PM_1, $PM_{2.5}$, PM_{10}) в приземном слое атмосферного воздуха;

определить уровни концентраций основных парниковых газов (CO_2 и CH_4) и проанализировать их динамику;

выявить основные факторы, влияющие на ухудшение качества атмосферного воздуха в городской среде;

выполнить сравнительный анализ полученных данных с нормативными показателями и оценить тенденции изменения качества воздуха.

Материалы и методы. Исследование основано на полевых инструментальных измерениях качества атмосферного воздуха в городе Бишкек в осенне-зимний период 2025 года. Измерения проводились в приземном слое атмосферы с использованием портативных измерительных приборов[4].

Для определения концентраций твердых микрочастиц (PM_1, $PM_{2.5}$ и PM_{10}) применялся портативный анализатор типа BR-SMART, оснащенный лазерным датчиком для высокоточного разделения частиц по размеру. Концентрации

парниковых газов — диоксида углерода (CO_2) и метана (CH_4) — измерялись с помощью цифрового газоанализатора HAL-HCO201 с недисперсионным инфракрасным (NDIR) датчиком [5-8].

Измерения выполнялись три раза в сутки (утром, днем и вечером). Для повышения достоверности результатов в каждой точке проводились повторные измерения с последующим расчетом средних значений. Полученные данные подвергались статистической обработке [9,10].

Для анализа динамики концентрации CO_2 дополнительно применялись методы компьютерного моделирования с последующим сравнением расчетных и экспериментальных данных.

Результаты. Помимо парниковых газов в атмосферном воздухе присутствуют взвешенные частицы (PM), классифицируемые по размеру, воздействию на здоровье человека и времени пребывания в воздухе. В частности, частицы PM_1 имеют диаметр менее 1 мкм, а частицы $PM_{2.5}$ — менее 2,5 мкм. Благодаря малым размерам они способны проникать глубоко в дыхательные пути человека, достигая альвеол лёгких и оказывая неблагоприятное воздействие на здоровье. Время пребывания и распределение этих частиц в атмосфере зависят от источников выбросов и метеорологических условий.

Согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), частицы $PM_{2.5}$ представляют высокий риск для здоровья человека. Их концентрация контролируется в рамках систем мониторинга качества воздуха. Массовая концентрация $PM_{2.5}$ является ключевым показателем при оценке риска для здоровья человека и служит важным индикатором качества атмосферного воздуха. Согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), среднегодовой уровень частиц $PM_{2.5}$ не должен превышать 10 мкг/м³, а среднесуточный уровень — 25 мкг/м³. Предельное значение среднесуточной концентрации частиц PM_{10} составляет 50 мкг/м³ [11]. В работе представлены гистограммы изменений концентраций частиц PM_1, $PM_{2.5}$ и PM_{10} в сентябре, октябре, ноябре и декабре 2025 года, а также данные по приземному озону. Гистограммы позволяют сравнивать числовые значения в различных категориях и отслеживать динамику изменений во времени (рис. 1–4).Согласно данным, представленным на рисунках 1–3, в осенний период концентрации всех микрочастиц (PM_1, $PM_{2.5}$ и PM_{10}) превышают нормативные значения, что свидетельствует о формировании умеренного смога в атмосфере. В декабре 2025 года концентрация $PM_{2.5}$ удвоилась по сравнению с нормативным уровнем (рис. 4), что связано с началом отопительного сезона в городе.

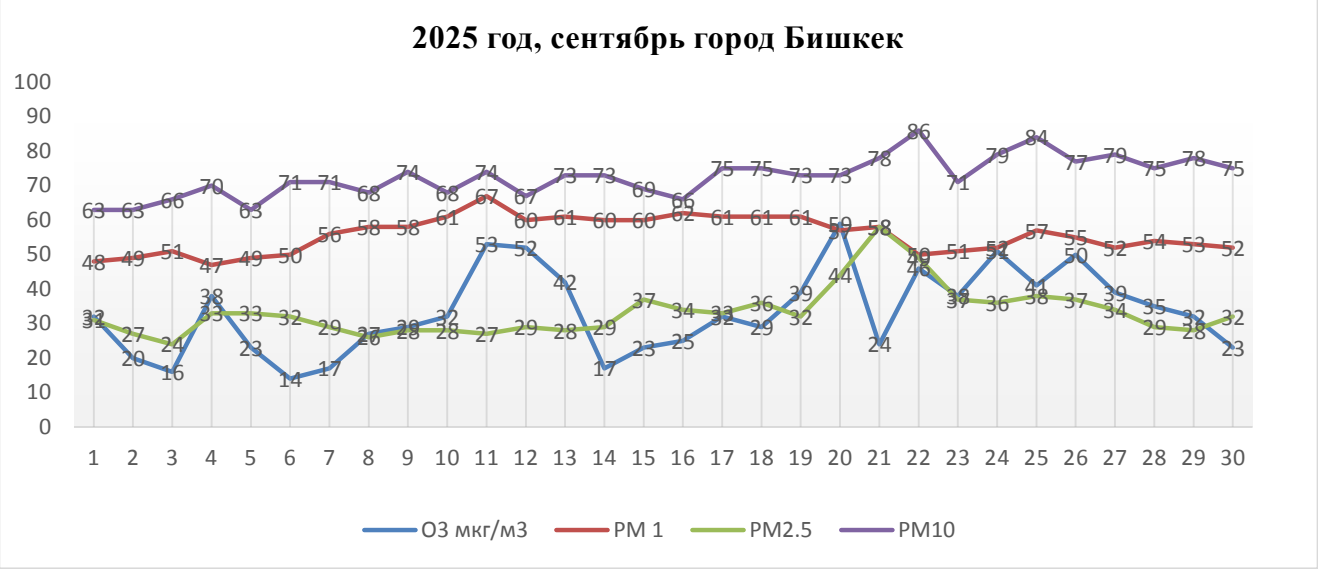

Рисунок 1. Динамика концентраций микрочастиц (PM_1, $PM_{2.5}$, PM_{10}) и приземного озона (O_3) в городе Бишкек в сентябре 2025 года.

Figure 1. Dynamics of concentrations of microparticles (PM_1, $PM_{2.5}$, PM_{10}) and ground-level ozone (O_3) in Bishkek in September 2025

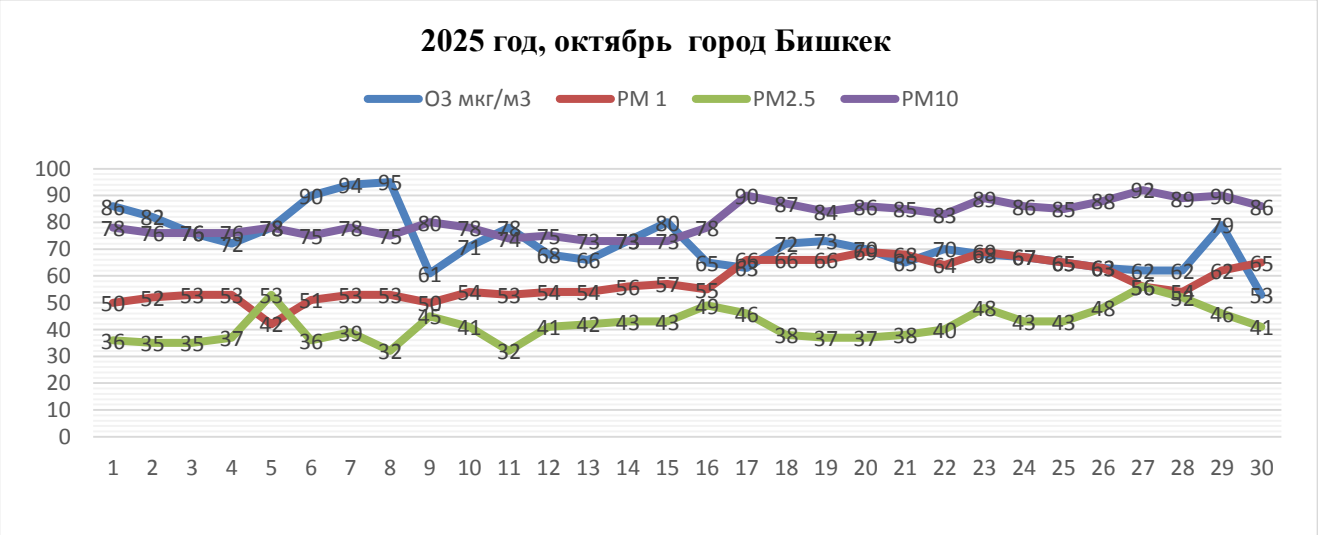

Рисунок 2. Динамика концентраций микрочастиц (PM_1, $PM_{2.5}$, PM_{10}) и приземного озона (O_3) в городе Бишкек в октябре 2025 года.

Figure 2. Dynamics of concentrations of microparticles (PM_1, $PM_{2.5}$, PM_{10}) and ground-level ozone (O_3) in Bishkek in October 2025.

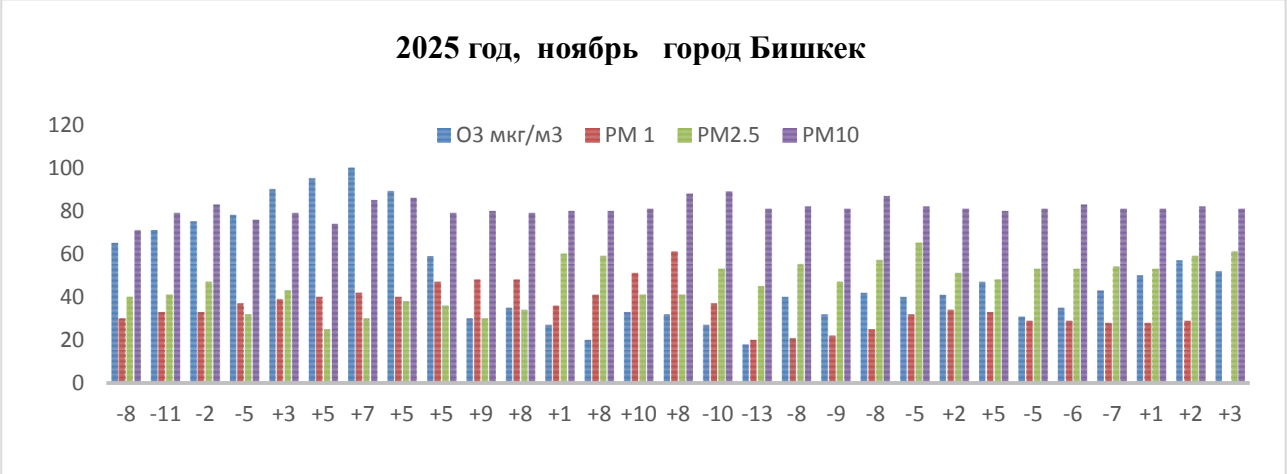

Рисунок 3. Динамика концентраций микрочастиц (PM_1, $PM_{2.5}$, PM_{10}) и приземного озона (O_3) в городе Бишкек в ноябре 2025 года.

Figure 3. Dynamics of concentrations of microparticles (PM_1, $PM_{2.5}$, PM_{10}) and ground-level ozone (O_3) in Bishkek in November 2025.

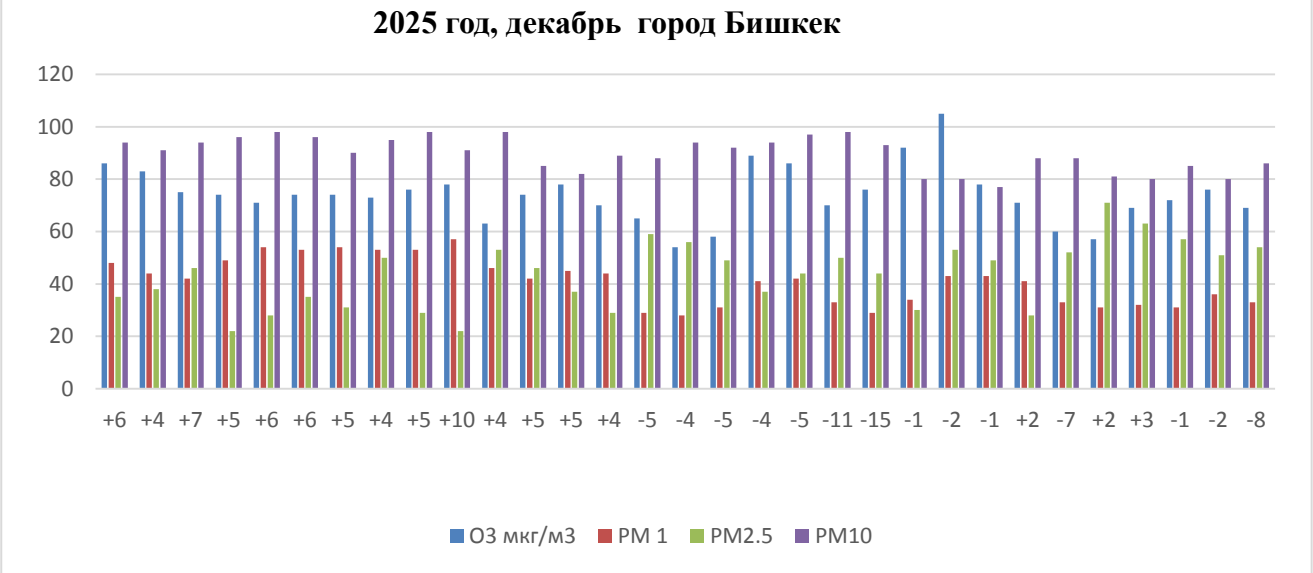

Рисунок 4. Динамика концентраций микрочастиц (PM_1, $PM_{2.5}$, PM_{10}) и приземного озона (O_3) в городе Бишкек в декабре 2025 года.

Figure 4. Dynamics of concentrations of microparticles (PM_1, $PM_{2.5}$, PM_{10}) and ground-level ozone (O_3) in Bishkek in December 2025.

Основными факторами, влияющими на загрязнение воздуха в осенний период, являются интенсивная эксплуатация транспортных средств, износ дорожного покрытия (асфальта) и перенос воздушных масс из соседних стран ветром. Результаты научных исследований доказывают, что основным источником загрязнения атмосферного бассейна Бишкека являются вредные химические

соединения, выбрасываемые транспортными средствами [12]. Поскольку газы, выбрасываемые транспортными средствами, преимущественно накапливаются в нижних слоях атмосферы и концентрируются в приземном слое, они оказывают прямое негативное воздействие на здоровье населения. Поэтому транспортные средства рассматриваются как один из основных источников загрязнения атмосферного воздуха [13]. С 20 по 23 ноября 2022 года концентрация микрочастиц в Бишкеке резко возросла, достигнув 600 мкг/м³ для PM_{10} и 469 мкг/м³ для $PM_{2.5}$. В этот период Бишкек входил в число самых загрязненных городов мира, занимая первое место в течение нескольких дней. Этот факт свидетельствует о том, что загрязнение воздуха в столице является острой экологической проблемой [14]. В этой связи вопрос снижения концентрации микрочастиц в атмосфере выходит на первый план как неотложная мера. Для этого отмечается необходимость улучшения технического состояния городского транспорта, эффективной фильтрации дымовых газов теплоэлектростанций, а также установки фильтрующих устройств на дымоходах топливо сжигающих печей в частных домах.

Изменение климата происходит под воздействием как природных, так и антропогенных процессов, особенно в результате влияния хозяйственной деятельности человека на атмосферу. Среди антропогенных причин, воздействующих на климатическую систему, ключевую роль играют выбросы парниковых газов [15]. В настоящее время, в связи с интенсификацией промышленной деятельности и ростом населения, наблюдается резкое увеличение выбросов парниковых газов в атмосферу. Этот процесс приводит к усилению глобального потепления и нарушению климатического баланса. К наиболее распространенным парниковым газам относятся водяной пар (H_2O), диоксид углерода (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O) и хлорфторуглероды (ХФУ) [16]. Эти газы обладают свойством поглощать и переизлучать инфракрасное излучение, что способствует удержанию тепла от поверхности Земли в атмосфере.

На практике пространственное и временное распределение концентраций диоксида углерода (CO_2) в атмосфере прогнозируется и количественно оценивается с помощью методов компьютерного моделирования [17]. Используемое программное обеспечение для прогнозирования обеспечивает высокоуровневые возможности визуализации для анализа данных и интерпретации результатов [18]. В частности, это программное обеспечение позволяет сравнивать результаты расчетов модели с реальными данными измерений и точно отображать их взаимное соответствие в графической форме.

На рисунке 5 показано визуальное сравнение результатов математической модели, созданной для диоксида углерода (CO_2), и реальных данных о распределении CO_2, полученных за тот же период. Близкое расположение графиков указывает на высокий уровень соответствия между значениями, рассчитанными моделью, и экспериментальными данными наблюдений.

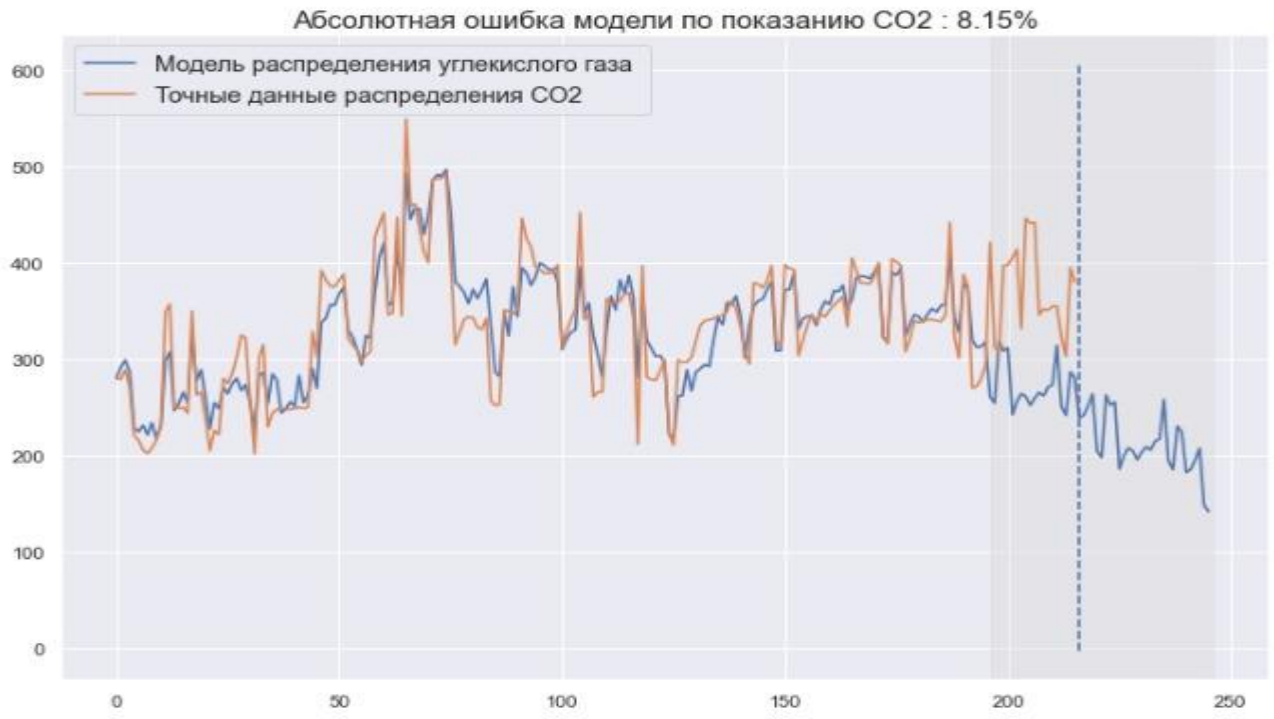

Рисунок 5. Динамика скользящего среднего уровня концентрации CO_2 с 2022 по 2025 год.

Figure 5. Dynamics of the moving average level of CO2 concentration between 2022 and 2025.

Для количественной оценки точности модели была рассчитана абсолютная ошибка, значение которой составило 8,15%. Этот показатель подтверждает, что результаты расчетов модели достаточно близки к реальным данным и надежность используемого метода прогнозирования. Таким образом, предложенная модель считается подходящей для предварительной оценки и анализа динамики распределения CO_2 в атмосфере.

Увеличение концентрации парниковых газов, таких как диоксид углерода (CO_2), метан (CH_4) и хлорфторуглероды, в газовом составе атмосферы повышает ее способность удерживать тепло и приводит к усилению парникового эффекта [19,20]. В результате наблюдаются долгосрочные изменения климатических

параметров, оказывающие существенное влияние на экосистемы и социально-экономическую деятельность человека.

По результатам анализа данных наблюдений за период 2022–2025 годов (рисунок 5) наблюдается незначительное увеличение концентрации углекислого газа (CO_2) в атмосфере Бишкека. Можно предположить, что эта тенденция в основном обусловлена увеличением количества транспортных средств, работающих на газовом топливе в городской зоне [21,22]. Углекислый газ, выбрасываемый автотранспортом, накапливается в нижних слоях атмосферы и напрямую влияет на газовый состав городского воздуха. В то же время концентрация метана (CH_4) оставалась относительно стабильной, варьируясь в пределах 1800–2000 ppb. Эти показатели не превышали действующих санитарно-гигиенических и экологических норм, что свидетельствует о стабильности ситуации с метаном.

В целом, полученные результаты подтверждают, что транспортный сектор вносит основной вклад в выбросы углекислого газа в Бишкеке, в то время как концентрация метана остается на уровне, не представляющем серьезной угрозы. Поэтому меры по улучшению качества городского воздуха должны быть направлены в первую очередь на сокращение выбросов от автотранспорта.

Заключение. С конца осени концентрация твердых взвешенных частиц в атмосферном воздухе начинает превышать нормативные значения. Это явление в основном связано с усилением антропогенной нагрузки. В частности, с началом отопительного сезона в пригородных населённых пунктах возрастает использование твердого топлива (угля и древесины), что приводит к увеличению выбросов микрочастиц и других загрязняющих веществ в атмосферу.

Дополнительный вклад в загрязнение воздуха вносит работа теплоэлектроцентралей в отопительный период, сопровождающаяся ростом объемов выбросов. Одновременно увеличение интенсивности транспортного движения и рост автомобильных пробок способствуют накоплению транспортных выбросов. В результате длительной стоянки и медленного движения транспортных средств газообразные и твердые загрязняющие вещества концентрируются в нижних слоях атмосферы.

В целом усиление антропогенной деятельности в осенне-зимний период приводит к повышению уровня загрязнения городской атмосферы и ухудшению качества воздуха, что указывает на необходимость разработки комплексных природоохранных мер и усиления экологической политики.

Список литературы:

1. Смог над Бишкеком: как уменьшить транспортные выхлопы // Kloop.kg. 2018. URL: https://kloop.kg/blog/2019/03/31/smog-nad-bishkekom-kak-umenshit-transportnye-vyhlopy/

2. Озвучено количество зарегистрированных автомобилей в Кыргызстане // Kabar.kg. 2025. URL: https://ru.kabar.kg/news/ozvucheno-kolichestvo-zaregistrirovannyh-avtomobilej-v-kyrgyzstane/

3. Пробки в Бишкеке: причины и варианты решения // DB.kg. URL: https://db.kg/?p=1618

4. Чаянова Э.А. Оценка пропускания солнечного излучения атмосферой при затменном методе наблюдения спектрометром, установленном на спутнике // Фундаментальная и прикладная климатология. 2018. №4. С. 88–104.

5. Ritchie H., Roser M. Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from? // Our World in Data. 2023.

6. Angélil O., Stone D.A., Tadross M. et al. Attribution of extreme weather to anthropogenic greenhouse gas emissions // Geophysical Research Letters. 2014. Vol. 41(6). P. 2150–2155.

7. Zhao S. Is global warming mainly caused by anthropogenic greenhouse gas emissions? // Energy Sources, Part A. 2011. Vol. 33(21). P. 1985–1992.

8. Tsai K.T., Lin T.P., Hwang R.L. Carbon dioxide emissions generated by energy consumption of hotels // Tourism Management. 2014. Vol. 42. P. 13–21.

9. Лубсанова Т.М. Дыхание почв Селенгинского Среднегорья // Материалы международной научной конференции. СПб., 2007. С. 270–272.

10. Saxena P., Sonwani S., Saxena P. Air pollutants and their impact on environmental health // Environmental Health Criteria. 2019. P. 49–82.

11. WHO Global Air Quality Guidelines. World Health Organization. 2021.

12. Элеманов О.И., Дылдаев М.М. Оценка выбросов загрязняющих веществ в городе Бишкек от передвижных источников // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2021. №4. С. 141–144.

13. Матисаков А.Ж., Сурапов А.К., Дуйшебаев С.С. Альтернативные методы снижения воздействия автомобильного топлива на воздушный бассейн // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2014. №3. С. 53–55.

14. Dzushupov K.O. et al. Air pollution in Bishkek, Kyrgyzstan: driving factors and public health challenges // Public Health Challenges. 2022.

15. World Bank. Air Quality Analysis in Bishkek: PM2.5 Source Apportionment and Emission Reduction Measures. 2023.

16. UNDP. Air Quality in Bishkek: Assessment of Emission Sources. 2022.

17. Asian Development Bank. Tackling Air Pollution in Bishkek. ADB Brief. 2023.

18. UNICEF. Health and Social Impacts of Air Pollution on Women and Children in Bishkek. 2022.

19. World Bank. Air Quality Management in Central Asia. 2023.

20. Mapping PM2.5 Sources and Emission Management Options for Bishkek // Atmosphere. 2023.

21. Comparative Study of PM2.5 Sources in Kyrgyzstan and Other Countries // Environmental Research. 2022.

22. Impact of Climate Change and Air Pollution Forecasting in Bishkek // Aerosol and Air Quality Research. 2021.

References:

1. Smog over Bishkek: how to reduce transport emissions // Kloop.kg. 2018. URL: https://kloop.kg/blog/2019/03/31/smog-nad-bishkekom-kak-umenshit-transportnye-vyhlopy/

2. The number of registered cars in Kyrgyzstan has been announced// Kabar.kg. 2025. URL: https://ru.kabar.kg/news/ozvucheno-kolichestvo-zaregistrirovannyh-avtomobilej-v-kyrgyzstane/

3. Traffic jams in Bishkek: causes and solutions// DB.kg. URL: https://db.kg/?p=1618

4. Chayanova E.A. Estimation of solar radiation transmission by the atmosphere using the eclipse observation method with a spectrometer installed on a satellite // Fundamental and Applied Climatology. 2018. No. 4. P. 88–104.

5. Ritchie H., Roser M. Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from? // Our World in Data. 2023.

6. Angélil O., Stone D.A., Tadross M. et al. Attribution of extreme weather to anthropogenic greenhouse gas emissions // Geophysical Research Letters. 2014. Vol. 41(6). P. 2150–2155.

7. Zhao S. Is global warming mainly caused by anthropogenic greenhouse gas emissions? // Energy Sources, Part A. 2011. Vol. 33(21). P. 1985–1992.

8. Tsai K.T., Lin T.P., Hwang R.L. Carbon dioxide emissions generated by energy consumption of hotels // Tourism Management. 2014. Vol. 42. P. 13–21.

9. Lubsanova T.M. Soil respiration of the Selenga Middle Mountains // Proceedings of the international scientific conference. St. Petersburg, 2007. P. 270–272.

10. Saxena P., Sonwani S., Saxena P. Air pollutants and their impact on environmental health // Environmental Health Criteria. 2019. P. 49–82.

11. WHO Global Air Quality Guidelines. World Health Organization. 2021.

12. Elemanov O.I., Dyldaev M.M. Assessment of pollutant emissions in the city of Bishkek from mobile sources // Science, new technologies and innovations of Kyrgyzstan. 2021. No. 4. P. 141–144.

13. Matisakov A.Zh., Surapov A.K., Duishebaev S.S. Alternative methods for reducing the impact of motor fuel on the air // Science, new technologies and innovations of Kyrgyzstan. 2014. No. 3. P. 53–55.

14. Dzushupov K.O. et al. Air pollution in Bishkek, Kyrgyzstan: driving factors and public health challenges // Public Health Challenges. 2022.

15. World Bank. Air Quality Analysis in Bishkek: PM2.5 Source Apportionment and Emission Reduction Measures. 2023.

16. UNDP. Air Quality in Bishkek: Assessment of Emission Sources. 2022.

17. Asian Development Bank. Tackling Air Pollution in Bishkek. ADB Brief. 2023.

18. UNICEF. Health and Social Impacts of Air Pollution on Women and Children in Bishkek. 2022.

19. World Bank. Air Quality Management in Central Asia. 2023.

20. Mapping PM2.5 Sources and Emission Management Options for Bishkek // Atmosphere. 2023.

21. Comparative Study of PM2.5 Sources in Kyrgyzstan and Other Countries // Environmental Research. 2022.

22. Impact of Climate Change and Air Pollution Forecasting in Bishkek // Aerosol and Air Quality Research. 2021.

Информация об авторах

Жусупкелдиев Шаршенбек – кандидат физико-математических наук, доцент, Кыргызский национальный университет имени Ж.Баласагына, e-mail: sharshen58@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0009-0005-5734-532X

Асанбекова Дамира Дайырбековна - кандидат педагогических наук, и.о.доцент, Кыргызская государственная медицинская академия имени И. К. Ахунбаева, e-mail: d-asanbekova@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0009-0000-4404-2630

Исмаилова Гулзат Дерденбаевна - кандидат педагогических наук, Кыргызский национальный университет имени Ж.Баласагына, e-mail: gismailova71@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0009-0005-7213-5865

Бердибекова Сырга Каныбековна - кандидат педагогических наук, доцент, Ошский технологический университет, e-mail:syrga.berdibekova@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0009-0004-1619-3537

Шаршенова Хамида Алымкуловна - старший преподаватель, Кыргызский государственный университет им. И. Арабаева, e-mail: sharshenovahamida@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0009-0002-2367-6225

Information about the authors:

Sharshenbek Zhusupkeldiev – Cand. Sc. (Physics and Mathematics), associate professor, Kyrgyz National University named after Zh. Balasagyn, e-mail: sharshen58@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0009-0005-5734-532X

Damira D. Asanbekova - Cand. Sc. (Pedagogy), Acting Associate Professor, the Akhunbaev Kyrgyz State Medical Academy, e-mail: d-asanbekova@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0009-0000-4404-2630

Gulzat D. Ismailova - Cand. Sc. (Pedagogy), the Balasagyn Kyrgyz National University, e-mail: gismailova71@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0009-0005-7213-5865

Syrga K. Berdibekova - Cand. Sc. (Pedagogy), Associate Professor Osh Technological University, e-mail: syrga.berdibekova@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0009-0004-1619-3537

Hamida A. Sharshenova - Kyrgyz State University. I. Arabaeva, senior lecturer e-mail: sharshenovahamida@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0009-0002-2367-6225

Поступила/Received: 26.01.2026

Принята в печать/Accepted: 09.02.2026

УДК 613.22:373(470.57)

ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ШКОЛЬНОГО ПИТАНИЯ УЧАЩИХСЯ 1-4 КЛАССОВ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Даукаев Р.А.[1], Ларионова Т.К.[1], Зеленковская Е.Е.[1], Мусабиров Д.Э.[1], Аухадиева Э.А.[1], Аллаярова Г.Р.[1], Бакиров А.Б. [1,2,3], Ахметшина Р.А.[4], Левашова Л.С.[5], Скотарева М.А.[6]

[1] ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

[2] ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Уфа, Россия

[3] ГБНУ «Академия наук Республики Башкортостан», Уфа, Россия

[4] ГБУЗ МО «ЦКПБ им. Ф.А. Усольцева», Москва, Россия

[5] Управление Роспотребнадзора по Республике Башкортостан, Уфа, Россия

[6] ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан», Уфа, Россия

Полноценное, сбалансированное питание - одна из важнейших составляющих здорового образа жизни, условие для гармоничного физического развития и роста ребенка. Особое значение правильное питание приобретает в младшем школьном возрасте, поэтому контроль биологической ценности готовых блюд в общеобразовательных организациях остается весьма востребованным.

Цель исследования: оценка соответствия пищевой ценности блюд, приготовленных для детей младшего школьного возраста в общеобразовательных организациях, нормам физиологических потребностей по результатам лабораторного контроля качества пищевой продукции.

Материалы и методы. Объектом исследования была организация питания в 14 общеобразовательных организациях, расположенных в городах и сельских населенных пунктах Республики Башкортостан. Школьное питание в них обеспечивается как с привлечением сторонних организаций, так и непосредственно самой общеобразовательной организацией. Выполнена внеплановая проверка качества и безопасности бесплатного горячего питания обучающихся 1-4 классов в рамках мероприятий по контролю (надзору) деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, обеспечивающих организацию питания в данных общеобразовательных организациях. Исследовано 280 проб готовых порций питания, определено

содержание белков, жиров, углеводов, кальция, магния, железа, калия, витаминов B_1, B_2, рассчитана калорийность и оценена масса блюд.

Результаты. При оценке нутриентной обеспеченности школьного питания обучающихся 1 - 4 классов в общеобразовательных организациях Республики Башкортостан выявлено незначительное (0,8-4,5 %) отклонение от суточной потребности содержания белков, жиров и углеводов, обнаружено нарушение их соотношения в рационе. При анализе витаминно-минерального состава школьного питания выявлен дефицит витаминов B_1, B_2 (до 13,2 %), повышенное содержание магния (до 4,8 %), железа (до 14,8 %) и калия (до 27 %). Завтраки соответствуют требованиям по содержанию кальция, но в обеденных блюдах его уровень на 12% ниже нормы. Соотношение кальция и магния в готовых блюдах сбалансировано. Средняя масса порций, предлагаемых на завтраки и обеды, соответствует нормам для рационов детей школьного возраста от 7 до 12 лет. Значимых различий в энергетической ценности рационов и, соответственно, содержании жиров, белков и углеводов в зависимости от формы организации школьного питания, а также места нахождения общеобразовательных организаций не выявлено.

Заключение. Несмотря на соответствие основным санитарным требованиям, горячее питание в общеобразовательных организациях региона требует доработки для устранения выявленных дефицитов микронутриентов и оптимизации макронутриентного баланса. В частности необходимо увеличение содержания в готовых блюдах кальция (возможно, за счёт расширения ассортимента молочных продуктов) и витаминов B_1, B_2 (минимизация термической обработки, использование обогащённых продуктов). Также в целях снижения потерь витаминов следует провести мониторинг соблюдения технологий приготовления и хранения продуктов.

Ключевые слова: организация питания обучающихся, пищевой рацион, общеобразовательные организации, нормы физиологических потребностей

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки, осуществлялось в рамках реализации мероприятий федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография».

Для цитирования: Даукаев Р.А., Ларионова Т.К., Зеленковская Е.Е., Мусабиров Д.Э., Аухадиева Э.А., Аллаярова Г.Р., Бакиров А.Б., Ахметшина Р.А., Левашова Л.С.,

Скотарева М.А. Пищевая ценность школьного питания учащихся 1-4 классов в общеобразовательных организациях Республики Башкортостан. Медицина труда и экология человека. 2026; 1: 189 - 210.

doi:http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026 - 10110

Для корреспонденции: Даукаев Рустем Аскарович, e-mail: ufa.lab@yandex.ru

NUTRITIONAL VALUE OF SCHOOL MEALS FOR PRIMARY SCHOOL CHILDREN IN GENERAL EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Daukaev R.A.[1], Larionova T.K.[1], Zelenkovskaya E.E.[1], Musabirov D.E.[1], Aukhadieva E.A.[1], Allayarova G.R.[1], Bakirov A.B.[1,2,3], Akhmetshina R.A.[4], Levashova L.S.[5], Skotareva M.A.[6]

[1] Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

[2] Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry, Ufa, Russia

[3] Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

[4] The Usoltsev Central Clinical Hospital, Moscow, Russia

[5] Directorate of Rospotrebnadzor in the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

[6] Center of Hygiene and Epidemiology in the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

Adequate, balanced nutrition is one of the most important components of a healthy lifestyle, a condition for the harmonious physical development and growth of a child. Proper nutrition is especially important at primary school age, which is why the control of the biological value of ready meals in general education institutions remains highly relevant.

The purpose of the study: assessment of the compliance of the nutritional value of dishes prepared for primary school children in general education institutions with the standards of physiological needs based on the results of laboratory quality control of food products.

Materials and methods. The object of the study was the organization of meals in 14 general education institutions located in urban and rural settlements of the Republic of Bashkortostan. School meals are provided both with the involvement of third-party organizations and directly by the general education institution itself. An unscheduled inspection of the quality and safety of free hot meals for primary school children was

carried out as part of measures to control (supervise) the activities of legal entities and individual entrepreneurs who provide meals in these general education organizations. 280 samples of ready-to-eat meals were examined, and the content of proteins, fats, carbohydrates, calcium, magnesium, iron, potassium, and vitamins B1 and B2 was determined. The calorie content and weight of the dishes were calculated.

Results. When assessing the nutritional adequacy of school meals for primary school children in general education institutions in the Republic of Bashkortostan, a slight (0,8-4,5%) deviation from the daily requirement for protein, fat, and carbohydrate content was detected, and an imbalance in their ratio in the diet was found. An analysis of the vitamin and mineral content of school meals revealed a deficiency of vitamins B1 and B2 (up to 13,2%), an increased content of magnesium (up to 4,8%), iron (up to 14,8%), and potassium (up to 27%). The breakfasts meet the requirements for calcium content, but the lunch dishes have a 12% lower calcium content than the recommended level. The ratio of calcium and magnesium in the ready-to-eat meals is balanced. The average portion size for breakfasts and lunches meets the recommended intake for school-age children aged 7 to 12. There are no significant differences in the energy value of the meals, and therefore in the content of fats, proteins, and carbohydrates, depending on the type of school nutrition program or the location of the school.

Conclusion. Despite compliance with the basic sanitary requirements, hot meals in general education institutions in the region require improvement to address the identified micronutrient deficiencies and optimize the macronutrient balance. In particular, it is necessary to increase the content of calcium in ready-to-eat dishes (possibly by expanding the range of dairy products) and vitamins B_1 and B_2 (minimizing heat treatment and using fortified products). Additionally, monitoring the compliance with cooking and storage technologies is required to reduce vitamin losses.

Keywords: organization of nutrition of students, dietary ration, educational institutions, norms of physiological needs

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

Funding: the study had no sponsorship and was carried out as part of the implementation of the activities of the federal project «Strengthening Public Health» of the national project «Demography».

For citation: Daukaev R.A., Larionova T.K., Zelenkovskaya E.E., Musabirov D.E., Aukhadieva E.A., Allayarova G.R., Akhmetshina R.A., Levashova L.S., Skotareva M.A.

Nutritional value of school meals for primary school children in general education institutions of the Republic of Bashkortostan. Occupational health and human ecology. 2026; 1:189 - 210.

doi: doi:http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026 - 10110

For correspondence: Rustem A. Daukaev, e-mail: ufa.lab@yandex.ru

Государственная политика в области здорового питания в Российской Федерации активно реализуется и совершенствуется с учетом постоянно меняющейся социально-экономической и политической ситуации[8,9], вопросы повышения качества пищевой продукции, сохранения и укрепления здоровья населения, профилактика заболеваний, обусловленных неполноценным и несбалансированным питанием, находятся под постоянным и пристальным вниманием [1].

Особенно актуальны данные аспекты для детей школьного возраста, у которых происходят интенсивные процессы роста и развития, сопровождающиеся повышенными умственными и физическими нагрузками, что требует адекватного поступления в организм широкого спектра пищевых веществ, в том числе микронутриентов, энергии [2-5]. Нерациональное питание детей в домашних условиях и организованных коллективах способствует замедлению темпов биологического созревания, ухудшению функциональных показателей организма, ведет к увеличению хронических заболеваний, является причиной формирования избыточной массы тела и ожирения [6-11].

Накопленный отечественный и зарубежный опыт свидетельствует о росте научных исследований, рассматривающих обеспечение продовольственной безопасности, социально-экономическое благополучие и состояние здоровья обучающихся [12-19]. Совершенствование организации питания в общеобразовательных организациях является одним из важнейших направлений деятельности федеральных и региональных органов исполнительной власти, напрямую связано с сохранением здоровья нации и задачами улучшения демографической ситуации в России [2]. При разработке программ оптимизации питания в общеобразовательных организациях важно учитывать не только требования,

[8] Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении плана мероприятий по реализации Основ государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года» от 30.06.2012 № 1134-р

[9] Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» от 29.06.2016 № 1364-р

предъявляемые федеральными государственными образовательными стандартами, законодательными и нормативными актами, методическими рекомендациями, но и фактическое содержание макро-, микронутриентов в блюдах, приготовленных для обучающихся.

Для оценки нутриентного состава и калорийности рационов питания, предлагаемых в общеобразовательных организациях, используют, преимущественно, социально-гигиенические методы: анкетный, опросно-весовой, весовой, на основе меню-раскладок фактического питания, 24-часового воспроизведения питания [20-23]. Лабораторная оценка пищевого рациона менее распространена, является трудоемкой и требует больших материальных затрат, однако этот метод наиболее точный для получения данных об энергоемкости и химическом составе продуктов и готовых к употреблению блюд, так как предполагает непосредственное определение содержания отдельных нутриентов, минеральных элементов и витаминов с помощью аналитических методов, учитывает все факторы, влияющие на пищевую ценность [24]. Все вышеизложенное определило цель настоящего исследования.

Цель работы: оценка соответствия пищевой ценности блюд, приготовленных для детей младшего школьного возраста в общеобразовательных организациях, нормам физиологических потребностей по результатам лабораторного контроля качества пищевой продукции.

Материалы и методы. Объект исследования - организация системы питания в 14 общеобразовательных организациях, расположенных в городах и сельских населенных пунктах Республики Башкортостан. Школьное питание в них обеспечивается как с привлечением сторонних организаций, так и непосредственно в школьных пищеблоках.

Внеплановая проверка качества бесплатного горячего питания обучающихся 1-4 классов выполнена сотрудниками Управления Роспотребнадзора по Республике Башкортостан и специалистами ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан» в рамках мероприятий по контролю (надзору) деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, обеспечивающих организацию питания в данных общеобразовательных организациях. Отбор и доставку образцов готовых блюд (завтраки, обеды) за 10 дней осуществляли в соответствии с национальным стандартом[10]. Лабораторные

[10] ГОСТ Р 54607.1-2011 «Услуги общественного питания. Методы лабораторного контроля продукции общественного питания. Часть 1. Отбор проб и подготовка к физико-химическим испытаниям»

испытания проведены в аккредитованном испытательном лабораторном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан», уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц национальной системы аккредитации РОСС RU.0001.510408. Исследовано 280 проб готовых порций питания, определено содержание белков, жиров, углеводов, кальция, магния, железа, калия, витаминов B_1, B_2, рассчитана калорийность, оценена масса блюд.

Анализ пищевой ценности приготовленных блюд проводили с использованием основных критериев действующего нормативно-правового документа[11], согласно которому доля пищевых веществ и калорийность пищи должна составлять 20-25% на завтрак и 30-35% на обед. Отклонения от величин суточной потребности, как в большую, так и в меньшую стороны рассчитывали с учетом максимальных и минимальных значений регламентированных диапазонов.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программных пакетов IBM SPSS Statistics 27 (IBM, США) и Microsoft Office Excel 2021 (Microsoft, США). Нормальность распределения оценивали с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Различия между группами определяли по критериям Стьюдента и Манна-Уитни. Различия между группами считали статистически обусловленными при $p<0,05$, при $p<0,15$ - оценивали как проявление тенденции. Описание признаков, имеющих нормальное распределение, представлено в виде $M \pm m$, где M - среднее арифметическое, m - ошибка среднего.

Результаты. В обследованных общеобразовательных организациях учащиеся начальных классов, в зависимости от режима обучения, обеспечиваются горячим питанием в виде завтрака и обеда. В меню питания отсутствуют повторения блюд и кулинарных изделий в один и тот же день или последующие 2 дня, а также запрещенные при организации школьного питания продукты и блюда. Меню школьных обедов и завтраков достаточно разнообразное, в его состав включены: салаты из овощей, свежие фрукты, каши и макаронные изделия, картофель, супы (овощные, рисовые и картофельные с лапшой), блюда из мяса, рыбы, яиц, хлеб (пшеничный, ржаной, витаминизированный), компоты из сухофруктов и свежезамороженных ягод вишни и черноплодной рябины, кофейный напиток, чай с сахаром. Исследуемые школьные рационы являлись дефицитными по молоку и кисломолочным продуктам.

[11] СанПиН 2.3/2.4.3590-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения» (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 27.10.2020 № 32)

Результаты лабораторных исследований нутриентного состава, калорийности и массы порций готовых блюд учащихся 1-4 классов за десятидневный период в общеобразовательных организациях региона, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Пищевая ценность, масса порций завтраков и обедов в общеобразовательных организациях Республики Башкортостан.

Table 1. Nutritional value, portion sizes of breakfasts and lunches in general education institutions of the Republic of Bashkortostan

Показатель	Завтраки			Обеды		
	M±m	% от СП*	Min-max	M±m	% от СП*	Min-max
Белки, г	21,0±0,7	27,3	16,6-25,0	22,4±1,0	29,1	17,7-32,2
Жиры, г	15,2±0,8	19,2	11,4-21,9	20,2±1,8	25,5	11,7-33,6
Углеводы, г	89,7±3,5	26,8	73,0-117,3	97,4±2,2	29,1	78,0-106,8
Энергетическая ценность, ккал	582±19	24,8	478,8-724,3	666±30	28,3	495,4-889,3
Кальций, мг	241,1±12,6	21,9	165,2-325,3	198,3±17,9	18,0	110,2-367,3
Магний, мг	72,2±2,5	28,9	57,8-87,2	99,5±5,2	39,8	76,8-151,9
Железо, мг	4,3±0,2	35,8	3,2-5,7	6,0±0,4	49,8	4,1-10,1
Калий, мг	438,9±25,2	39,9	350,0-689,2	682,5±57,0	62,0	607,9-895,1
Витамин B_1, мг	0,16±0,01	13,2	0,11-0,21	0,20±0,02	16,8	0,15-0,45
Витамин B_2, мг	0,16±0,01	11,2	0,09-0,24	0,24±0,01	17,0	0,20-0,30
Масса порции, г	546,9±8,8	-	500,0-625,4	720,3±16,9	-	576,4-804,6

Примечание: * - доля от рекомендуемой суточной потребности (СП) по СанПиН 2.3/2.4.3590-20: завтрак 20-25%, обед 30-35%.

Note: * is the percentage of the recommended daily requirement (RDA) according to the SanPiN 2.3/2.4.3590-20: breakfast 20-25%, lunch 30-35%.

Анализ энергетической ценности готовых блюд для детей начальных классов показал, что завтраки способны обеспечить 25% суточной потребности (582±19 ккал), а обеды - 28% (666±30 ккал), что соответствует гигиеническим нормативам. Оценка макронутриентного состава пищи на фоне достаточной энергетической ценности, выявила незначительно повышенное относительно верхней границы диапазона суточной потребности содержание белков и углеводов - на 2,3 % и 1,8 % соответственно, пониженное на 0,8 % относительно нижней границы нормы содержание жиров в блюдах, предлагаемых на завтрак; средние значения данных пищевых веществ в обеденной пище ниже на 0,9-4,5 % относительно нижней границы диапазона регламентированного уровня. Соотношение белков, жиров и углеводов в школьных завтраках не в полной мере отвечает требованиям суточной сбалансированности и составляет, соответственно, 1,4 : 1 : 6 по массе (при норме 1 : 1 : 4) или 15 % : 24 % : 63 % по калорийности (при норме 10-15 % : 30 % : 55-60 %) [26]; обед характеризуется более оптимальным соотношением пищевых веществ: 1,1 : 1 : 5 или 14 % : 28 % : 60 %.

При анализе витаминно-минерального состава школьного питания выявлен значимый дефицит (относительно нижних границ диапазонов суточной потребности) витаминов B_1, B_2 от 6,8% до 13,2 % и повышенное относительно верхних границ содержание магния на 3,9 - 4,8 %, железа на 10,8 - 14,8%, калия на 14,9 - 27,0% по завтраку и обеду соответственно. Завтраки в полной мере отвечают установленным нормам по содержанию кальция, однако содержание данного макроэлемента в обеденных блюдах на 12 % ниже рекомендованного. Соотношение минеральных веществ - кальция и магния в готовых блюдах сбалансировано.

Средняя масса порций блюд, предлагаемых на завтраки, составила 546,9±8,8 г, на обеды - 720,3±16,9 г, что соответствует нормам для рационов детей школьного возраста от 7 до 12 лет[12].

[12] МР 2.4.0179-20 «Рекомендации по организации питания обучающихся общеобразовательных организаций»

Был проведен сравнительный анализ пищевой и энергетической обеспеченности приготовленных блюд для детей общеобразовательных организаций, расположенных в городах и сельских населенных пунктах (таблица 2)

Таблица 2. Сравнительная характеристика показателей, характеризующих горячее питание в городских и сельских общеобразовательных организациях Республики Башкортостан

Table 2. Comparative characteristics of indicators of hot meals in urban and rural general education institutions of the Republic of Bashkortostan

Показатель	Общеобразовательные организации					
	Городские			Сельские		
	M±m	% от СП*	Min-max	M±m	% от СП*	Min-max
Белки, г	43,4±1,7	56,4	34,6-54,8	43,5±0,9	56,5	42,0-45,0
Жиры, г	32,8±2,2	41,5	27,0-51,3	44,6±5,5	56,5	38,8-55,5
Углеводы, г	186,6±4,1	55,7	168,1-215,2	189,1±8,2	56,4	179,33-205,4
Энергетическая ценность, ккал	1210±33	51,5	1072-1413	1388±100	59,1	1279-1588
Кальций, мг	428,7±25,7	39,0	312,7-586,7	478,8±55,4	43,5	403,1-586,6
Магний, мг	163,5±3,9	65,4	134,6-181,7	201,9±24,3	80,8	156,1-239,0
Железо, мг	9,8±0,4	82,1	8,0-12,0	11,6±1,4	96,7	9,8-14,8
Калий, мг	1097,3±37,6	99,8	993,0-1371,9	1209,7±82,5	110,0	1059,9-1338,5
Витамин B_1, мг	0,33±0,01	27,4	0,28-0,39	0,47±0,09	39,2	0,36-0,65
Витамин B_2,	0,38±0,02	27,2	0,30-0,48	0,44±0,02	31,7	0,40-0,47

мг						
Масса порции, г	1242±22	-	1076-1300	1360±44	-	1279-1430

Примечание: * - доля от рекомендуемой суточной потребности (СП) по СанПиН 2.3/2.4.3590-20: завтрак +обед - 55%.

Note: * is the percentage of the recommended daily requirement (RDA) according to the SanPiN 2.3/2.4.3590-20: breakfast +lunch - 55%.

Энергетическая ценность школьного рациона сельских детей на 178 ккал выше, чем городских за счет более высокого уровня жиров (p=0,14, тенденция). Содержание всех изученных элементов и витаминов в рационе сельских детей также выше, чем у городских: кальция на 50 мг (10%), магния на 38,4 мг (19%), железа на 1,8 мг (16%), калия на 112,4 мг (9%), витамина B_1 на 0,14 мг (30%), витамина B_2 на 0,06 мг (14%). Суммарная масса порций в сельских и городских школах практически не отличается.

Сравнительный анализ содержания основных пищевых веществ, энергетической ценности и массы порций готовых блюд из общеобразовательных организаций (суммарно завтрак и обед) с разными формами организации питания представлен в таблице 3.

Таблица 3. Сравнительная характеристика показателей пищевого рациона при разных формах организации питания в общеобразовательных организациях Республики Башкортостан

Table 3. Comparative characteristics of food intake indicators in different forms of food organization in general education institutions of the Republic of Bashkortostan

Показатель	Общеобразовательные организации					
	Имеющие собственные пищеблоки			Привлекающие сторонние организации		
	M±m	% от СП*	Min-max	M±m	% от СП*	Min-max
Белки, г	41,6±1,9	54,0	39,7-43,4	43,8±1,5	56,8	34,6-54,8

Жиры, г	36,5±3,1	46,1	33,4-39,5	35,1±2,8	44,5	27,0-55,5
Углеводы, г	182,0±0,1	54,3	181,4-182,6	188,0±4,1	56,1	168,1-215,2
Энергетическая ценность, ккал	1215±82	51,7	1294-1133	1254±42	53,3	1072-1588
Кальций, мг	439,6±7,2	40,0	432,4-446,7	439,4±27,1	39,9	312,7-586,7
Магний, мг	180,7±29,9	72,3	150,8-210,6	170,2±7,2	68,1	134,6-239,0
Железо, мг	13,2±1,2	109,6	12,0-14,3	9,7±0,3	81,1	8,0-10,7
Калий, мг	1239,9±5,3	112,7	1234,6-1245,2	1201,8±38,8	109,3	993,0-1371,9
Витамин B_1, мг	0,52±0,13	43,3	0,39-0,65	0,33±0,01	27,7	0,28-0,40
Витамин B_2, мг	0,41±0,05	29,3	0,36-0,46	0,39±0,02	28,0	0,30-0,47
Масса порции, г	1366±64	-	1301-1430	1251±22	-	1076-1371

Примечание: * - доля от рекомендуемой суточной потребности (СП) по СанПиН 2.3/2.4.3590-20: завтрак +обед - 55%.

Note: * is the percentage of the recommended daily requirement (RDA) according to the SanPiN 2.3/2.4.3590-20: breakfast +lunch - 55%.

Значимых различий в энергетической ценности рационов и, соответственно, содержании жиров, белков и углеводов в зависимости от формы организации школьного питания не выявлено. Установлен более высокий уровень магния - на 10,5 мг (6%), железа на 3,5 мг (26%), калия на 38,1 мг (3%), витамина B_1 на 0,19 мг (36%) в блюдах из собственных пищеблоков. Масса порций готовых блюд в школах с собственным пищеблоком на 290 г выше, чем при поставке продукции аутсорсинговыми компаниями.

Обсуждение. С сентября 2020 года Республика Башкортостан стала одним из субъектов Российской Федерации, в котором учащиеся начальных классов обеспечены бесплатным горячим питанием, охват школьным питанием превышает 96%, при этом 56% учащихся (294 тыс.) получают его на льготной основе [25]. В

регионе разработано и утверждено двухнедельное меню организованного питания для обучающихся 1-4 классов с включением молочной продукции и хлебобулочных изделий, инстантных напитков, обогащенных микроэлементами и витаминами [26]. Питание в 85,7 % обследованных общеобразовательных организациях обеспечивается в форме аутсорсинга с привлечением комбинатов школьного питания и операторов питания, а в оставшихся 14,3 % - реализована самостоятельная форма организации питания. При сравнении показателей, характеризующих питание учащихся начальных классов, при разных формах организации питания (операторы питания/самостоятельная форма организации питания), а также в городских и сельских школах достоверных отличий не выявлено.

В целом предлагаемое детям бесплатное горячее питание в общеобразовательных организациях республики соответствует санитарным нормам. Лабораторный анализ показал, что он содержит достаточное количество основных макро- и микронутриентов (за исключением витаминов B_1, B_2 и кальция).

Известно, что витамины B_1 и B_2 разрушаются при воздействии высоких температур, кислорода, солнечного света и при контакте с металлами. Пониженное их содержание в рационах питания может быть вызвано нарушениями правил хранения и кулинарной обработки продуктов [2].

Низкая усвояемость кальция из пищевых источников, которая составляет всего 30-40 %, в условиях недостаточного потребления пищи детьми, может приводит к существенному дефициту кальция, что негативно сказывается на их здоровье и развитии.

Судя по приводимым в научной литературе данным, детьми не съедается до 47 % порций [27, 28]. По результатам проведенного анкетирования в школах Республики Башкортостан всегда полностью съедают блюда завтрака только 69,3 % респондентов, от числа получающих горячие завтраки, обеды - 63,4 %, при этом 27,9 % детей не доедают по причине остывшей еды и 14,6 % считают еду невкусной[13]. Вследствие систематического недоедания наблюдается значительное снижение содержания микронутриентов в пищевом рационе, что приводит к ухудшению их биодоступности и, как следствие, к дефициту этих веществ в организме. Это явление обусловлено рядом факторов, включая

[13] Результаты интервьюирования, проведенного Роспотребнадзором в соответствии с МР 2.3.0340-24 в 2024 г. в общеобразовательных организациях Республики Башкортостан в рамках реализации ФП «Укрепление общественного здоровья» НП «Демография». Информационные материалы.

дефицит липидов или избыток белков, что приводит к нарушению процессов абсорбции и метаболизма питательных веществ.

Заключение. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что рационы питания, предлагаемые в общеобразовательных организациях, несмотря на соответствие основным санитарным требованиям, требуют доработки для устранения выявленных дефицитов микронутриентов и оптимизации макронутриентного баланса. В частности необходима корректировка меню для увеличения содержания кальция (возможно, за счёт расширения ассортимента молочных продуктов) и витаминов B_1, B_2 (минимизация термической обработки, использование обогащённых продуктов). Также следует провести мониторинг соблюдения технологий приготовления и хранения продуктов для снижения потерь витаминов. Необходимо усилить контроль за полнотой потребления порций учащимися, внедрить обучающие программы здорового питания.

Вклад авторов:

Концепция и дизайн исследования - Даукаев Р.А., Ларионова Т.К.

Сбор данных - Ахметшина Р.А., Левашова Л.С., Скотарева М.А.

Анализ данных - Даукаев Р.А., Ларионова Т.К., Зеленковская Е.Е., Мусабиров Д.Э., Аллаярова Г.Р.; Аухадиева Э.А.

Написание текста и оформление статьи - Даукаев Р.А., Ларионова Т.К.

Редактирование - Ларионова Т.К., Даукаев Р.А., Бакиров А.Б.

Все соавторы - утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех ее частей.

Author contribution:

Concept and design of the study - Daukaev R.A., Larionova T.K.

Data collection - Akhmetshina R.A., Levashova L.S., Skotareva M.A.

Data analysis - Daukaev R.A., Larionova T.K., Zelenkovskaya E.E., Musabirov D.E., Allayarova G.R.; Aukhadieva E.A.

Writing the text designing the article - Daukaev R.A., Larionova T.K.

Editing - Larionova T.K., Daukaev R.A., Bakirov A.B.

All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Список литературы:

1. Государственная политика Российской Федерации в области здорового питания: Доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2015. 89 с.

2. Попова А.Ю., Шевкун И.Г., Яновская Г.В., Новикова И.И. Гигиеническая оценка организации питания школьников в общеобразовательных организациях Российской Федерации. Здоровье населения и среда обитания. 2022; 30(2):7-12. http://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-2-7-12.

3. Зайцева Н.В., Лир Д.Н. Мониторинг питания в общеобразовательных организациях. Вопросы питания. 2022; 91(5):56-64. http://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-5-56-64.

4. Алексанян И.Ю., Нугманов А.Х., Золина Н.П. Анализ системных связей между энергетической ценностью продукта и пищевой энергией, потребляемой человеком, с учетом влияния варьируемых факторов. Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2009; 2:114-118.

5. Онищенко Г.Г. Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия детского населения России. Гигиена и санитария. 2008; 2:72-78.

6. Гуров В.А. Здоровое питание младших школьников. Народное образование. 2011; 9:134 - 139.

7. Тутельян В.А., Батурин А.К., Конь И.Я., Мартинчик А.Н., Углицких А.К., Коростелева М.М., Тоболева М.А., Алешина И.В. Распространенность ожирения и избыточной массы тела среди детского населения РФ: мультицентровое исследование. Педиатрия. 2014; 93(5):28–31.

8. Есауленко И.Э., Настаушева Т.Л., Жданова О.А., Минакова О.В., Логвинова И.И., Ипполитова Л.И. Регулярное питание в школе как фактор физического развития детей и подростков: результаты когортного исследования. Вопросы современной педиатрии. 2016; 15(4):364-370. http://doi.org/10.15690/vsp.v15i4.1587.

9. Мартинчик А.Н., Батурин А.К., Кешабянц Э.Э., Фатьянова Л.Н., Семенова Я.А., Базарова Л.Б., Устинова Ю.В. Анализ фактического питания детей и подростков России в возрасте от 3 до 19 лет. Вопросы питания. 2017; 86(4):50-60.

10. Сизова Е.П., Лобкис М.А., Романенко С.П., Гавриш С.М., Сорокина А.В. Оценка фактического питания детей по результатам мониторинговых мероприятий на примере Республики Татарстан. Здоровье населения и среда обитания. 2022; 30(2):37-46. http://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-2-37-46.

11. World Health Organization. Obesity and overweight [Electronic resource] / Newsroom: Fact sheet. Updated April 2020. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/ detail/obesity-and-overweight.

12. Такаев Р.М., Кучимова Н.А., Ахметшина Р.А., Сайфуллин А.С., Саморукова И.П., Рублева И.Е., Сысолятин И.В., Зулькарнаев Т.Р., Поварго Е.А. Оптимизация системы школьного питания как фактора санитарно-эпидемиологического благополучия в средних общеобразовательных школах городского округа «город Уфа» Республики Башкортостан. Здоровье населения и среда обитания. 2009; 194(5):42-45.

13. Зулькарнаева А.Т., Ахмадуллин У.З. Гигиеническая оценка эффективности реализации проекта «Школьное питание» (на примере городского округа город Уфа). Современные проблемы науки и образования. 2014; 6:1209-1216.

14. Сазонова О.В., Гаврюшин М.Ю., Бережнова О.В.. Бородина Л.М., Горбачёв Д.О., Фролова О.В., Тупикова Д.С. Анализ школьного питания в условиях реализации современного федерального законодательства (опыт Самарской области). Вопросы детской диетологии. 2020; 18(6):5-11. http://doi.org/10.20953/1727-5784-2020-6-5-11.

15. Соловьева Ю.В. Медико-социальные проблемы оптимизации питания детей и подростков в современных условиях. Российский вестник гигиены. 2022; 4:30-36. http://doi.org/10.24075/rbh.2022.056.

16. Jomaa LH, Mcdonnell E, Probart C. School feeding programs in developing countries: impacts on children's health and educational outcomes. Nutrition Reviews. 2011; 69(2): 83-98. http://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00369.x.

17. Cohen J, Hecht AA, McLoughlin GM, Turner L, Schwartz MB. Universal School Meals and Associations with Student Participation, Attendance, Academic Performance, Diet

Quality, Food Security, and Body Mass Index: A Systematic Review. *Nutrients. 2021; 13(3): 911. http://doi.org/10.3390/nu13030911*.

18. Nogueira-de-Almeida CA, Weffort VR, Ued FV, et al. What causes obesity in children and adolescents. Jornal de Pediatria. 2024; 100(4):48-56. http://doi.org/10.1016/j.jped.2023.09.011.

19. Пырьева Е.А., Гмошинская М.В., Олюшина Е.А., Котова Н.В., Сафронова А.И., Мкоян С.Ю., Алешина И.В. Особенности питания современных школьников различных возрастных групп. Фарматека. 2020; 27(9):74-80. http://doi.org/10.18565/pharmateca.2020.9.74-80.

20. Павлов Н.Н., Клещина Ю.В., Елисеев Ю.Ю. Оценка фактического питания и пищевого статуса современных детей и подростков. Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». 2011; 1:128-132.

21. Тапешкина Н.В., Перевалов А.Я. Оценка фактического питания детей в школе. Сибирский научный медицинский журнал. 2015; 5(4):49-54.

22. Мажаева Т.В., Чугунова О.В., Гращенков Д.В. Некоторые аспекты структуры и организации питания детей в ряде регионов России. Вопросы питания. 2016; 85(6):95-102.

23. Цукарева Е.А., Авчинников А.В., Сидоренкова Л.М., Авчинникова С.О., Корякина Ю.П. Гигиеническая оценка организации питания в общеобразовательных учреждениях г. Смоленска. Здоровье населения и среда обитания. 2020; 329(8):15-16. http://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-329-8-15-19.

24. Гаськова Н.П., Тармаева И.Ю. Гигиеническая оценка питания школьников: учебное пособие. Иркутск: ИГМУ, 2010; 83 с.

25. Башинформ [Электронный ресурс] (дата обращения: 21.01.2026). https://www.bashinform.ru/news/social/2023-03-31/v-bashkirii-56-shkolnikov-poluchayut-goryachee-pitanie-besplatno-3184308.

26. Казак А.А., Ахметшина Р.А., Левашова Л.С., Жеребцов А.С., Скотарева М.А., Даукаев Р.А. О совершенствовании питания обучающихся в общеобразовательных организациях Республики Башкортостан в ходе реализации федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография» в

2019-2021 годах. Медицина труда и экология человека. 2022;3:125-131. http://doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10311.

27 Перевалов А.Я., Лир Д.Н. Выбор метода изучения питания детей в организованных коллективах при оценке риска здоровью. Санитарный врач. 2015; 9:15-21.

28 Мартинчик А.Н., Маев И.В., Янушевич О.О. Общая нутрициология: учебное пособие. М.: Медпресс-информ, 2005; 392 с.

References

1. The State policy of the Russian Federation in the field of healthy nutrition: Report. Moscow: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 2015. 89 p. [In Russ.].

2. Popova A.Yu., Shevkun I.G., Yanovskaya G.V., Novikova I.I. Hygienic assessment of organizing school nutrition in the Russian Federation. *Zdorov'e naseleniâ i sreda obitaniâ.* 2022; 30(2):7-12. [In Russ.] http://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-2-7-12.

3. Zaitseva N.V., Lir D.N. Nutrition monitoring in secondary education institutions. *Voprosy Pitaniia.* 2022; 91(5):56-64. [In Russ.] http://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-5-56-64

4. Aleksanyan I.Yu., Nugmanov A.Kh., Zolina N.P. Analysis of systemic relationships between the energy value of a product and food energy consumed by humans, taking into account the influence of variable factors. *Vestnik AGTU. Seriya: Upravlenie, vycheslitelnaya tekhnika i informatika. 2009; 2:114-118. [In Russ.].*

5. Onishchenko G.G. Provision of russia's pediatric population with sanitary-and-epidemiological well-being. *Gigiena i sanitariya.* 2008; 2:72-78. [In Russ.].

6. Gurov V.A. Healthy nutrition of younger schoolchildren. *Narodnoe obrazovanie*. 2011; 9:134 - 139. [In Russ.].

7. Tutelyan V.A., Baturin A.K., Kon I.Ya., Martinchik A.N., Uglitskikh A.K., Korosteleva M.M., Toboleva M.A., Alyoshina I.V. Prevalence of obesity and overweight among the Russian child population: a multicenter study. *Pediatria*. 2014; 93(5):28–31. [In Russ.].

8. Esaulenko I.E., Nastusheva T.L., Zhdanova O.A., Minakova O.V., Logvinova I.I., Ippolitova L.I. Regular meals at school as a factor of physical development of children

and adolescents: results of a cohort study. *Voprosy sovremennoj pediatrii*. 2016; 15(4):364-370. [In Russ.] http://doi.org/10.15690/vsp.v15i4.1587.

9. Martinchik A.N., Baturin A.K., Keshabyants E.E., Fatyanova L.N., Semenova Ya.A., Bazarova L.B., Ustinova Yu.V. Dietary intake analysis of Russian children 3-19 years old. *Voprosy Pitaniia*. 2017; 86(4):50-60. [In Russ.].

10. Sizova E.P., Lobkis M.A., Romanenko S.P., Gavrish S.M., Sorokina A.V. Assessment of actual nutrition of schoolchildren in the republic of Tatarstan based on the results of monitoring activities. *Zdorov'e naseleniâ i sreda obitaniâ*. 2022; 30(2):37-46. [In Russ.] http://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-2-37-46.

11. World Health Organization. Obesity and overweight [Electronic resource] / Newsroom: Fact sheet. Updated April 2020. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/ detail/obesity-and-overweight.

12. Takaev R.M., Kuchimova N.A., Akhmetshina R.A., Saifullin A.S., Samorukova I.P., Rubleva I.E., Sysolyatin I.V., Zulkarnaev T.R., Povargo E.A. Optimization of the school nutrition system as a factor of sanitary and epidemiological well-being in secondary schools of the Ufa city district of the Republic Bashkortostan. *Zdorov'e naseleniâ i sreda obitaniâ*. 2009; 194(5):42-45. [In Russ.].

13. Zulkarnayeva A.T., Akhmadullin U.Z. Hygienic assessment of the effectiveness of the implementation of the project "School meals" (based on a Ufa city district). *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014; 6:1209-1216. [In Russ.].

14. Sazonova O.V., Gavryushin M.Yu., Berezhnova O.V. Borodina L.M., Gorbachev D.O., Frolova O.V., Tupikova D.S. Analysis of school nutrition in the context of the implementation of modern federal legislation (experience of the Samara region). *Voprosy detskoy dietologii* . 2020; 18(6):5-11. [In Russ.]. http://doi.org/10.20953/1727-5784-2020-6-5-11.

15. Solovyova Yu.V. Medical and social problems of optimizing nutrition for children and adolescents in modern conditions. *Rossiiskiy vestnik gigieny*. 2022; 4:30-36. [In Russ.] http://doi.org/10.24075/rbh.2022.056.

16. Jomaa LH, Mcdonnell E, Probart C. School feeding programs in developing countries: impacts on children's health and educational outcomes. Nutrition Reviews. 2011; 69(2): 83-98. http://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00369.x.

17. Cohen J, Hecht AA, McLoughlin GM, Turner L, Schwartz MB. Universal School Meals and Associations with Student Participation, Attendance, Academic Performance, Diet Quality, Food Security, and Body Mass Index: A Systematic Review. *Nutrients. 2021; 13(3): 911. http://doi.org/10.3390/nu13030911*.

18. Nogueira-de-Almeida CA, Weffort VR, Ued FV, et al. What causes obesity in children and adolescents. Jornal de Pediatria. 2024; 100(4):48-56. http://doi.org/10.1016/j.jped.2023.09.011.

19. Pyrieva E.A., Gmoshinskaya M.V., Olushina E.A., Kotova N.V., Safronova A.I., Mkoyan S.Yu., Alyoshina I.V. Nutrition features of modern schoolchildren of various age groups. *Pharmateka*. 2020; 27(9):74-80. [In Russ.] http://doi.org/10.18565/pharmateca.2020.9.74-80.

20. Pavlov N.N., Kleshchina Yu.V., Eliseev Yu.Y. Assessment of the actual nutrition and nutritional status of modern children and adolescents. Kursk Scientific and practical bulletin "*Chelovek i ego zdoroviye*". 2011; 1:128-132. [In Russ.].

21. Tapeshkina N.V., Perevalov A.Ya. Assessment of the actual nutrition of children at school. Siberian Scientific Medical Journal. 2015; 5(4):49-54. [In Russ.].

22. Mazhaeva T.V., Chugunova O.V., Grashchenkov D.V. Some aspects of the structure and organization of child nutrition in a number of regions Russia. *Voprosy Pitaniia.* 2016; 85(6):95-102. [In Russ.].

23. Tsukareva E.A., Avchinnikov A.V., Sidorenkova L.M., Avchinnikova S.O., Koryakina Yu.P. Hygienic assessment of catering in educational institutions of Smolensk. *Zdorovie naseleniya i sreda obitaniya.* 2020; 329(8):15-16. [In Russ.] http://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-329-8-15-19.

24. Gaskova N.P., Tarmaeva I.Y. Hygienic assessment of nutrition of schoolchildren: a textbook. Irkutsk: IGMU, 2010; 83 p. [In Russ.].

25. Bashinform [Electronic resource] (accessed: 01/21/2026). https://www.bashinform.ru/news/social/2023-03-31/v-bashkirii-56-shkolnikov-poluchayut-goryachee-pitanie-besplatno-3184308. [In Russ.].

26. Kazak A.A., Akhmetshina R.A., Levashova L.S., Zherebtsov A.S., Skotareva M.A., Daukaev R.A. Improving the nutrition of school children in Bashkortostan educational institutions during the implementation of the federal project "Strengthening public

health" of the national project "Demography" between 2019 and 2021/ *Meditsina truda i ekologiya cheloveka.* 2022; 3:125-31. [In Russ.] http://doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10311.

27 Perevalov A.Ya., Lir D.N. Choice of study method of nutrition in children in organized groupswhile implementing health risk assessment. *Sanitarny vrach*. 2015; 9:15-21. [In Russ.].

28 Martinchik A.N., Maev I.V., Yanushevich O.O. General nutrition: a textbook. Moscow: Medpress-inform, 2005; 392 p. [In Russ.].

Информация об авторах:

Даукаев Рустем Аскарович - к.б.н., заведующий химико-аналитическим отделом ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»; e-mail: ufa.lab@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0421-4802

Ларионова Татьяна Кенсариновна - к.б.н., доцент, ведущий научный сотрудник химико-аналитического отдела ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»; e-mail: larionovatk@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9754-4685

Зеленковская Евгения Евгеньевна - младший научный сотрудник химико-аналитического отдела ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»; e-mail: evgeniazelenkovskaya@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7682-2703

Мусабиров Дмитрий Эдуардович - младший научный сотрудник химико-аналитического отдела ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»; e-mail: 30102000@rambler.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2042-8162

Аухадиева Эльвира Ахатовна - младший научный сотрудник химико-аналитического отдела ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»; e-mail: phytoufa@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6793-6992

Аллаярова Гузель Римовна - к.б.н., старший научный сотрудник химико-аналитического отдела ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»; e-mail: guzel-all@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0838-3598

Бакиров Ахат Бариевич - д.м.н., проф., академик АН РБ, советник директора ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»; e-mail: akhatb@bk.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3510-2595

Ахметшина Римма Асхатовна - врач эпидемиолог ГБУЗ МО «ЦКПБ им. Ф.А. Усольцева»; e-mail: rimma2356880@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0009-0005-4550-0273

Левашова Лилия Сафуановна - заместитель начальника отдела надзора по гигиене детей и подростков Управления Роспотребнадзора по Республике Башкортостан e-mail: levashova_ls@02.rospotrebnadzor.ru; ORCID: https://orcid.org/0009-0007-1639-2685.

Скотарева Мария Александровна - главный врач ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан»; e-mail: fguz@02.rospotrebnadzor.ru; ORCID: отсутствует.

Поступила/Received: 02.02.2026

Принята в печать/Accepted: 10.02.2026

УДК:614.1:313.13

АНАЛИЗ ПОЛОВОЗРАСТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ С ВРЕМЕННОЙ УТРАТОЙ ТРУДОСПОСОБНОСТИ ВСЛЕДСТВИЕ ПАТОЛОГИИ КОСТНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ В ПОСТПАНДЕМИЧЕСКИЙ ПЕРИОД В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Шастин А.С.[1], Шайхлисламова Э.Р.[2,3], Валеева Э.Т.[2,3], Панов В.Г.[4], Газимова В.Г.[1], Чаурина Д.В.[1]

[1] ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, Екатеринбург, Россия

[2] ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

[3] ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Уфа, Россия

[4] Институт промышленной экологии Уро РАН, Екатеринбург, Россия

Заболеваемость с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) представляет собой один из ключевых показателей состояния здоровья работающего населения. В контексте достижения национальной цели по минимизации потерь рабочего времени, обусловленных временной нетрудоспособностью (ВН), приобретает особую актуальность изучение динамики заболеваемости среди трудоспособных граждан в постпандемийный период.

Цель исследования. Выявить возрастно-половые особенности заболеваемости трудоспособного населения вследствие болезней костно-мышечной системы в постпандемийный период в Российской Федерации.

Методы и материалы. В рамках исследования использованы данные статистической формы 16-ВН для расчёта показателей ЗВУТ трудоспособного населения в сравнении допандемийного периода (2015-2019 гг.) и 2023 года. Данные проанализированы с разбивкой по полу и пятилетним возрастным когортам. Для оценки динамики заболеваемости рассчитан темп прироста уровня ЗВУТ в 2023 году по сравнению с допандемийным периодом.

Статистическая значимость различий показателей оценена с помощью построения доверительных интервалов (ДИ) для генерального среднего значения за период 2015-2019 гг.

Результаты. В 2023 году наблюдается статистически значимое отклонение от допандемийных показателей заболеваемости практически во всех классах болезней. Отмечается достоверное снижение уровня заболеваемости по отдельным причинам, что может указывать на нереализованный риск для здоровья работающего населения, проявляющийся в виде эффекта ЗВУТ. Наивысшие уровни заболеваемости по числу случаев ВН и максимальные темпы прироста практически во всех классах МКБ выявлены среди когорты 15-19 лет и 20-24 года у мужчин и женщин.

Ограничения исследования. Исследование ограничено данными за 2015-2019 и 2023 гг.

Заключение. Учитывая специфику возрастных особенностей ВН, в процессе диспансеризации работающего населения при реализации региональных и муниципальных программ по укреплению общественного здоровья органам управления здравоохранения целесообразно уделить приоритетное внимание анализу состояния здоровья работников более молодых возрастных групп.

При формировании и внедрении корпоративных программ работодателям следует учитывать данную специфику в разработке профилактических мероприятий, особенно в отношении работников, труд которых связан с физическими нагрузками.

Ключевые слова: болезни костно-мышечной системы, заболеваемость с временной утратой трудоспособности; постпандемийный период, половозрастные особенности

Соблюдение этических стандартов. Проведение исследования не требовало согласования локального этического комитета.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Шастин А.С. , Шайхлисламова Э.Р., Валеева Э.Т., Панов В.Г., Газимова В.Г., Чаурина Д.В. Анализ половозрастных особенностей заболеваемости с временной утратой трудоспособности вследствие патологии костно-мышечной системы в постпандемический период в Российской Федерации. Медицина труда и экология человека. 2026; 1: 211 - 229 .

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10111

Для корреспонденции: Шастин Александр Сергеевич, e-mail: shastin@ymrc.ru

ANALYSIS OF AGE AND GENDER-RELATED SPECIFICS OF INCIDENCE WITH TEMPORARY WORKABILITY LOSS DUE TO POSTPANDEMIC MUSCULOSKELETAL PATHOLOGY IN THE RUSSIAN FEDERATION

Shastin A.S.[1], Shaikhlislamova E.R.[2, 3], Valeeva E.T.[2, 3], Panov V.G.[4], Gazimova V.G.[1], Chaurina D.V.[1]

[1] Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers, Yekaterinburg, Russia

[2] Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

[3] Bashkirian State Medical University, Ufa, Russia

[4] Institute of Industrial Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Incidence with temporary workability loss is a key health indicator of the working population. In the context of achieving the national goal of minimizing work time losses due to temporary disability, studying the incidence dynamics rates among the working-age population in the post-pandemic era is particularly relevant.

Objective: To establish age- and gender-related specifics of post-pandemic musculoskeletal disease incidence in the working-age population of the Russian Federation.

Materials and Methods: We used data from statistical form 16-VN to calculate temporary disability rates for the working-age population before and after the COVID-19 pandemic (2015–2019 versus 2023). The data were analyzed by gender and five-year age cohorts. To assess the dynamics of incidence, we established the growth of temporary disability rates in 2023 compared to the selected pre-pandemic time span. The statistical significance of differences was assessed by constructing confidence intervals (CIs) for the overall mean value between 2015 and 2019.

Results: In 2023, statistically significant deviations from pre-pandemic incidence rates were observed for virtually all disease classes. A significant decrease in incidence rates for certain causes was noted, which may indicate an unrealized health risk to the working

population, manifested as the effect of temporary disability. The highest temporary disability rates in terms of episodes and the highest growth rates in virtually all ICD classes were found in age cohorts of 15 to 19 and 20 to 24 years of both genders.

Limitations: The study is limited to data for the years 2015–2019 and 2023.

Conclusions: Given the age-related specifics of temporary disability, healthcare authorities should prioritize analyzing the health status of workers in younger age groups when conducting health check-ups of the working population during the implementation of regional and municipal public health programs.

When developing and implementing corporate programs, employers should consider these patterns when developing preventive measures, especially for blue-collar workers.

Keywords: diseases of the musculoskeletal system and connective tissue, temporary disability, post-pandemic area, age and gender-related specifics

Compliance with ethical standards. Formal approval of an ethics committee is not required for this study.

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Funding: This research received no external funding.

For citation: Shastin A.S., Shaikhlislamova E.R., Valeeva E.T., Panov V.G., Gazimova V.G., Chaurina D.V. Analysis of age and gender-related specifics of post-pandemic temporary workability loss due to musculoskeletal diseases in the Russian Federation. Occupational Health and Human Ecology. 2026; 1: 211 - 229.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10111

For correspondence: Aleksandr S. Shastin, Cand. Sc. (Medicine), Senior Researcher, Department of Occupational Medicine Organization, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers, e-mail: shastin@ymrc.ru

Распространение новой коронавирусной инфекции (COVID-19), вызванной вирусом SARS-CoV-2, оказало существенное влияние на здоровье всех возрастных групп [1-4]. Многочисленные научные исследования подтверждают негативное воздействие вируса на все системы и органы человека. COVID-19 усугубляет течение хронических заболеваний и может спровоцировать развитие новых неинфекционных патологий, а также психических расстройств [5-9]. В связи с

пандемией COVID-19 наблюдается изменение эпидемиологических характеристик заболеваемости болезнями неинфекционной природы. Это отчасти связано с изменением медицинской активности населения [8, 10-12].

Негативные демографические тенденции в Российской Федерации актуализируют необходимость реализации мер, направленных на сохранение здоровья трудоспособного населения и увеличение продолжительности его профессиональной деятельности. К ключевым показателям состояния здоровья работников относится заболеваемость с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ)[14] [16].

Достижение национальной цели по снижению потерь рабочего времени вследствие временной нетрудоспособности (ВН) определяет высокую значимость изучения заболеваемости среди работающего населения в постпандемийный период.

Одной из важнейших причин, обусловливающих высокие показатели временной потери трудоспособности среди работающего населения, являются заболевания костно-мышечной системы. Актуальность данной проблемы обусловлена широким возрастным диапазоном лиц, страдающих заболеваниями опорно-двигательного аппарата. Данный факт подчёркивает необходимость проведения всестороннего анализа распространённости и выявления особенностей патологии опорно-двигательного аппарата среди населения, в том числе лиц трудоспособного возраста. [17].

Цель исследования. Изучить половозрастные особенности заболеваемости с временной утратой трудоспособности по причине болезней костно-мышечной системы (БКМС) в постпандемийный период в Российской Федерации в 2023 гг.

Материалы и методы. В настоящем исследовании показатели заболеваемости временной нетрудоспособностью (ЗВН) по причине БКМС проанализированы на основе данных формы статистического наблюдения № 16-ВН «Сведения о причинах временной нетрудоспособности». Анализ проводился для допандемийного периода (2015-2019 гг.) и 2023 года в целом по Российской Федерации. Исходные данные формы 16-ВН предоставляют исключительно абсолютные показатели количества случаев и дней временной нетрудоспособности. Для расчёта интенсивных показателей уровня ЗВН с учётом

[14] Указ Президента Российской Федерации № 309 от 7 мая 2024 года «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года»

половозрастных характеристик требуется дополнительный анализ. Ввиду отсутствия данных о половозрастной структуре работающего населения применён апробированный ранее подход, основанный на данных о численности населения, занятого в экономике[15] [18-20].

В целях учёта половозрастных особенностей возникновения временной нетрудоспособности, показатели рассчитаны раздельно для мужчин и женщин по всем причинам ВН: «число случаев ВН на 100 человек, занятых в экономике» (далее – «число случаев ВН на 100 занятых»); число дней ВН на 100 человек, занятых в экономике" (далее – «число дней ВН на 100 занятых»); «средняя длительность одного случая ВН за периоды 2015-2019 и 2023 гг. «Число случаев ВН на 100 занятых» также рассчитывается по пятилетним возрастным когортам (15-19 лет, ..., 55-59 лет) и для когорты 60 лет и старше.

В исследовании применены методы описательной и аналитической статистики.

Проведён анализ нормальности распределения данных за период с 2015 по 2019 год с использованием критерия Колмогорова-Смирнова. Результаты показали, что большинство анализируемых показателей демонстрируют нормальное распределение. Для каждого показателя были рассчитаны средние значения (M) за период с 2015 по 2019 год и определены темпы прироста их значений в 2023 году по сравнению с допандемйным периодом. С целью оценки статистической значимости различий между показателями 2023 года и допандемийным периодом были построены доверительные интервалы (ДИ) для генерального среднего значения за период с 2015 по 2019 год. Статистически значимыми считались различия, при которых значение показателя 2023 года выходило за пределы построенных ДИ.

Для статистической обработки данных использованы программы Microsoft Excel и Wolfram Research Mathematica (v. 13.0).

Результаты. В настоящее время использование специалистами показателей занятости населения для оценки ЗВУТ не получило широкого распространения и применяется лишь ограниченным числом исследователей [19,20]. Полученные с помощью таких показателей значения не совпадают с общедоступными статистическими данными, однако позволяют осуществлять сравнительный анализ по половозрастным группам.

[15] Сайт Федеральной службы государственной статистики https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13211.

Показатели ЗВУТ по числу случаев ВН на 100 занятых женщин по возрастным когортам представлены в таблице 1.

Таблица 1. Уровень заболеваемости с временной утратой трудоспособности по числу случаев временной нетрудоспособности в 2015-2019 гг. и 2023 г. (на 100 женщин, занятых в экономике)

Table 1. Episodes of sickness absence in 2015–2019 and 2023 (per 100 employed women)

возраст	М [ДИ]	2023 (темп прироста к М, %)
всего	4,02 [3,88;4,16]	5,16 (28,4)
15-19	4,10 [2,82;5,38]	6,64 (61,7)
20-24	2,12 [1,73;2,52]	3,84 (80,9)
25-29	1,73 [1,68;1,78]	2,48 (43,5)
30-34	2,60 [2,53;2,67]	2,85 (9,7)
35-39	3,48 [3,31;3,64]	4,06 (16,9)
40-44	4,31 [4,11;4,50]	5,34 (24,0)
45-49	5,03 [4,80;5,26]	6,38 (26,9)
50-54	5,33 [5,16;5,51]	7,07 (32,5)
55-59	5,76 [5,50;6,01]	6,37 (10,6)
60 лет и старше	7,16 [6,67;7,63]	8,43 (17,7)

Во всех 5-летних когортах в 2023 г. выявлены статистически значимые отличия от уровней заболеваемости в допандемийный период.

Самые высокие темпы прироста у женщин выявлены в когортах 15-19 лет и 20-24 года. В старших возрастных группах 55-59 и старше 60 лет отмечаются относительно низкие темпы прироста. В когорте 15-19 лет превышение уровня заболеваемости по причине БКМС над аналогичным показателем в среднем по всем возрастам выросло с 2,0% в допандемийный период до 28,7% в постпандемийный. Более высокий уровень показателей в 2023 г. выявлен только в значительно более возрастных группах 50-54 года и 60 лет и старше. Самый

низкий уровень заболеваемости в изучаемый период сохранялся в когорте 25-29 лет.

Показатели ЗВУТ по числу случаев ВН на 100 занятых мужчин по возрастным когортам представлены в таблице 2.

Таблица 2. Уровень заболеваемости с временной утратой трудоспособности по числу случаев нетрудоспособности в 2015-2019 гг. и 2023 г. (на 100 мужчин, занятых в экономике).

Table 2. Days of sickness absence in 2015–2019 and 2023 (per 100 employed men).

возраст	М [ДИ]	2023 (темп прироста к М, %)
всего	3,69 [3,44;3,95]	5,64 (52,6)
15-19	2,45 [1,49;3,40]	4,75 (94,1)
20-24	2,32 [1,90;2,74]	4,18 (80,1)
25-29	2,31 [2,16;2,45]	3,84 (66,3)
30-34	3,14 [2,84;3,43]	4,52 (44,0)
35-39	3,60 [3,25;3,96]	5,72 (58,8)
40-44	3,85 [3,52;4,19]	6,04 (56,9)
45-49	4,09 [3,82;4,36]	6,21 (51,9)
50-54	4,37 [4,13;4,61]	6,46 (47,9)
55-59	5,07 [4,93;5,21]	6,31 (24,3)
60 лет и старше	6,14 [5,99;6,28]	7,25 (18,1)

У мужчин, также, во всех 5-летних когортах в 2023 г. выявлены статистически значимые отличия от уровней заболеваемости в допандемийный период 2015-2019 гг. Самые высокие темпы прироста заболеваемости среди мужчин выявлены в когортах 15-19 лет и 20-24 года.

В допандемийный период уровень ЗВУТ женщин (по всем возрастам) был выше, чем у мужчин на 8,9%, в первую очередь, за счёт возрастной группы 40 и более лет. В возрастной группе 20-39 лет уровень заболеваемости у мужчин был

зафиксирован ниже, чем у женщин. В 2023 г. уровень ЗВУТ по числу случаев ВН был выше уже у мужчин на 9,3%. В 2023 г. темпы прироста у мужчин значительно превышали аналогичные показатели женщин практически во всех возрастных когортах за исключением групп 20-24 года и старше 60 лет.

В отличие от женщин в самой молодой группе у мужчин 15-19 лет отмечался достаточно низкий уровень заболеваемости по причине БКМС относительно прочих возрастных когорт, несмотря на самый высокий темп прироста.

Показатели ЗВУТ по числу дней и средней длительности 1 случая ВН в форме 16-ВН не содержат данных по возрастным когортам, поэтому представлены в целом для мужчин и женщин (таблица 3).

Таблица 3. Уровень заболеваемости с временной утратой трудоспособности по числу дней и средней длительности 1 случая в 2015-2019 гг. и 2023 г. (на 100 занятых в экономике по полу)

Table 3. Days of sickness absence and mean duration of an episode in 2015–2019 and 2023 (per 100 employed men and women)

показатель	M [ДИ]	2023 (темп прироста к M, %)
число дней ВН на 100 занятых в экономике, женщины	62,4 [59,9;64,9]	84,9 (36,0)
число дней ВН на 100 занятых в экономике, мужчины	54,2 [50,6;57,9]	86,5 (59,6)
средняя длительность 1 случая ВН, женщины	15,5 [15,4;15,6]	16,4 (6,0)
средняя длительность 1 случая ВН, мужчины	14,7 [14,6;14,8]	15,4 (4,6)

По числу дней ВН на 100 занятых и средней длительности 1 случая как среди мужчин, так и среди женщин выявлены статистически значимые отличия от допандемийного. Темпы прироста уровня ЗВУТ и по числу случаев, и по числу дней ВН на 100 занятых у мужчин в постпандемийный период значительно превышают

аналогичные показатели у женщин. При этом, темп прироста средней длительности 1 случая ВН у женщин оказался выше (таб. 3).

Обсуждение. Пандемия коронавирусной инфекцией оказала огромное негативное влияние как на демографические показатели, так и показатели заболеваемости населения, в том числе с временной утратой трудоспособности. Проведённый анализ собственных материалов и исследований других авторов свидетельствуют о значимом влиянии COVID-19 на разнонаправленные изменения как структуры заболеваемости населения основными хроническими неинфекционными заболеваниями, в том числе и БКМС, так и показатели ЗВУТ [3, 6, 10, 11, 20]. В целом был отмечен повсеместный рост заболеваемости БКМС среди работающего населения, причины которого требуют дополнительного изучения.

Исследователи акцентируют внимание на снижение уровня первичной и стабильный уровень общей заболеваемости взрослого населения РФ болезнями этого класса в период распространения COVID-19 [23]. Во всех половозрастных группах в 2023 г. был выявлен значительный статистически значимый рост уровня ЗВУТ. Темп прироста к М находился в пределах от 9,7% (женщины 30-34 лет) до 94,1% (мужчины 15-19 лет).

Особую озабоченность вызывает состояние здоровья работающих молодого возраста. Особенностями ЗВУТ БКМС в ранний постпандемийный период явились высокие уровни заболеваемости по числу случаев ВН в когортах лиц обоего пола молодого возраста- 15-19 лет и 20-24 года, что требует отдельных более углублённых исследований по анализу сложившейся ситуации. Ожидаемо, казалось бы, было наблюдать подъем показателей ЗВУТ именно среди лиц более старших возрастных групп.

В настоящее время получили широкое развитие корпоративные программы укрепления здоровья персонала. Особенности ЗВУТ отдельных категорий работников наряду с гигиеническими подходами должны учитываться при разработке программ медико-профилактических мероприятий [14, 15].

На данных Росстата о причинах временной нетрудоспособности[3], представленных в целом для мужчин и женщин, построено большое количество исследований. Однако, следует учитывать, что показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности имеют выраженные половозрастные особенности, что необходимо учитывать при разработке как индивидуальных, так и коллективных профилактических программ [19].

Заключение. В начальный период после пандемии в Российской Федерации наблюдался статистически достоверный рост заболеваемости с временной утратой трудоспособности среди работающего населения по заболеваниям костно-мышечной системы, особенно среди лиц молодого возраста. Высокие темпы прироста уровня ЗВУТ по причине БКМС и её особенности должны учитываться при анализе показателей и разработке профилактических мероприятий, особенно в отношении работников, труд которых связан с физическими нагрузками.

В корпоративные программы по улучшению условий труда и сохранению здоровья необходимо включать мероприятия по профилактике развития БКМС с учётом особенностей ЗВУТ у различных категорий работников.

При организации диспансерных осмотров органам управления здравоохранения важно уделять особое внимание лицам трудоспособного молодого возраста, учитывать специфику заболеваний, вызывающих временную нетрудоспособность в процессе реализации региональных и муниципальных программ по укреплению общественного здоровья.

Вклад авторов:

Концепция и дизайн исследования – Шастин А.С., Шайхлисламова Э.Р.

Сбор и обработка материала – Шастин А.С., Панов В.Г.

Анализ данных – Шастин А.С., Панов В.Г.

Написание текста и оформление статьи – Шастин А.С., Шайхлисламова Э.Р., Валеева Э.Т., Газимова В.Г., Чаурина Д.В.

Редактирование – Шайхлисламова Э.Р., Валеева Э.Т., Газимова В.Г., Чаурина Д.В.

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Author contributions:

Study conception and design – Shastin A.S., Shaikhlislamova E.R.

Data collection and processing – Shastin A.S., Panov V.G.

Data analysis – Shastin A.S., Panov V.G.

Draft manuscript preparation – Shastin A.S., Shaikhlislamova E.R., Valeeva E.T., Gazimova V.G., Chaurina D.V.

Editing – Shaikhlislamova E.R., Valeeva E.T., Gazimova V.G., Chaurina D.V.

All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of its final version.

Список литературы:

1. Ceylan Z. Estimation of COVID-19 prevalence in Italy, Spain, and France. Sci Total Environ. 2020; 729: 138817. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138817

2. Miller L.E., Bhattacharyya R., Miller A.L. Data regarding country-specific variability in Covid-19 prevalence, incidence, and case fatality rate. Data Brief. 2020; 32: 106276. https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106276

3. Галикеева А.Ш., Ахтямова С.Х., Симонова Н.И., Идрисова Г.Б., Иштуков Р.Р. COVID-19 как дополнительный фактор риска формирования основных неинфекционных заболеваний у взрослого населения: ретроспективное аналитическое описательное исследование. Кубанский научный медицинский вестник. 2025; 32(2): 55–68. https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-2-55-68

4. Бобровицкая А.И., Лихобабина О.А., Махмутов Р.Ф., Пошехонова Ю.В., Сухорукова Л.А., Сазонов В.В. Клинические проявления постковидного синдрома у детей и подростков: обзор литературы. Архив клинической и экспериментальной медицины. 2023. Т. 32. № 4. С. 83-87.

5. Gibson P.G., Qin L., Puah S.H. COVID-19 acute respiratory distress syndrome (ARDS): clinical features and differences from typical pre-COVID-19 ARDS. Med J Aust. 2020;213(2):54-56. e1. https://doi.org/10.5694/mja2.50674

6. Пандемия COVID-19 и сердечно-сосудистые заболевания. Уроки и перспективы / Шляхто Е. В., Конради О.А., Каронова Т.Л. [и др.] // Вестник Российской академии наук. 2022. Т. 92, № 7. С. 686–690. doi: 10.31857/S0869587322070192.

7. Inciardi R.M., Lupi L., Zaccone G., Italia L., Raffo M., Tomasoni D., et al. Cardiac involvement in a patient with coronavirus disease 2019 (COVID-19). JAMA Cardiol. 2020; 5(7): 819-824. https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.1096

8. Davis H.E., Assaf G.S., McCorkell L., Wei H., Low R.J., Re'em Y., et al. Characterizing long COVID in an international cohort: 7 months of symptoms and their impact. EClinicalMedicine. 2021; 38: 101-019. https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.101019

9. Kumar P., Sarkar M., Yurkina M.F., Gnanaraj R., Martínez D.J.G., Pisfil-Farroñay Y.A., et al. Impact of emerging COVID-19 variants on psychosocial health: A systematic review. J Family Med Prim Care. 2025; 14(2): 514-20. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_606_24

10. Демичева Т.П. Сравнительная эпидемиологическая характеристика болезней эндокринной системы и их исходов в доковидный и ковидный периоды. Здравоохранение Российской Федерации. 2024; 68(3): 212-217. https://doi.org/10.47470/0044-197X-2024-68-3-212-217.

11. Шелгунов В.А., Зубко А.В., Кунгурцев О.В., Запорожченко В.Г. Влияние новой коронавирусной инфекции на развитие хронических неинфекционных заболеваний. Социальные аспекты здоровья населения. 2023; 69(3): 5. DOI: 10.21045/2071-5021-2023-69-3-5 EDN: ZFNKTK

12. Гордеева С.С., Шарыпова С.Ю. Медицинская активность россиян среднего возраста в «допандемийный» и «пандемийный» периоды. Здравоохранение Российской Федерации. 2023; 67(6): 479-486. https://doi.org/10.47470/0044-197X-2023-67-6-479-486.

13. Жеглова А.В., Лапко И.В., Рушкевич О.П., Богатырёва И.А. Комплексный подход к сохранению здоровья рабочих крупных промышленных предприятий. Здравоохранение Российской Федерации. 2021; 65(4): 359-364. https://doi.org/10.47470/0044-197X-2021-65-4-359-364

14. Яцына И.В., Шеенкова М.В. Вопросы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения с позиций достижения профессионального долголетия. В сборнике: Медицина труда: проблемы сохранения профессионального здоровья в России на рубеже первой и второй четверти XXI века. Сборник трудов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвящённой 100-летию со дня основания кафедры медицины труда ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России. Санкт-Петербург, 2024. С. 287-291.

15. Сухова А.В., Преображенская Е.А., Лапко И.В. Гигиенический подход к формированию корпоративных программ сохранения здоровья трудоспособного населения. Здравоохранение Российской Федерации. 2024; 68(6): 518-525. https://doi.org/10.47470/0044-197X-2024-68-6-518-525.

16. Ковалев С.П., Яшина Е. Р., Турзин П. С., Лукичев К. Е. Современное состояние системы управления процессом снижения нетрудоспособности работающего населения регионов страны // Управленческое консультирование. 2023. № 12. С. 96–108. DOI 10.22394/1726-1139-2023-12-96-108.

17. Шайхлисламова Э. Р., Басырова А. Р., Шастин А.С. Валеева Э.Т., Терехов Н.Л.,Панов В. Г., Газимова В. Г. Региональные особенности заболеваемости болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани в период пандемии COVID-19 в Приволжском федеральном округе. Санитарный врач. 2024; 7. https://doi.org/10.47470/0044-197X-2024-68-2-162-169

18. Миргородская О. В., Щепин В. О., Корецкий С. Н. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности в Российской Федерации в 2000—2018 гг. и ее региональные особенности // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2021. Т. 29. № 6. С. 1459—1469. DOI: http://dx.doi.org/10.32687/0869-866X-2021-29-6-1459-1469

19. Тихонова Г.И., Чуранова А.Н., Горчакова Т.Ю., Голубев Н.А. Анализ заболеваемости с временной утратой трудоспособности в России. Материалы Всеросс. конф «Профессиональное долголетие – многофакторные риски, стратегия и тактика реализации». Омск; 2021.

20. Шастин А.С. Влияние внутренней трудовой миграции на показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности в Российской Федерации. Медицина труда и промышленная экология. 2024; 64(8): 518-524. https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-8-518-524

21. А.Г. Деряева, Л.И. Меньшикова, И.М. Сон Анализ заболеваемости с временной утратой трудоспособности женского населения Белгородской области. Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2024 г., № 5. С. 199-218. DOI 10.24412/2312-2935-2024-5-199-218

22. Pluta A., Sulikowska B., Manitius J., Posieczek Z., Marzec A., Morisky D.E. Acceptance of illness and compliance with therapeutic recommendations in patients

with hypertension. Int J Environ Res Public Health. 2020; 17(18): 6789. https://doi.org/10.3390/ijerph17186789

23. Плахова А.О., Сороцкая В.Н., Вайсман Д.Ш., Балабанова Р.М. Анализ показателей первичной и общей заболеваемости болезнями костно-мышечной системы и ревматоидным артритом в регионах России // International Journal of Medicine and Psychology. 2024. Том 7. № 8. С. 37 – 43. DOI: 10.58224/2658-3313-2024-7-8-37-43

References:

1. Ceylan Z. Estimation of COVID-19 prevalence in Italy, Spain, and France. Sci Total Environ. 2020; 729: 138817. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138817
2. Miller L.E., Bhattacharyya R., Miller A.L. Data regarding country-specific variability in Covid-19 prevalence, incidence, and case fatality rate. Data Brief. 2020; 32: 106276. https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106276

3. Galikeeva A.Sh., Akhtyamova S.K., Simonova N.I., Idrisova G.B., Ishtukov R.R. COVID-19 as an additional risk factor for major non-communicable diseases in adults: A retrospective analytic descriptive study. Kubanskiy Nauchnyy Meditsinskiy Vestnik. 2025; 32(2): 55-68. (In Russ.) https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-2-55-68

4. Bobrovitskaya A.I., Likhobabina O.A., Makhmutov R.F., Poshekhonova J.V., Sukhorukova L.A., Sazonov V.V. Clinical manifestations of postcovid syndrome in children and adolescents: literature review. Arkhiv klinicheskoy i eksperimental'noy meditsiny. 2023; 32(4): 83-7. (In Russ.)

5. Gibson P.G., Qin L., Puah S.H. COVID-19 acute respiratory distress syndrome (ARDS): clinical features and differences from typical pre-COVID-19 ARDS. Med J Aust. 2020; 213(2): 54-56.e1. https://doi.org/10.5694/mja2.50674

6. Shlyakhto E.V., Konradi O.A., Karonova T.L., Fedotov P.A. COVID-19 pandemic and cardiovascular diseases. Lessons and prospects [Pandemiya COVID-19 i serdechno-sosudistye zabolevaniya. Uroki i perspektivy]. Vestnik Rossiyskoy Akademii Nauk. 2022; 92(7): 686-90. (In Russ.) https://doi.org/10.31857/S0869587322070192

7. Inciardi R.M., Lupi L., Zaccone G., Italia L., Raffo M., Tomasoni D., et al. Cardiac involvement in a patient with coronavirus disease 2019 (COVID-19). JAMA Cardiol. 2020; 5(7): 819-824. https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.1096

8. Davis H.E., Assaf G.S., McCorkell L., Wei H., Low R.J., Re'em Y., et al. Characterizing long COVID in an international cohort: 7 months of symptoms and their impact. EClinicalMedicine. 2021; 38: 101019. https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.101019

9. Kumar P., Sarkar M., Yurkina M.F., Gnanaraj R., Martínez D.J.G., Pisfil-Farroñay Y.A., et al. Impact of emerging COVID-19 variants on psychosocial health: A systematic review. J Family Med Prim Care. 2025; 14(2): 514-20. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_606_24

10. Demicheva T.P. Comparative epidemiological characteristics of diseases of the endocrine system and their outcomes over the pre-COVID-19 and COVID-19 periods. Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii. 2024; 68(3): 212-7. (In Russ.) https://doi.org/10.47470/0044-197X-2024-68-3-212-217

11. Shelgunov V.A., Zubko A.V., Kungurtsev O.V., Zaporozhchenko V.G. Effects of a new coronavirus infection on the development of chronic non-communicable diseases. Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya. 2023; 69(3): 5. (In Russ.) https://doi.org/10.21045/2071-5021-2023-69-3-5

12. Gordeeva S.S., Sharypova S.Yu. Medical activity of middle-aged Russians in the "pre-pandemic" and "pandemic" periods. Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii. 2023; 67(6): 479-86. (In Russ.) https://doi.org/10.47470/0044-197X-2023-67-6-479-486

13. Zheglova A.V., Lapko I.V., Rushkevich O.P., Bogatyreva I.A. An integrated approach to preserving the health of workers of large industrial enterprises. Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii. 2021; 65(4): 359-364. (In Russ.) https://doi.org/10.47470/0044-197X-2021-65-4-359-364

14. Yatsyna I.V., Sheenkova M.V. Issues of ensuring sanitary and epidemiological well-being of the population from the standpoint of achieving professional longevity [Voprosy obespecheniya sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya s pozitsiy dostizheniya professional'nogo dolgoletiya]. In: Grebenkov S.V., ed. Occupational Medicine: Problems of Maintaining Workers' Health in Russia at the Turn of the First and Second Quarters of the 21st Century: Proceedings of the Russian Conference with international participation dedicated to the 100th Anniversary of the Department of Occupational Medicine of the North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, May 23, 2024. St. Petersburg: The Mechnikov North-Western State Medical University Publ.; 2024: 287-91. (In Russ.)

15. Sukhova A.V., Preobrazhenskaya E.A., Lapko I.V. Hygienic approach to the formation of corporate programs for the preservation of the health of the able-bodied

population. Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii. 2024; 68(6): 518-25. (In Russ.) https://doi.org/10.47470/0044-197X-2024-68-6-518-525

16. Kovalev S.P., Yashina E.R., Turzin P.S., Lukichev K.E. The current state of the management system for the process of reducing the disability of the working population of the country's regions. Upravlencheskoe konsul'tirovanie. 2023; (12(180)): 96-108. (In Russ.) https://doi.org/10.22394/1726-1139-2023-12-96-108

17. Shaikhlislamova E. R., Basyrova A. R., Shastin A. S., Valeeva E. T., Terekhov N. L., Panov V. G., Gazimova V. G. Regional features of the incidence of diseases of the musculoskeletal system and connective tissue during the COVID-19 pandemic in the Volga Federal District. Sanitarny Vrach. 2024;(7):528-539. (In Russ.) https://doi.org/10.33920/med-08-2407-07

18. Mirgorodskaya O.V., Schepin V.O., Koretsky S.N. The morbidity with temporary disability and its regional characteristics in the Russian Federation in 2000–2018. Problemy Sotcialnoy Gigieny, Zdravookhraneniya i Istorii Meditciny. 2021; 29(6): 1459-69. (In Russ.) https://doi.org/10.32687/0869-866X-2021-29-6-1459-1469

19. Tikhonova G.I., Churanova A.N., Gorchakova T.Ya., Golubev N.A. Analysis of sickness absenteeism in Russia. In: Professional Longevity – Multifactor Risks, Strategy and Tactics of Realization: Proceedings of the All-Russian Conference with international participation, Omsk, April 22–23, 2021. Omsk: OmGMU Publ; 2021: 165-9. (In Russ.)

20. Shastin A.S. The impact of internal labor migration on morbidity rates with temporary disability in the Russian Federation. Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology. 2024; 64(8): 518-24. (In Russ.) https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-8-518-524

21. Deryaeva A.G., Menshikova L.I., Son I.M. Analysis of morbidity with temporary disability of the female population of the Belgorod Region. Sovremennye problemy zdravookhraneniya i meditsinskoy statistiki. 2024; (5): 199-218. (In Russ.) https://doi.org/10.24412/2312-2935-2024-5-199-218

22. Pluta A., Sulikowska B., Manitius J., Posieczek Z., Marzec A., Morisky D.E. Acceptance of illness and compliance with therapeutic recommendations in patients with hypertension. Int J Environ Res Public Health. 2020; 17(18): 6789. https://doi.org/10.3390/ijerph17186789

23. Plakhova A.O., Sorotskaya V.N., Vaisman D.Sh., Balabanova R.M. Indicator's analysis of primary and general incidence of diseases of the musculoscal system and

rheumatoid arthritis in the regions of Russia. International Journal of Medicine and Psychology. 2024; 7(8): 37-43. (In Russ.) https://doi.org/10.58224/2658-3313-2024-7-8-37-43

Информация об авторах

Шастин Александр Сергеевич – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела организации медицины труда ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП, 620014, г. Екатеринбург, ул. Попова, 30; e-mail shastin.64@mail.ru; тел.: +7 (922) 038-27-99, https://orcid.org/0000-0001-8363-5498

Шайхлисламова Эльмира Радиковна – кандидат медицинских наук, директор Уфимского научно-исследовательского института медицины труда и экологии человека, 450106, г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, д. 94; e-mail: shajkh.ehlmira@yandex.ru; тел. раб. (347) 255-19-57, https://orcid.org/0000-0002-6127-7703

Валеева Эльвира Тимерьяновна – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела медицины труда Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека, 450106, г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, д. 94; e-mail: oozr@mail.ru; тел. раб. (347) 255-57-21, https://orcid.org/ 000-0002-9146-5625

Панов Владимир Григорьевич – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории математического моделирования в экологии и медицине ФБУН Институт промышленной экологии Уро РАН, 620137, г.Екатеринбург, ул. С.Ковалевской, 20; старший научный сотрудник отдела токсикологии и биопрофилактики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП, 620014, г. Екатеринбург, ул. Попова, 30; e-mail vpanov@ecko.uran.ru; тел.: (343) 362-35-14, https://orcid.org/0000-0001-6718-3217

Газимова Венера Габдрахмановна - доктор медицинских наук, заведующий отделом организации медицины труда ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП, 620014, г. Екатеринбург, ул. Попова, 30; E -mail venera@ymrc.ru; Тел. раб. (343) 312-84-86, http://orcid.org/0000-0003-3591-3726

Чаурина Диана Васильевна – врач по гигиене труда, отдела организации медицины труда ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП, 620014, г. Екатеринбург, ул. Попова, 30; chaurinadv@ymrc.ru; Тел. раб. (343) 312-84-86, https://orcid.org/0009-0009-2545-8169

Information about the authors

Aleksandr S. Shastin – Cand.Sc. (Medicine), Senior Researcher, Department of Occupational Medicine Organization, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: shastin.64@mail.ru, tel.: +7 (922) 038-27-99, https://orcid.org/0000-0001-8363-5498

Elmira R. Shaikhlislamova – Cand. Sc. (Medicine), Director of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, 94 Stepan Kuvykin Street, Ufa, 450106, Russian Federation; e-mail: shajkh.ehlmira@yandex.ru; tel. +7 (347) 255-19-57, https://orcid.org/0000-0002-6127-7703

Elvira T. Valeeva – Doct. Sc, (Medicine), Professor, Chief Researcher, Department of Medicine Works, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, 94 Stepan Kuvykin Street, Ufa, 450106, Russian Federation; e-mail: oozr@mail.ru; tel. +7 (347) 255-57-21, https://orcid.org/0000-0002-9146-5625

Vladimir G. Panov – Cand. Sc. (Physics and Mathematics), Leading Researcher, Laboratory for Mathematical Modelling in Ecology and Medicine, Institute of Industrial Ecology, 20 Sofia Kovalevskaya Street, Ekaterinburg, 620137, Russian Federation; Senior Researcher, Department of Toxicology and Bioprophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: vpanov@ecko.uran.ru, tel.: +7 (343) 362-35-14, https://orcid.org/0000-0001-6718-3217

Venera G. Gazimova – Doct. Sci. (Medicine), Head of the Department of Occupational Medicine Organization, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: venera@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 312-84-86, https://orcid.org/0000-0003-3591-3726

Diana V. Chaurina – Occupational Hygienist, Department of Occupational Medicine Organization, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: chaurinadv@ymrc.ru; tel. +7 (343) 312-84-86, https://orcid.org/0009-0009-2545-8169

Поступила/Received: 11.12.2025

Принята в печать/Accepted: 14.01.2026

УДК 613.6:615.9

ОЦЕНКА НЕФРОТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ В СУБХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Сутункова М.П.[1,2], Минигалиева И.А.[1,3], Батенева В.А.[1], Гертан Н.А.[1], Шеломенцев И.Г.[1], Сахаутдинова Р.Р.[1], Горшколепова А.В.[1]

[1] ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, Екатеринбург, Россия

[2] ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Екатеринбург, Россия

[3] ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия

Известно, что токсическое поражение почек характерно для многих элементнооксидных наночастиц (различной химической природы). Вместе с тем, углубленной и комплексной оценки механизмов нефротоксического действия наночастиц не проводилось.

Цель исследования – изучение токсического действия наночастиц меди на почки крыс-самцов в субхроническом эксперименте.

Материал и методы. НЧ-CuO (21±4 нм) в дозе 2 мг/кг м.т. вводили крысам опытной группы внутрибрюшинно 3 раза в неделю в течение 6 недель, контрольной группе (n=10) – стерильную деионизированную воду в том же режиме. Оценивали биохимические параметры сыворотки крови (общий белок, альбумин, креатинин, мочевая кислота, мочевина), мочи (креатинин, мочевая кислота, мочевина, белок), массу почек, гистоморфологические и цитологические параметры (щёточная каёмка, клеточный состав мазков-отпечатков почек), морфотипический состав митохондрий клеток паренхимы почек.

Результаты. Введение НЧ-CuO вызвало значительные структурные изменения в почках, выразившиеся в деструкции щеточной каймы канальцевого эпителия, повышении доли дегенеративно-измененных клеток в мазках-отпечатках и развитии эозинофилии. При этом статистически значимых изменений в распределении морфотипов митохондрий нефроцитов выявлено не было.

Ограничения исследования. Основное ограничение исследования связано с использованием экспериментальной модели на животных, что не позволяет

напрямую экстраполировать результаты на человека. Исследование проведено с использованием животных одного вида и пола.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о выраженном нефротоксическом действии НЧ-CuO, которое предположительно реализуется преимущественно за счет прямого повреждения тканевых и клеточных структур, а не через дисфункцию митохондриального аппарата. Исследование расширяет представления об воздействии НЧ-CuO на организм, в том числе на почки, что позволит более эффективно оценивать риски здоровья для населения и разрабатывать профилактические мероприятия, направленные на их снижение.

Ключевые слова: наночастицы, оксид меди, почки, нефротоксичность, субхроническое исследование, in vivo, комплексная оценка токсичности

Соблюдение этических стандартов. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора протокол № 2 от 20.04.2021.

Использование инструментов искусственного интеллекта: Авторы заявляют, что при подготовке настоящей рукописи системы искусственного интеллекта не применялись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Сутункова М.П., Минигалиева И.А., Батенева В.А., Гертан Н.А., Шеломенцев И.Г., Сахаутдинова Р.Р., Горшколепова А.В. Экспериментальная оценка нефротоксического действия наночастиц меди в субхроническом исследовании. Медицина труда и экология человека. 2026; 1: 230 - 251.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10112

Для корреспонденции: Наталья Александровна Гертан, e-mail: gertan00@mail.ru

SUBCHRONIC TOXICITY TESTING OF THE NEPHROTOXIC EFFECT OF COPPER NANOPARTICLES

Sutunkova M.P.[1,2], Minigalieva I.A.[1,3], Bateneva V.A.[1], Gertan N.A.[1], Shelomentsev I.G.[1], Sakhautdinova R.R.[1], Gorshkolepova A.V.[1]

[1] Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers, Yekaterinburg, Russia

[2] Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

[3] The Yeltsin Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Toxic kidney damage is known to be characteristic of nanoparticles of many chemical element oxides. However, an in-depth and comprehensive assessment of the mechanisms of their nephrotoxic effect has not been conducted.

Objective: To investigate nephrotoxic effects of copper nanoparticles in male rats in a subchronic experiment.

Materials and Methods: CuO NPs sized 21 ± 4 nm at a dose of 2 mg/kg b.w. were administered intraperitoneally to experimental rats thrice a week for 6 weeks. The control group (n = 10) received sterile deionized water on the same schedule. Biochemical parameters of serum (total protein, albumin, creatinine, uric acid, urea), urine (creatinine, uric acid, urea, protein), kidney weight, histomorphological and cytological parameters (brush border, cellular composition of kidney smears), and the morphotypic composition of mitochondria in renal parenchyma cells were assessed after cessation of exposure.

Results: Instillation of CuO NPs induced significant structural renal changes manifested by destruction of the brush border of the tubular epithelium, an increased proportion of degenerated cells in kidney imprint smears, and the development of eosinophilia. However, we detected no statistically significant changes in the distribution of nephrocyte mitochondrial morphotypes.

Limitations: The study limitations are associated with the animal model, which prevents direct extrapolation of the results to humans, and the use of rodents of the same species and sex.

Conclusion: Our findings indicate a pronounced nephrotoxic effect of CuO NPs, which is presumably mediated primarily by direct damage to tissue and cellular structures, rather than mitochondrial dysfunction. This study expands our understanding of the impact of CuO NPs on the organism, including the kidneys, thus enabling a more effective assessment of health risks to the population and the development of appropriate preventive measures.

Keywords: nanoparticles, copper oxide, kidneys, nephrotoxicity, subchronic study, *in vivo*, comprehensive toxicity testing

Compliance with ethical standards: The study was approved by the local Ethics Committee of the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers (protocol No. 2 of April 20, 2021).

Declaration of AI use: The authors declare that no artificial intelligence tools were used in the preparation of this manuscript.

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

Funding: This research received no external funding.

For citation: Sutunkova M.P., Minigalieva I.A., Bateneva V.A., Gertan N.A., Shelomentsev I.G., Sakhautdinova R.R., Gorshkolepova A.V. Subchronic toxicity testing of the nephrotoxic effect of copper nanoparticles. Occupational Health and Human Ecology. 2026; 1: 230 – 251.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10112

For correspondence: Natalia A. Gertan, e-mail: gertan00@mail.ru

Наночастицы оксида меди (НЧ-CuO) находят широкое применение в различных технологических сферах, включая производство промышленных катализаторов, газовых сенсоров, электронных компонентов [1, 2], а также в биомедицине при разработке терапевтических и диагностических препаратов [1]. Параллельно они являются естественным компонентом окружающей среды (например, в составе горных пород) [2]. Увеличение их применения и распространения в окружающей среде вызывает опасения относительно возможного токсического влияния на организм [3]. Несмотря на то, что медь относится к эссенциальным микроэлементам, входит в состав многих ферментов (супероксиддисмутаза, цитохромоксидаза, тирозиназа) и является компонентом биологических систем, участвующих в производстве гемоглобина, метаболизме сахара, биосинтезе катехоламинов, её избыток может быть токсичен для организма [4, 5].

Основными органами-мишенями для наночастиц меди являются почки, печень, селезенка и головной мозг [6]. Поражение почек представляет особую опасность, поскольку этот орган является ключевым в процессе элиминации ксенобиотиков, что может привести к их кумуляции и усугублению патологических эффектов [7]. Установлено, что по сравнению с микрочастицами НЧ меди более токсичны [8, 9]. Эта особенность обусловлена уникальными физико-химическими характеристиками НЧ, такими как форма, размер, химический состав,

поверхностный заряд, растворимость в биосредах, а также способом синтеза, что в совокупности определяет биораспределение частиц, механизмы их токсического действия и таким образом влияет на токсичность [1, 9-11].

Shereen et al. к ведущим механизмам нефротоксического действия НЧ-CuO относят индукцию окислительного стресса, развитие воспалительного ответа и запуск апоптоза [12]. Морфологические проявления этих процессов наблюдаются как в канальцевом отделе нефрона (дегенерация эпителия канальцев, появление цилиндров и белкового детрита в их просвете, развитие интерстициального фиброза), так и в клубочковом аппарате (набухание клубочков, изменения в пространстве Боумена и пролиферация мезангиальных клеток) [13].

Несмотря на накопленный опыт о токсическом действии наночастиц меди понимание механизмов их нефротоксичности остается неполным, в связи с чем необходимы исследований для уточнения механизмов развития почечной патологии.

Цель исследования – изучение токсического действия наночастиц меди на почки крыс-самцов в субхроническом эксперименте.

Материал и методы. Для получения суспензии наночастиц оксида меди (НЧ-CuO) быт использован метод абляции тонких листовых мишеней соответствующего материала 99,99% чистоты в стерильной деионизированной воде. Средний размер НЧ был установлен с использованием сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и анализа распределения по размерам – средний диаметр 21±4 нм (Рисунок 1).

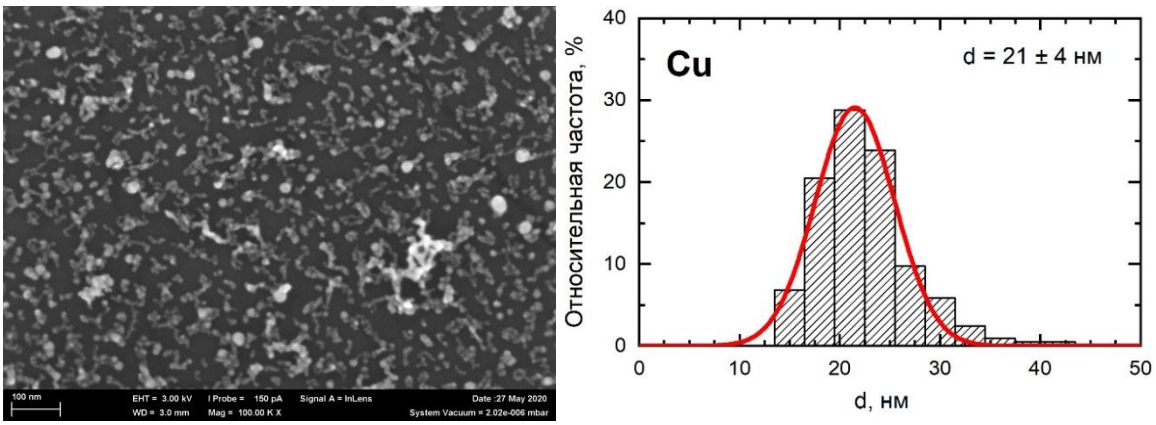

Рисунок 1. СЭМ-изображение НЧ-CuO и функция распределения частиц по диаметру

Figure 1. SEM image of CuO NPs and particle diameter distribution function

Для проведения эксперимента использовали 24 аутбредных белых крыс-самцов, разделенных на две группы: контроль (масса тела(м.т.): 230,83 ± 4,60 г) и опыт (м.т.: 230,67±2,91 г). Животным опытной группы вводили внутрибрюшинно суспензию НЧ-CuO в дозе 2 мг/кг массы тела (объем 4 мл) три раза в неделю в течение 6 недель. Контрольная группа получала эквивалентный объем стерильной деионизированной воды по идентичному протоколу. Все манипуляции с животными были выполнены в соответствии с принципами Хельсинкской декларации, исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора (протокол № 2 от 20.04.2021 г.).

Для комплексной оценки нефротоксического действия использовали следующие методы: биохимический анализ сыворотки крови и мочи, гистологический анализ ткани почек с морфометрической оценкой, цитологический анализ мазков отпечатков почек и митохондриальный профиль нефроцитов.

Анализ биохимических параметров сыворотки крови (общий белок, альбумин, креатинин, мочевая кислота, мочевина) проводился стандартными методами на анализаторе Cobas Integra 400 plus (Roche Diagnostics GmbH, Германия) с применением готовых диагностических наборов и тест систем согласно инструкции к набору. С помощью сборных систем и мерных цилиндров проводилось измерение суточного объёма мочи. Анализ биохимических показателей мочи (креатинин, мочевая кислота, мочевина, белок) проводился с использованием полуавтоматического анализатора мочи CLINITEK Status (Siemens Healthcare Diagnostics).

Абсолютную массу почек измеряли сразу после извлечения на аналитических весах BM-300G специального (I) класса точности (A&D Company Ltd, Япония) с последующим расчетом относительной массы органа на кг м.т..

Гистологический анализ осуществлялся с помощью светооптического микроскопа Axio Lab.A1 (Carl Zeiss, Германия) и камеры Axiocam 208 color (Carl Zeiss MicroImaging GmbH, Германия) при увеличениях ×400 и ×750 с использованием количественной оценки структурных изменений (морфометрическая сетка

Автандилова) после предварительной подготовки – изготавления срезов толщиной 3-4 мкм и окраски реактивом Шиффа по традиционной методике[16].

Цитологический анализ мазков отпечатков почек для оценки клеточного состава и признаков повреждения клеток проводился с использованием светооптического микроскопа Carl Zeiss Primo Star, оснащенного системой цифровой визуализации USCMOS, при увеличениях ×100 и ×1000 в соответствии с принятыми критериями [14]. Для каждого препарата анализировали не менее 300 клеток.

Оценку состояния митохондрий клеток мозгового вещества почек проводили с учетом плотности матрикса, сохранности крист, степени везикуляции по классификации Mei G. Sun: нормальные, нормально-везикулярные, везикулярные, везикулярно-набухшие и набухшие митохондрии [15] с использованием СЭМ Hitachi REGULUS SU8220 в режиме BF-STEM. Съемка производилась при увеличении ×25000.

Для статистической обработки данных использовалось программное обеспечение STATISTICA 10 (StatSoft, Inc.). Нормальность распределения количественных признаков проверяли с помощью критерия Шапиро-Уилка. Для оценки статистической значимости межгрупповых различий применяли t-критерий Стьюдента и U-критерий Манна-Уитни в зависимости от нормальности распределения. Данные представлены в виде x ± Sx (x – среднее значение, Sx – стандартная ошибка). Различия считались статистически значимыми при p≤0,05.

Результаты. Результаты биохимического исследования сыворотки крови и мочи показали статистически значимое снижение общего белка в моче. Также наблюдалась тенденция к увеличению мочевой кислоты при снижении мочевины в крови и снижению мочевины в моче (Таблица 1). Суточный объём мочи колебался незначительно (Контроль: 25,50±4,63, Опыт: 26,38±4,68).

Таблица 1. Биохимические показатели состояния организма крыс, подвергшихся субхроническому воздействию наночастиц оксида меди (x ± Sx)

[16] Методические рекомендации № 2939-83. К применению морфологических исследований при экспериментальном обосновании гигиенических нормативов вредных веществ в воздухе рабочей зоны : утверждены и введены в действие Приказом Заместителя Главного Государственного санитарного врача СССР А.И. Заиченко от 22 ноября 1983 г. № 2939-83 : введен впервые : дата введения 1983-11-22 / разработан под руководством профессора Н.Н. Литвинова коллективом авторов. – Москва : Тиография ВЦИО, 1983. – Текст : непосредственный.

Table 1. Biochemical parameters of the rats following subchronic exposure to copper oxide nanoparticles (x ± Sx)

Показатель	Контроль	Опыт
Сыворотка крови		
Креатинин, мкмоль/л	39,18 ± 1,63	38,70 ± 0,63
Общий белок, г/л	68,90 ±1,60	68,51 ± 1,15
Альбумин, г/л	43,35 ± 1,64	40,63 ± 0,97
Мочевая кислота, мкмоль/л	132,50 ± 12,37	153,43 ± 29,47
Мочевина, ммоль/л	4,55 ± 0,75	3,77 ± 0,52
Моча		
Креатинин, ммоль/л	1,64 ± 0,15	1,37 ± 0,07
Мочевая кислота, мкмоль/л	173,20 ± 9,36	160,33 ± 6,17
Мочевина, ммоль/л	209,06 ± 25,24	141,94 ± 14,81
Общий белок за сутки, мг/л	232,16 ± 16,08	163,05 ± 12,33*

Примечание: * p≤0,05.

Notes: *p < 0.05.

Воздействие НЧ-CuO не привело к статистически значимым изменениям относительной массы почек (0,45±0,08 г/100 г м.т. против 0,43±0,08 г/100 г м.т.).

При гистологическом исследовании почек контрольной группы патологических изменений органа не обнаружено, в то время как у крыс, экспонированных к НЧ CuO, наблюдались канальцевые повреждения, дистрофические изменения в цитоплазме и расширение просветов канальцев почек (Рисунок 2). Морфометрический анализ показал статистически значимое (в 10,1 раза) увеличение доли клеток с полной деструкцией щеточной каемки в опытной группе (Рисунок 3). Цитологическое исследование мазков-отпечатков подтвердило развитие канальцевой дисфункции. В опытной группе зарегистрировано

достоверное увеличение количества эозинофилов и дегенеративно-измененных клеток как проксимальных, так и дистальных канальцев (Таблица 2). Параллельно отмечалось статистически значимое снижение доли морфологически нормальных клеток соответствующих отделов нефрона.

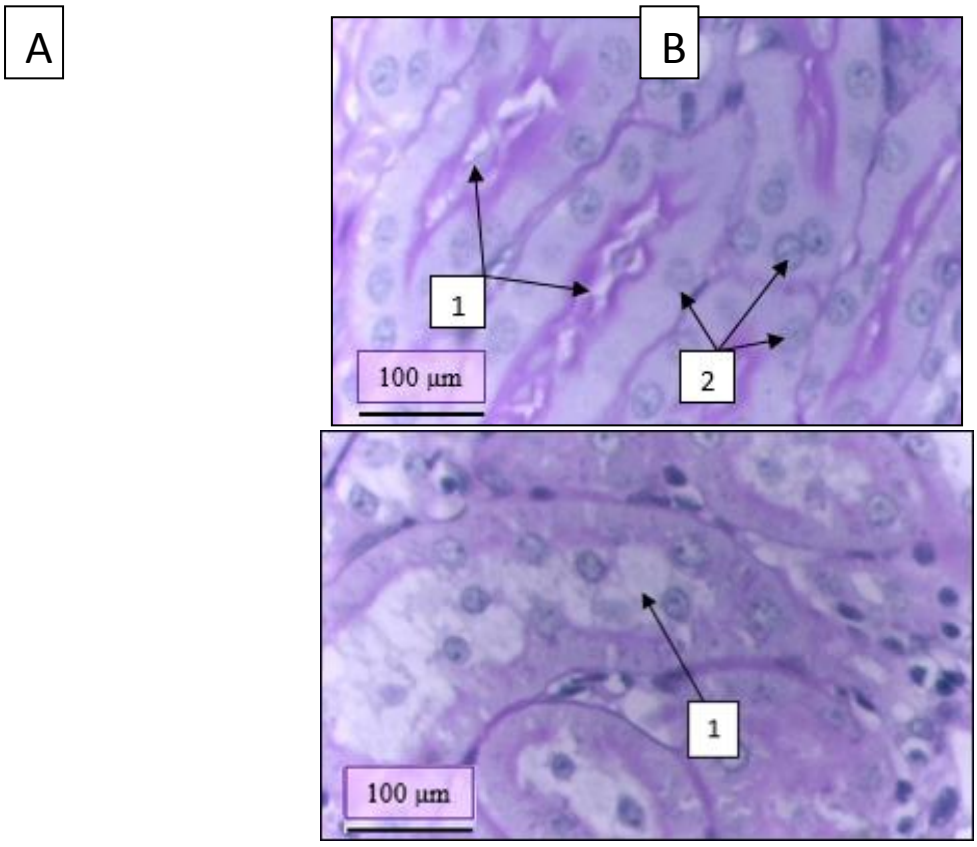

Рисунок 2. Гистологическая картина почек крыс контрольной (A) и опытной групп (B). Цифрой 1 отмечены просветы канальцев; 2 – ядра клеток. Окраска реактивом Шиффа, ув. ×400

Figure 2. Histological image of the kidneys of the control (A) and experimental (B) rats, where 1 marks tubular lumens and 2 – cell nuclei; periodic acid Schiff staining, 400× magnification.

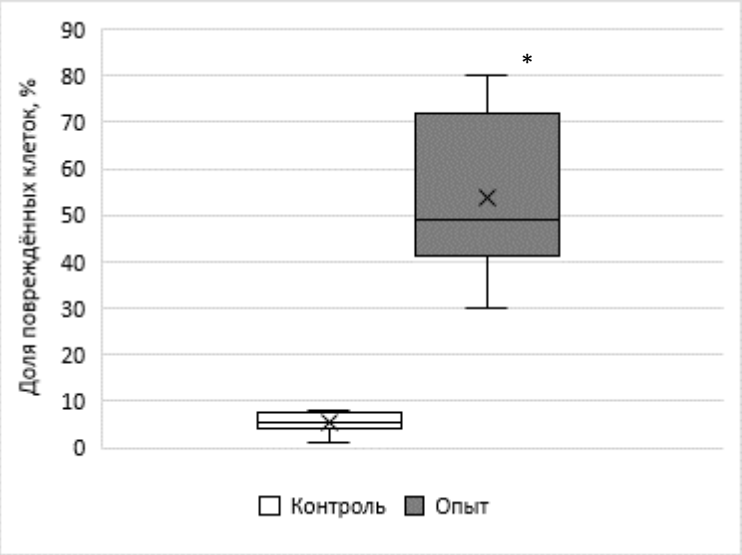

Рисунок 3. Доля клеток канальцевого эпителия почек с утраченной щёточной каёмкой при воздействии НЧ CuO (* p ≤0,05).

Figure 3. Proportion of renal tubular epithelial cells with lost brush borders after CuO NP exposure (*$p \leq 0.05$).

Таблица 2. Цитоморфологические показатели экспериментальных крыс в субхроническом эксперименте (x ± Sx)

Table 2. Cytomorphological parameters of experimental rats in the subchronic experiment (x ± Sx)

Показатель, %	Контроль	Опыт
Клетки проксимальных канальцев	64,33 ± 1,26	55,67 ± 0,84 *
Дегенеративные клетки проксимальных канальцев	6,33 ± 0,49	14,67 ± 0,49 *
Клетки дистальных канальцев	11,33 ± 0,88	8,33 ± 0,56 *
Дегенеративные клетки дистальных канальцев	5,00 ± 0,58	6,67 ± 0,33 *
Нейтрофилы	5,50 ± 0,56	5,50 ± 0,43
Моноциты	3,83 ± 0,31	3,83 ± 0,31
Эозинофилы	2,67 ± 0,33	4,33 ± 0,42 *
Фибробласты	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00

Примечание: * p≤0,05.

Notes: *p < 0.05.

На ультраструктурном уровне в образцах почек было зафиксировано наличие всех категорий митохондрий согласно классификации Mei G. Sun (Рисунок 4). Однако количественный анализ не выявил статистически значимых различий в распределении митохондриальных морфотипов (нормальных, нормально-везикулярных, везикулярных, везикулярно-набухших, набухших) между контрольной и опытной группами.

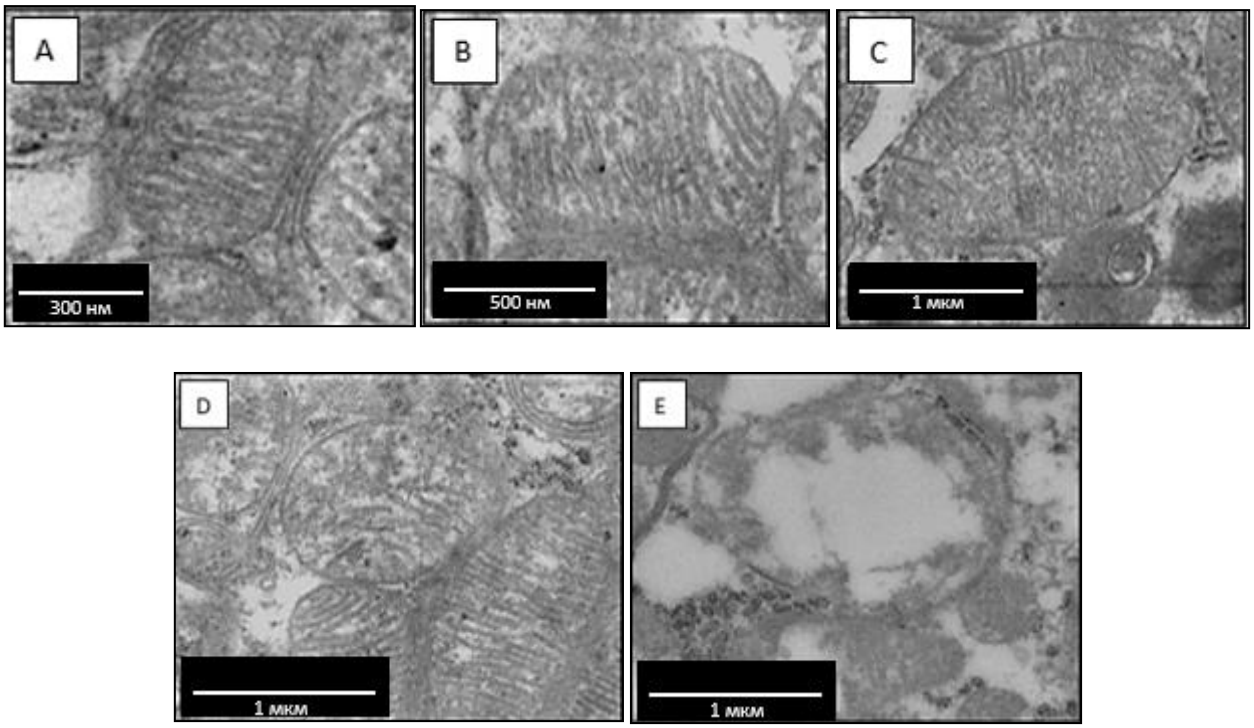

Рисунок 4. Митохондриальный профиль клеток мозгового вещества почек: нормальные (A), нормально-везикулярные (B), везикулярные (C), везикулярно-набухшие (D) и набухшие (E) митохондрии.

Figure 4. Mitochondrial profile of renal medulla cells: normal (A), normal vesicular (B), vesicular (C), vesicular-swollen (D), and swollen (E) mitochondria.

Обсуждение. При изучении биохимических параметров крови и мочи не было выявлено значительных изменений, кроме снижения уровня белка в моче. Этот паттерн отличается от данных ряда других исследований [9, 12, 16], где воздействие НЧ-CuO приводило к более выраженной биохимической картине поражения почек, включающей рост уровней креатинина, мочевины в крови и протеинурию. Выявленные противоречия в направленности и выраженности реакций могут быть связаны с различиями в экспериментальных условиях, прежде всего – в способе введения, дозе и продолжительности экспозиции.

Несмотря на отсутствие статистически значимых изменений массовых показателей почек, прямое токсическое действие НЧ-CuO на орган было однозначно подтверждено гистоморфологическим и цитологическим анализом. Выявленные повреждения – деструкция щёточной каймы, дистрофия канальцевого эпителия, эозинофильная инфильтрация и увеличение доли дегенеративных клеток – согласуются с морфологическими изменениями, описанными в исследованиях с пероральным введением НЧ меди [9, 12].

Важно подчеркнуть, что выявленная эозинофильная инфильтрация может вносить существенный вклад в патогенез почечного повреждения. Опосредованный высвобождением эозинофильного катионного белка механизм включает каскад патологических процессов: повышение проницаемости мембран тубулярного эпителия, нарушение ионного гомеостаза, вазоконстрикцию и микротромбоз перитубулярных капилляров. Данные изменения, в свою очередь, способствуют активации провоспалительных цитокинов (IL-1β, IL-6, TNF-α) и пролиферации фибробластов. В совокупности это приводит к прогрессирующему нарушению почечной микроциркуляции и развитию системного воспалительного ответа, усугубляя структурно-функциональные нарушения в органе.

Примечательно, что внутрибрюшинный путь введения, использованный в эксперименте, обеспечивает более высокую системную биодоступность наночастиц, и в других работах при воздействии НЧ-CuO (50 мг/кг м.т., 7 дней) изменения были более выражены и варьировались от вакуольной дегенерации эпителия почечных канальцев до их обширного некроза с эозинофильной инфильтрацией [16]. Относительно меньшая выраженность повреждений в нашем случае, вероятно, обусловлена примененной более низкой кумулятивной дозой.

В данном исследовании не наблюдалось значительной митохондриальной реакции почечных клеток. Учитывая полученные результаты и литературные данные,

можно предположить, что это связано с активацией защитного компенсаторно-адаптивного механизма в ответ на длительное воздействие относительно небольших доз НЧ-CuO (2 мг/кг м.т., 6 недель) и эссенциальной природой меди. Вероятно, индуцированный НЧ меди окислительный стресс [8] спровоцировал компенсаторную активацию ключевого транскрипционного гамма-коактиватора 1-альфа рецептора, активируемого пролифератором пероксисом (PGC-1α), который регулирует митохондриальный синтез [17] и активацию системы антиоксидантной защиты через Keap1/Nrf2-сигнальный путь [18]. Это бы также объяснило отсутствие значительных биохимических сдвигов и некоторые положительные тенденции, такие как снижение уровней креатинина и мочевины в крови, общего белка в моче, сохранение нормального митохондриального профиля.

Несмотря на то, что медь является эссенциальным элементом, её безопасные дозы крайне малы и определены исключительно для перорального употребления [19]. В то время как избыточное экологически и/или профессионально обусловленное воздействие, особенно в форме наночастиц, представляет существенный риск для здоровья, что подтверждается вышеупомянутыми исследованиями и выявленными в данном эксперименте гистологическими и цитологическими изменениями почек, указывающими на явный токсический эффект НЧ-CuO даже при относительно низких дозах.

Нефротоксичность НЧ меди, вероятно, связана с активацией окислительного стресса, воспалительного ответа и апоптоза. Хотя в данном исследовании не проводилась оценка специфических показателей, в других экспериментальных работах наблюдали изменения уровней маркёров окислительного стресса (снижение активности каталазы, супероксиддисмутазы, и глутатиона при повышении уровня активных форм кислорода (АФК), общего окислительного статуса тканей, гидроперекисей липидов, малонового диальдегида и оксида азота), признаки воспаления (повышение уровня интерлейкина-1β и фактора некроза опухоли-α) и апоптоза (повышение уровней каспазы-3, ядерного фактора каппа-би (NF-κB) и экспрессии гена *Bax* при снижении экспрессии гена *Bcl2*) при воздействии НЧ различных соединений меди [12, 16]. К тому же, исследование in vitro показало, что окислительный стресс играет ключевую роль и происходит на ранних этапах токсического воздействия НЧ-CuO: после проникновения в клетку (скорее всего, путём эндоцитоза) НЧ вызывают выработку АФК, которые воздействуя на ДНК в ядре, вызывают её повреждение, что активирует ядерный фактор транскрипции p53 через серин/треониновые протеинкиназы и, в конечном

итоге, приводит к апоптозу почечных клеток [20]. Помимо прямого индуцирования АФК, НЧ-CuO могут активировать сигнальные пути NF-κB, пути сигнального преобразователя и активатора транскрипции (STAT) и митоген-ативируемой протеинкиназы (MAPK), что приводит к развитию окислительного стресса и снижает экспрессию и активность цитохром P450, вызывая таким образом воспалительную реакцию и почечное повреждение [21, 22]. Однако для точного определения механизмов токсического действия НЧ-CuO необходимы дополнительные исследования. К ограничениям исследования относится выбор модели in vivo, которая не позволяет напрямую экстраполировать результаты на человека, а также использование животных одного пола и вида.

Заключение. НЧ-CuO при субхроническом внутрибрюшинном введении в дозе 2 мг/кг м.т. вызывают гистологические и цитологические изменения почек в виде потери щёточной каёмки канальцевого эпителия, увеличения доли дегенеративно-изменённых клеток и эозинофилии. Несмотря на явные признаки повреждения канальцевого аппарата, значимых сдвигов в стандартных биохимических маркерах крови и мочи, а также в ультраструктурной организации митохондрий нефроцитов зафиксировано не было, что может быть связано с условиями эксперимента и эссенциальными свойствами соединения. Основными патогенетическими звеньями, согласно данным литературы, выступают индукция окислительного стресса, воспалительного ответа и апоптоза.

Данное исследование вносит существенный вклад в понимание нефротоксичности НЧ-CuO, устанавливая, что морфологические признаки повреждения почек являются более чувствительным индикатором токсичности при субхроническом воздействии в малых дозах. Полученные данные имеют важное прикладное значение для совершенствования методологии оценки профессиональных и экологических рисков, связанных с наноматериалами.

Вклад авторов.

Концепция и дизайн исследования – Сутункова М.П., Минигалиева И.А.

Сбор и обработка материала – Шеломенцев И.Г., Сахаутдинова Р.Р., Горшколепова А.В.

Анализ данных, написание, оформление статьи – Батенева В.А., Гертан Н.А.

Все соавторы – редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех ее частей.

Author contributions.

Study conception and design –Sutunkova M.P., Minigalieva I.A.

Data collection and processing –Shelomentsev I.G., Sakhautdinova R.R., Gorshkolepova A.V.

Data analysis, draft manuscript preparation –Bateneva V.A., Gertan N.A.

All co-authors edited and approved the final version of the article and are responsible for the integrity of all its parts.

Список литературы

1. Naz S., Gul A., Zia M., Javed R. Synthesis, biomedical applications, and toxicity of CuO nanoparticles. Applied Microbiology and Biotechnology. 2023; 107 (4): 1039-1061. https://doi.org/10.1007/s00253-023-12364-z.

2. Naz S., Gul A., Zia M. Toxicity of copper oxide nanoparticles: a review study. IET nanobiotechnology. 2020; 14 (1): 1-13. https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2019.0176.

3. Зайцева Н.В., Землянова М.А., Степанков М.С., Игнатова А.М. Научное прогнозирование токсичности и оценка потенциальной опасности наночастиц оксида меди (II) для здоровья человека. Экология человека. 2021; 28 (11): 50-57. https://doi.org/10.33396/1728-0869-2021-11-50-57.

4. Avram, O. R. Copper and its role in the human body–the importance of establishing copper concentrations in the body / O. R. Avram, G. Caragea, C. A. Varzaru // Romanian Journal of. – 2021. – Vol. 124. – № 2. – P. 254.

5. Pohanka M. Copper and copper nanoparticles toxicity and their impact on basic functions in the body. Bratislava Medical Journal. 2019; 120 (6): 397-409. https://doi.org/10.4149/BLL_2019_065.

6. Chen Z, Meng H, Xing G, Chen C, Zhao Y, Jia G, Wang T, Yuan H, Ye C, Zhao F, Chai Z, Zhu C, Fang X, Ma B, Wan L. Acute toxicological effects of copper nanoparticles in vivo. Toxicol Lett. 2006; 163 (2): 109-20. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2005.10.003.

7. Oberdörster G, Maynard A, Donaldson K, Castranova V, Fitzpatrick J, Ausman K, Carter J, Karn B, Kreyling W, Lai D, Olin S, Monteiro-Riviere N, Warheit D, Yang H; ILSI Research Foundation/Risk Science Institute Nanomaterial Toxicity Screening Working Group. Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy. Part Fibre Toxicol. 2005; 2: 8. https://doi.org/10.1186/1743-8977-2-8.

8. Lei R., Yang B., Wu C., Liao M., Ding R., Wang Q. Mitochondrial dysfunction and oxidative damage in the liver and kidney of rats following exposure to copper nanoparticles for five consecutive days. Toxicol. Res. 2015; 4 (2): 351-364. https://doi.org/10.1039/C4TX00156G.

9. Lee IC., Ko JW., Park SH., Shin NR., Shin IS., Moon C., Kim JH., Kim HC., Kim JC. Comparative toxicity and biodistribution assessments in rats following subchronic oral exposure to copper nanoparticles and microparticles. Part Fibre Toxicol. 2016; 13 (1): 56. https://doi.org/10.1186/s12989-016-0169-x.

10. Riviere J.E. Pharmacokinetics of nanomaterials: an overview of carbon nanotubes, fullerenes and quantum dots. Wiley interdisciplinary reviews. Nanomedicine and nanobiotechnology. 2009; 1 (1): 26-34. https://doi.org/10.1002/wnan.24.

11. Shang L., Nienhaus K., Nienhaus G.U. Engineered nanoparticles interacting with cells: size matters. Journal of nanobiotechnology. 2014; 12 (5): 5. https://doi.org/10.1186/1477-3155-12-5.

12. Elkhateeb S.A., Ibrahim T.R., El-Shal A.S., Abdel Hamid O.I. Ameliorative role of curcumin on copper oxide nanoparticles-mediated renal toxicity in rats: An investigation of molecular mechanisms. J Biochem Mol Toxicol. 2020; 34 (12) :e22593. https://doi.org/10.1002/jbt.22593.

13. Iavicoli I., Fontana L., Nordberg G. The effects of nanoparticles on the renal system. Crit Rev Toxicol. 2016; 46 (6): 490-560. https://doi.org/10.1080/10408444.2016.1181047.

14. Сахаутдинова Р.Р., Сутункова М.П., Минигалиева И.А., Бушуева Т.В. Применение цитологического метода исследования мазков у экспериментальных животных для оценки токсического действия металлосодержащих наночастиц. Гигиена и санитария. 2020; 99 (1): 120-124. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-1-120-124.

15. Sun M.G, Williams J., Munoz-Pinedo C., Perkins G.A., Brown J.M., Ellisman M.H., Green D.R., Frey T.G. Correlated three-dimensional light and electron microscopy reveals transformation of mitochondria during apoptosis. Nat Cell Biol. 2007; 9 (9): 1057-65. https://doi.org/10.1038/ncb1630.

16. Hassanen E.I., Tohamy A.F., Issa M.Y., Ibrahim M.A., Farroh K.Y., Hassan A.M. Pomegranate Juice Diminishes The Mitochondria-Dependent Cell Death And NF-kB Signaling Pathway Induced By Copper Oxide Nanoparticles On Liver And Kidneys Of Rats. Int J Nanomedicine. 2019; 14: 8905-8922. https://doi.org/10.2147/IJN.S229461.

17. Abu Shelbayeh O., Arroum T., Morris S., Busch K.B. PGC-1α Is a Master Regulator of Mitochondrial Lifecycle and ROS Stress Response. Antioxidants (Basel). 2023; 12 (5): 1075. https://doi.org/10.3390/antiox12051075.

18. Zhong G., He Y., Wan F., Wu S., Jiang X., Tang Z., Hu L. Effects of Long-Term Exposure to Copper on the Keap1/Nrf2 Signaling Pathway and Msr-Related Redox Status in the Kidneys of Rats. Biol Trace Elem Res. 2021; 199 (11): 4205-4217. https://doi.org/10.1007/s12011-020-02557-2.

19. Taylor A.A., Tsuji J.S., Garry M.R., McArdle M.E., Goodfellow W.L. Jr., Adams W.J., Menzie C.A. Critical Review of Exposure and Effects: Implications for Setting Regulatory Health Criteria for Ingested Copper. Environ Manage. 2020; 65 (1): 131-159. https://doi.org/10.1007/s00267-019-01234-y.

20. Thit A., Selck H., Bjerregaard H.F. Toxic mechanisms of copper oxide nanoparticles in epithelial kidney cells. Toxicology in Vitro. 2015; 29 (5): 1053-1059. https://doi.org/10.1016/j.tiv.2015.03.020.

21. Xu M., Tang H., Zhou X., Chen H., Dong Q., Zhang Y., Ye G., Shi F., Lv C., Jing B., He C., Zhao L., Li Y. Effects and mechanisms of sub-chronic exposure to copper nanoparticles on renal cytochrome P450 enzymes in rats. Environmental Toxicology and Pharmacology. 2018; 63: 135-146. https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.08.004.

22. Yang F., Liao J., Yu W., Peq R., Qiao N., Han Q., Hu L., Li Y., Guo J., Pan J., Tang Z. Copper induces oxidative stress with triggered NF-κB pathway leading to inflammatory responses in immune organs of chicken. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2020; 200: 110715. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110715.

References:

1. Naz S., Gul A., Zia M., Javed R. Synthesis, biomedical applications, and toxicity of CuO nanoparticles. Applied Microbiology and Biotechnology. 2023; 107 (4): 1039-1061. https://doi.org/10.1007/s00253-023-12364-z.

2. Naz S., Gul A., Zia M. Toxicity of copper oxide nanoparticles: a review study. IET nanobiotechnology. 2020; 14 (1): 1-13. https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2019.0176.

3. Zaitseva N.V., Zemlyanova M.A., Stepankov M.S., Ignatova A.M. Copper (II) oxide nanoparticles toxicity and potential human health hazards. *Ekologiya cheloveka*. 2021; 28 (11): 50-57. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2021-11-50-57.

4. Avram, O. R. Copper and its role in the human body–the importance of establishing copper concentrations in the body / O. R. Avram, G. Caragea, C. A. Varzaru // Romanian Journal of. – 2021. – Vol. 124. – № 2. – P. 254.

5. Pohanka M. Copper and copper nanoparticles toxicity and their impact on basic functions in the body. Bratislava Medical Journal. 2019; 120 (6): 397-409. https://doi.org/10.4149/BLL_2019_065.

6. Chen Z, Meng H, Xing G, Chen C, Zhao Y, Jia G, Wang T, Yuan H, Ye C, Zhao F, Chai Z, Zhu C, Fang X, Ma B, Wan L. Acute toxicological effects of copper nanoparticles in vivo. Toxicol Lett. 2006; 163 (2): 109-20. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2005.10.003.

7. Oberdörster G, Maynard A, Donaldson K, Castranova V, Fitzpatrick J, Ausman K, Carter J, Karn B, Kreyling W, Lai D, Olin S, Monteiro-Riviere N, Warheit D, Yang H; ILSI Research Foundation/Risk Science Institute Nanomaterial Toxicity Screening Working Group. Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy. Part Fibre Toxicol. 2005; 2: 8. https://doi.org/10.1186/1743-8977-2-8.

8. Lei R., Yang B., Wu C., Liao M., Ding R., Wang Q. Mitochondrial dysfunction and oxidative damage in the liver and kidney of rats following exposure to copper nanoparticles for five consecutive days. Toxicol. Res. 2015; 4 (2): 351-364. https://doi.org/10.1039/C4TX00156G.

9. Lee IC., Ko JW., Park SH., Shin NR., Shin IS., Moon C., Kim JH., Kim HC., Kim JC. Comparative toxicity and biodistribution assessments in rats following subchronic oral exposure to copper nanoparticles and microparticles. Part Fibre Toxicol. 2016; 13 (1): 56. https://doi.org/10.1186/s12989-016-0169-x.

10. Riviere J.E. Pharmacokinetics of nanomaterials: an overview of carbon nanotubes, fullerenes and quantum dots. Wiley interdisciplinary reviews. Nanomedicine and nanobiotechnology. 2009; 1 (1): 26-34. https://doi.org/10.1002/wnan.24.

11. Shang L., Nienhaus K., Nienhaus G.U. Engineered nanoparticles interacting with cells: size matters. Journal of nanobiotechnology. 2014; 12 (5): 5. https://doi.org/10.1186/1477-3155-12-5.

12. Elkhateeb S.A., Ibrahim T.R., El-Shal A.S., Abdel Hamid O.I. Ameliorative role of curcumin on copper oxide nanoparticles-mediated renal toxicity in rats: An investigation of molecular mechanisms. J Biochem Mol Toxicol. 2020; 34 (12) :e22593. https://doi.org/10.1002/jbt.22593.

13. Iavicoli I., Fontana L., Nordberg G. The effects of nanoparticles on the renal system. Crit Rev Toxicol. 2016; 46 (6): 490-560. https://doi.org/10.1080/10408444.2016.1181047.

14. Sakhautdinova R.R., Sutunkova M.P., Minigalieva I.A., Bushueva T.V. A cytological study of imprint smears (touch preparation cytology) to evaluate the toxicity of metal-containing nanoparticles in experimental animals. *Gigiena i sanitariya*. 2020; 99 (1): 120-124. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-1-120-124. (In Russ.)

15. Sun M.G, Williams J., Munoz-Pinedo C., Perkins G.A., Brown J.M., Ellisman M.H., Green D.R., Frey T.G. Correlated three-dimensional light and electron microscopy reveals transformation of mitochondria during apoptosis. Nat Cell Biol. 2007; 9 (9): 1057-65. https://doi.org/10.1038/ncb1630.

16. Hassanen E.I., Tohamy A.F., Issa M.Y., Ibrahim M.A., Farroh K.Y., Hassan A.M. Pomegranate Juice Diminishes The Mitochondria-Dependent Cell Death And NF-kB Signaling Pathway Induced By Copper Oxide Nanoparticles On Liver And Kidneys Of Rats. Int J Nanomedicine. 2019; 14: 8905-8922. https://doi.org/10.2147/IJN.S229461.

17. Abu Shelbayeh O., Arroum T., Morris S., Busch K.B. PGC-1α Is a Master Regulator of Mitochondrial Lifecycle and ROS Stress Response. Antioxidants (Basel). 2023; 12 (5): 1075. https://doi.org/10.3390/antiox12051075.

18. Zhong G., He Y., Wan F., Wu S., Jiang X., Tang Z., Hu L. Effects of Long-Term Exposure to Copper on the Keap1/Nrf2 Signaling Pathway and Msr-Related Redox Status in the Kidneys of Rats. Biol Trace Elem Res. 2021; 199 (11): 4205-4217.

https://doi.org/10.1007/s12011-020-02557-2.

19. Taylor A.A., Tsuji J.S., Garry M.R., McArdle M.E., Goodfellow W.L. Jr., Adams W.J., Menzie C.A. Critical Review of Exposure and Effects: Implications for Setting Regulatory Health Criteria for Ingested Copper. Environ Manage. 2020; 65 (1): 131-159. https://doi.org/10.1007/s00267-019-01234-y.

20. Thit A., Selck H., Bjerregaard H.F. Toxic mechanisms of copper oxide nanoparticles in epithelial kidney cells. Toxicology in Vitro. 2015; 29 (5): 1053-1059. https://doi.org/10.1016/j.tiv.2015.03.020.

21. Xu M., Tang H., Zhou X., Chen H., Dong Q., Zhang Y., Ye G., Shi F., Lv C., Jing B., He C., Zhao L., Li Y. Effects and mechanisms of sub-chronic exposure to copper nanoparticles on renal cytochrome P450 enzymes in rats. Environmental Toxicology and Pharmacology. 2018; 63: 135-146. https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.08.004.

22. Yang F., Liao J., Yu W., Peq R., Qiao N., Han Q., Hu L., Li Y., Guo J., Pan J., Tang Z. Copper induces oxidative stress with triggered NF-κB pathway leading to inflammatory responses in immune organs of chicken. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2020; 200: 110715. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110715.

Информация об авторах.

Марина Петровна Сутункова – доктор медицинских наук, директор ФБУН «ЕМНЦ ПОЗРПП» Роспотребнадзора (620014, Екатеринбург); зав. кафедрой гигиены и медицины труда ФГБОУ ВО УГМУ Министерства здравоохранения Российской Федерации, (620028, Екатеринбург), e-mail: sutunkova@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 253-12-85. ORCID iD: 0000-0002-1743-7642.

Ильзира Амировна Минигалиева – доктор биологических наук, заведующая отделом токсикологии и биопрофилактики ФБУН «ЕМНЦ ПОЗРПП» Роспотребнадзора (620014, г. Екатеринбург); главный научный сотрудник лаборатории стохастического транспорта наночастиц в живых системах ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (620062, г. Екатеринбург); e-mail: ilzira@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 253-12-85. ORCID iD: 0000-0002-0097-7845.

Влада Андреевна Батенева – младший научный сотрудник отдела токсикологии и биопрофилактики ФБУН ЕМНЦ ПЗОРПП Роспотребнадзора (620014, г.

Екатеринбург, e-mail: bateneva@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 253-11-05, ORCID iD: 0000-0002-4694-0175).

Наталья Александровна Гертан – младший научный сотрудник отдела токсикологии и биопрофилактики ФБУН ЕМНЦ ПЗОРПП Роспотребнадзора (620014, г. Екатеринбург, e-mail: gertan00@mail.ru; тел.: 8 (343) 253-11-05, ORCID iD: 0009-0008-3239-5998).

Иван Глебович Шеломенцев – научный сотрудник отдела молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПЗОРПП Роспотребнадзора (620014, г. Екатеринбург, e-mail: shelomencev@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 253-10-70 ORCID iD: 0000-0002-8795-8777).

Рената Рашидовна Сахаутдинова – кандидат медицинских наук, заведующая ДЛО НПО лабораторно-диагностических технологий ФБУН ЕМНЦ ПЗОРПП Роспотребнадзора (620014, г. Екатеринбург, e-mail: sahautdinova@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 253-14-58; ORCID iD: 0000-0002-2726-9259).

Анна Владимировна Горшколепова – младший научный сотрудник отдела молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПЗОРПП Роспотребнадзора (620014, г. Екатеринбург, e-mail: GorshkolepovaAV@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 253-12-51; ORCID iD: 0009-0000-3004-8791).

Author information:

Marina P. Sutunkova – Doct. Sci. (Med.), Director, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers (620014, Yekaterinburg); Head of the Department of Occupational Hygiene and Medicine, Ural State Medical University (620028, Yekaterinburg), e-mail: sutunkova@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-12-85, ORCID iD: 0000-0002-1743-7642.

Ilzira A. Minigalieva – Doct. Sci. (Biol.), Head of the Department of Toxicology and Bioprophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers (620014, Yekaterinburg); Chief Researcher, Laboratory of Stochastic Transport of Nanoparticles in Living Systems, the Yeltsin Ural Federal University (620062, Yekaterinburg); e-mail: ilzira@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-12-85, ORCID iD: 0000-0002-0097-7845.

Vlada A. Bateneva – Junior Researcher, Department of Toxicology and Bioprophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers (620014, Yekaterinburg, e-mail: bateneva@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-11-05, ORCID iD: 0000-0002-4694-0175).

Natalia A. Gertan – Junior Researcher, Department of Toxicology and Bioprophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers (620014, Yekaterinburg, e-mail: gertan00@mail.ru; tel.: +7 (343) 253-11-05, ORCID iD: 0009-0008-3239-5998).

Ivan G. Shelomentsev – Researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers (620014, Yekaterinburg, e-mail: shelomencev@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-10-70, ORCID iD: 0000-0002-8795-8777).

Renata R. Sakhautdinova – Cand. Sci. (Med.), Head of the Diagnostic Laboratory Department, Research and Production Association of Laboratory Diagnostic Technologies, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers (620014, Yekaterinburg, e-mail: sahautdinova@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-14-58, ORCID iD: 0000-0002-2726-9259).

Anna V. Gorshkolepova – Junior Researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers (620014, Yekaterinburg, e-mail: GorshkolepovaAV@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-12-51, ORCID iD: 0009-0000-3004-8791).

Поступила/Received: 05.02.2026

Принята в печать/Accepted: 24.02.2026

УДК 616.8-009:616.23/.24-036.12:159.9

ПСИХОВЕГЕТАТИВНАЯ ДЕЗАДАПТАЦИЯ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ЛЁГОЧНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНИ ЛЕГКИХ В МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМ КОНТЕКСТЕ ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА

Аляви А.Л.[1], Рахимова Д.А.[1], Норпулатов Э.М.[2], Абдуллажонова Ш.Ж.[3], Атаходжаева Г.А.[3]

[1] ГУ "Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр терапии и медицинской реабилитации", Ташкент, Узбекистан

[2] «Shox international hospital», Ташкент, Узбекистан

[3] Ташкентский государственный медицинский университет, Ташкент, Узбекистан

У больных хронической обструктивной болезнью лёгких (ХОБЛ), осложнённой лёгочной гипертензией, выявляются выраженные психовегетативные нарушения, характеризующиеся высоким уровнем тревожности и значительным вегетативным дисбалансом. Последний проявляется снижением общей вариабельности ритма сердца, уменьшением показателей парасимпатической активности, таких как HF и RMSSD, а также увеличением параметров симпатического и гуморально-метаболического влияния, включая LF, VLF и индекс напряжения. Указанные изменения нарастают по мере прогрессирования заболевания и тесно связаны с выраженностью гипоксемии, а также с развитием дисфункции правого желудочка сердца. Применение комплексной терапии, включающей базисное медикаментозное лечение, гидрогелевые процедуры, амплипульстерапию и психотерапевтические вмешательства, способствует нормализации психоэмоционального и вегетативного статуса пациентов. На фоне такого лечения отмечается повышение SDNN, RMSSD и HF, снижение LF и проявлений симпатикотонии. В то же время использование только базисной терапии без дополнительных немедикаментозных методик не приводило к статистически значимым улучшениям показателей.

Цель исследования - изучить взаимосвязи психовегетативных факторов регуляции у больных хронической обструктивной болезнью лёгких и возможности их коррекции.

Материалы и методы. Обследовано 44 больных ХОБЛ и 30 здоровых лиц (ЗЛ), сопоставимых по полу и возрасту. Психоэмоциональный статус больных ХОБЛ оценивался при помощи опросника Спилбергера-Ханина, функциональное состояние

периферической вегетативной нервной системы и адаптационно-компенсаторные возможности организма по методике Р.М. Баевского; проводилось суточное мониторирование ЭКГ по Холтеру (ХМЭКГ). Результаты обработаны с помощью пакета программ Excel, с использованием t - критерия Стьюдента.

Результаты. Выявлены выраженные психовегетативные, гемодинамические и функциональные нарушения у больных хронической обструктивной болезнью лёгких, особенно при осложнённом течении, сопровождающемся лёгочной гипертензией. Получены данные, свидетельствующие о комплексном характере патофизиологических изменений, затрагивающих как эмоционально-личностную сферу, так и системы регуляции вегетативных, дыхательных и сердечно-сосудистых функций. Проведенная комплексная терапия способствовала снижению напряжения вегетативной нервной системы (ВНС), улучшению адаптационных возможностей организма и коррекции легочной гипертензии (ЛГ).

Заключение. Полученные в результате проведенного исследования данные подтверждают необходимость междисциплинарного подхода с учетом пульмокардиальных, психоэмоциональных и физиологических факторов. Комплексное лечение с междисциплинарным подходом способствует нормализации дисфункции кардиореспираторной системы и психовегетативного статуса. Это проявляется улучшением спектральных и временных параметров вариабельности ритма сердца и нормализацией индекса напряжения, что указывает на уменьшение симпатикотонии и улучшение адаптационных возможностей организма, тогда как одна базисная терапия без добавления комплекса за 10 дней существенной динамики не обеспечивала.

Ключевые слова: ХОБЛ, лёгочная гипертензия, вариабельность ритма сердца, тревожность, амплипульстерапия, психотерапия, вегетативный дисбаланс

Соблюдение этических стандартов. Настоящее исследование было проведено в соответствии с Комитетом по этике Учреждения (9.12.2024/№12). От всех участников было получено добровольное информированное согласие.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Аляви А.Л., Рахимова Д.А., Норпулатов Э.М., Абдуллажонова Ш.Ж., Атаходжаева Г.А. Психовегетативная дезадаптация как фактор развития

лёгочной гипертензии при хронической обструктивной болезни легких в междисциплинарном контексте экологии человека. Медицина труда и экология человека. 2026; 1: 252 – 267.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10113

Для корреспонденции: Дилором Алимовна Рахимова, e-mail: diloromr64@mail.ru.

PSYCHOVEGETATIVE MALADJUSTMENT AS A FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF PULMONARY HYPERTENSION IN CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE IN THE INTERDISCIPLINARY CONTEXT OF HUMAN ECOLOGY

Alyavi A.L.[1], Rakhimova D.A.[1], Norpulatov E.M.[2], Abdullajonova Sh.Zh.[3], Atakhodjaeva G.A.[3]

[1] Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Therapy and Medical Rehabilitation", Tashkent, Uzbekistan

[2] "Shox International Hospital", Tashkent, Uzbekistan

[3] Tashkent State Medical University, Tashkent, Uzbekistan

In patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) complicated by pulmonary hypertension, pronounced psychovegetative disorders are observed, characterized by a high level of anxiety and significant autonomic imbalance. The latter is manifested by a reduction in overall heart rate variability, a decrease in parasympathetic activity indicators such as HF and RMSSD, and an increase in parameters reflecting sympathetic and humoral-metabolic influences, including LF, VLF, and the stress index. These changes intensify as the disease progresses and are closely associated with the severity of hypoxemia and the development of right ventricular dysfunction. The use of complex therapy, including basic pharmacological treatment, hydrogel procedures, amplipulse therapy, and psychotherapeutic interventions, contributes to the normalization of the psycho-emotional and autonomic status of patients. Against the background of such treatment, an increase in SDNN, RMSSD, and HF, as well as a decrease in LF and manifestations of sympathicotonia, is noted. At the same time, the use of basic therapy alone, without additional non-pharmacological methods, did not lead to statistically significant improvements in the studied parameters.

The purpose of the study is to study the relationships between psychovegetative regulatory factors in patients with chronic obstructive pulmonary disease and the possibilities of their correction.

Materials and methods. The study included 44 patients with COPD and 30 healthy individuals (HIs) matched for gender and age. The psychoemotional status of COPD patients was assessed using the Spielberger-Khanin questionnaire, the functional state of the peripheral autonomic nervous system and the body's adaptive-compensatory capabilities were assessed using R.M. Baevsky's method; 24-hour Holter ECG monitoring (HMECG) was performed. The results were processed using the Excel software package and Student's t-test.

Results. Significant psychovegetative, hemodynamic, and functional disturbances were identified in patients with chronic obstructive pulmonary disease, particularly in complicated cases accompanied by pulmonary hypertension. Data were obtained indicating the complex nature of the pathophysiological changes, affecting both the emotional and personal spheres and the systems regulating autonomic, respiratory, and cardiovascular functions. The comprehensive therapy helped reduce tension in the autonomic nervous system (ANS), improve the body's adaptive capacity, and correct pulmonary hypertension (PH).

Conclusion. The data obtained from this study confirm the need for an interdisciplinary approach that takes into account pulmonary, cardiac, psychoemotional, and physiological factors. Comprehensive treatment with an interdisciplinary approach helps normalize cardiorespiratory dysfunction and psychovegetative status. This is manifested by improved spectral and temporal parameters of heart rate variability and normalization of the stress index, which indicates a decrease in sympathicotonia and an improvement in the body's adaptive capacity, whereas basic therapy alone without the addition of the complex did not provide significant dynamics over 10 days.

Keywords: COPD, pulmonary hypertension, heart rate variability, anxiety, amplipulse therapy, psychotherapy, autonomic imbalance

Compliance with ethical standards. This study was conducted in accordance with the Institutional Ethics Committee (December 9, 2024/No. 12). Voluntary informed consent was obtained from all participants.

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

Funding: the study was not supported by sponsorship.

For citation: Alyavi A.L., Rakhimova D.A., Norpulatov E.M., Abdullajonova Sh.Zh., Atakhodzhaeva G.A. Psychovegetative maladaptation as a factor in the development of pulmonary hypertension in chronic obstructive pulmonary disease in the interdisciplinary context of human ecology. Occupational Health and Human Ecology. 2026; 1: 252 - 267.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10113

For correspondence: Dilorom A. Rakhimova, e-mail: diloromr64@mail.ru.

Хроническая обструктивная болезнь лёгких (ХОБЛ) остаётся одной из наиболее значимых медико-социальных проблем, занимая ведущие позиции среди причин заболеваемости, утраты трудоспособности и смертности взрослого населения. По данным эпидемиологических наблюдений, признаки заболевания выявляются у 8–10 % лиц старше 40 лет, а в отдельных регионах — до 15–20 % [2,7]. Важным осложнением ХОБЛ является лёгочная гипертензия (ЛГ), формирующаяся в среднем у 30–40 % пациентов, причём прогрессирующая гипоксемия, ремоделирование сосудов малого круга и дисфункция сердечно-лёгочной системы определяют существенное снижение качества жизни и повышение риска госпитализации [4,9,10]. ЛГ рассматривается как один из ключевых предикторов неблагоприятного прогноза при ХОБЛ, а её своевременное выявление и коррекция требуют расширения междисциплинарных подходов.

В последние годы в патогенезе ХОБЛ всё большее внимание уделяется центральным механизмам регуляции, в частности — психовегетативной дезадаптации. У пациентов с ХОБЛ регистрируются выраженные нарушения вегетативной нервной системы, характеризующиеся снижением вариабельности сердечного ритма, уменьшением адаптационных резервов и дисбалансом симпатической и парасимпатической активности. По данным различных исследований, признаки вегетативной дисфункции отмечаются у 60–85 % больных [1,3,6,8]. Хроническая гипоксия, гиперкапния и частые обострения заболевания приводят к снижению устойчивости структур головного мозга к гипоксическому стрессу, что способствует формированию стойких дезадаптивных состояний.

Важной составляющей психовегетативного компонента является психоэмоциональная сфера. Тревожные и депрессивные расстройства у пациентов с ХОБЛ выявляются у 30–50 % в стабильной фазе и более чем у 60 % в период обострений, оказывая прямое влияние на регуляцию дыхательной и сердечно-сосудистой систем, включая тонус сосудов малого круга, что способствует прогрессированию ЛГ [5,9]. Несмотря на очевидную связь между психовегетативными нарушениями, гипоксическими воздействиями и

становлением ЛГ, данный аспект патогенеза остаётся недостаточно изученным. Между тем именно дезадаптивные состояния на уровне центральных регуляторных механизмов могут определять снижение вентиляционной способности лёгких, повышение среднего давления в лёгочной артерии (ЛАДср), снижение вариабельности сердечного ритма и ухудшение переносимости физических нагрузок [1,3,7]. Корреляции между выраженностью вегетативных нарушений и показателями внешнего дыхания в ряде исследований достигают статистической значимости ($p < 0,05$), что подчёркивает необходимость дальнейшего изучения данного направления.

Особую значимость проблема приобретает в междисциплинарном контексте экологии человека, где учитываются влияние факторов окружающей среды, качества воздуха, профессиональных вредностей, хронических стрессовых воздействий и условий труда. Загрязнение атмосферного воздуха, длительное пребывание в среде с высокой концентрацией мелкодисперсных частиц, работа в условиях гипоксии или химической экспозиции являются независимыми триггерами патофизиологических изменений и способны усиливать психовегетативную дезадаптацию [7,10,11]. Таким образом, исследование психовегетативной дезадаптации как фактора развития лёгочной гипертензии у больных ХОБЛ в контексте экологии человека является актуальным научным направлением.

На фоне базисной терапии эффективное воздействие оказывает добавление фитопрепаратов. В частности, гранулы Зупа (ГЗ) (Zupa granules), которые участвуют в подавлении провоспалительных цитокинов (IL-6, TNF-α), что ведет к снижению интенсивности воспаления и уменьшении гиперреактивности бронхов. Влияние на эндотелиальную систему основывается на данных о влиянии растительных антиоксидантов и вазопротекторов: улучшение функции эндотелия, повышение биодоступности оксида азота (NO), снижение эндотелиальной дисфункции при хроническом воспалении. Также, полифенолы в составе ГЗ уменьшают образование свободных радикалов, что способствует стабилизации сосудистой стенки [3]. Таким образом, комплексный подход в терапии пациентов с ХОБЛ, включающий лечебную физкультуру, психофизиологическую коррекцию и фитотерапию способствует снижению напряжения вегетативной нервной системы, улучшению адаптационные возможностей организма и способствует коррекции легочной гипертензии.

Цель исследования. Изучить взаимосвязи психовегетативных факторов регуляции у больных хронической обструктивной болезнью лёгких и возможности их коррекции.

Материалы и методы. Исследования больных проводились в день поступления и после 10 процедур.

Психоэмоциональный статус больных ХОБЛ с ЛГ оценивался при помощи опросника Спилбергера-Ханина на выявление реактивной (РТ) и личностной тревожности (ЛТ). Функциональное состояние периферической вегетативной нервной системы и адаптационно-компенсаторные возможности организма анализировали по данным кардиоинтервалографии (КИГ) по методике Р.М. Баевского, также проводили суточное мониторирование ЭКГ по Холтеру (ХМЭКГ), по результатам которой оценена вариабельность ритма сердца («Shiller», МТ-210, Швейцария). С помощью ДоплерЭхоКГ в соответствии с рекомендациями Американского общества эхокардиографистов по Хатле и Ангелсону, рассчитывали диастолическую функцию ПЖ сердца и анализировали уровень среднего легочного артериального давления (ЛАДср, мм.рт.ст). Функциональное состояние вентиляционной способности легких (ВСЛ) определяли на аппарате Medikor (Венгрия), с оценкой объема форсированного выдоха за 1 сек ($FEV_{1,}$ %), жизненной емкости легких (FVC, %) и индекса Тиффно (FEV_1/FVC, %).

Результаты обработаны с помощью пакета программ Excel, с использованием t - критерия Стьюдента. Различия между изучаемыми параметрами признавали достоверными при $p<0,05$.

Обследовано 44 больных ХОБЛ и 30 здоровых лиц (ЗЛ), сопоставимых по полу и возрасту. У пациентов с ХОБЛ проводили допплерэхокардиографию (ДоплерЭхоКГ) для оценки лёгочной гипертензии (ЛГ). Критерием наличия ЛГ служил уровень среднего лёгочного артериального давления (ЛАДср) более 25 мм рт. ст.

Дизайн исследования и распределение пациентов по группам: в зависимости от применяемой лечебной программы пациенты с ХОБЛ были разделены на три группы: 1-я группа (n = 16) — получали базисную терапию (БТ) в соответствии с рекомендациями GOLD (2023). 2-я группа больных ХОБЛ III ст. (n = 15) — на фоне базисной терапии дополнительно получали гранулы «Зупа» (ГЗ), XU Pharmaceutical Co., Ltd. (Китай), по 1 саше (12 г) гранул «Зупа» растворить в ~100 мл тёплой воды

и принимать 2 раза в день и курс амплипульстерапии (АТ), где: амплитуда тока 15 мА (средняя мышечная вибрация), II - III род работы — стимулирующий, трофический *и улучшающий кровообращение и трофику тканей*, частота модуляции 50–100 Гц, глубина модуляции 50–75 %, 8–10 минут, ежедневно, 10 процедур.

3-я группа больных ХОБЛ IV ст (n = 13) — на фоне базисной терапии получали гранулы Зупа и амплипульстерапии (АТ).

Общий лечебный комплекс независимо от принадлежности к группе, все пациенты проходили одинаковые немедикаментозные процедуры, включающие: дыхательную гимнастику, массаж грудной клетки и сеанс психотерапии. Воздействию АТ подвергали область проекции нижней части лёгких со стороны грудного отдела позвоночника. Экспозиция составляла 6 минут, процедуры выполнялись ежедневно.

Результаты. Проведённое исследование выявило выраженные психовегетативные, гемодинамические и функциональные нарушения у больных хронической обструктивной болезнью лёгких (ХОБЛ), особенно при осложнённом течении, сопровождающемся лёгочной гипертензией (ЛГ). Полученные данные свидетельствуют о комплексном характере патофизиологических изменений, затрагивающих как эмоционально-личностную сферу, так и системы регуляции вегетативных, дыхательных и сердечно-сосудистых функций.

Одним из ключевых результатов исследования стало выявленное повышение уровней реактивной (РТ) и личностной тревожности (ЛТ) у пациентов с ХОБЛ различной степени тяжести. По данным опросника Спилберга-Ханина, показатели РТ и ЛТ у больных средней тяжести достигали 51,8 ± 0,60 и 57,8 ± 0,92 соответственно, тогда как в группе здоровых лиц (ЗЛ) они составляли 34,6 ± 1,44 и 39,7 ± 0,87. При тяжёлом течении ХОБЛ РТ достигала 63,5 ± 0,50, что подтверждает наличие стойкого тревожного аффекта и эмоциональной дезадаптации. При осложнённом течении ХОБЛ с формированием гипертрофии правого желудочка (ГПЖ) уровни тревожности были значительно выше, чем у больных ХОБЛ с ЛГ без ГПЖ. Таким образом, психоэмоциональные нарушения в виде тревожности можно рассматривать как важный компонент клинической картины у данной категории пациентов.

Изменения эмоционального состояния сопровождались выраженными нарушениями вегетативной регуляции. Результаты кардиоинтервалографии (КИГ)

до лечения выявили снижение моды (Мо) и вариационного размаха (ΔХ) на фоне повышения амплитуды моды (Амо) и индекса напряжённости (ИН), что отражает гиперактивацию симпатического отдела вегетативной нервной системы и высокий уровень адаптационного напряжения. Эти показатели указывают на усиление функциональной активности симпатоадреналового звена, что соответствует состоянию гиперсимпатикотонии. Наряду с этим наблюдалось относительное усиление гуморальных и парасимпатических компенсаторных механизмов, свидетельствующих о напряжённости систем вегетативного гомеостаза.

Анализ клинико-функциональных параметров лёгочной системы показал, что у больных ХОБЛ до лечения отмечается существенное снижение вентиляционной способности лёгких, сопровождающееся повышением среднего давления в лёгочной артерии (ЛАДср) и ухудшением показателей спирометрии. Выявлено достоверное снижение объёма форсированного выдоха за 1 секунду ($ОФВ_1$), жизненной ёмкости лёгких (ЖЁЛ) и индекса Тиффно (FEV_1/FVC) по сравнению со здоровыми лицами ($p < 0,005$). Эти нарушения подтверждают наличие выраженной дыхательной недостаточности и служат патофизиологическим субстратом для развития лёгочной гипертензии и повышения нагрузки на правые отделы сердца. Важным этиологическим фактором данных нарушений является хроническая гипоксия, являющаяся ключевым триггером развития симпатикотонии и сосудистого ремоделирования.

Назначение комплексной терапии привело к значительному улучшению показателей как психоэмоционального статуса, так и вегетативной и гемодинамической регуляции. После лечения во всех группах отмечено снижение РТ и ЛТ, что указывает на положительное влияние терапии на эмоционально-личностную сферу больных. Наиболее выраженное снижение тревожности наблюдалось у пациентов, получавших комбинированную терапию ГЗ+АТ. Снижение выраженности тревожно-ипохондрической симптоматики было особенно заметным во 2-й и 3-й группах, что подтверждает эффективность комплексного воздействия на психовегетативные механизмы.

Динамика параметров КИГ свидетельствовала о снижении симпатической активности и нормализации процессов вегетативной регуляции. Отмечено увеличение Мо и уменьшение Амо и ИН ($p < 0,05$), что отражает уменьшение гиперсимпатикотонии и формирование более сбалансированного вегетативного статуса. Однако даже в период клинического улучшения у части больных

сохранялась умеренная напряжённость симпатоадреналовых звеньев, что подтверждает хронический характер вегетативной дисфункции при ХОБЛ.

Положительные сдвиги наблюдались также в показателях лёгочной гемодинамики и вентиляционной функции. У всех пациентов отмечалось снижение ЛАДср, улучшение допплерэхокардиографических характеристик и повышение вентиляционной способности лёгких. Наиболее значимым результатом стало уменьшение давления в лёгочной артерии, сопровождавшееся снижением давления в правом желудочке и уменьшением гемодинамической нагрузки на правые отделы сердца. Эти изменения привели к улучшению диастолической функции ПЖ, что является важным прогностическим фактором при ЛГ.

Суммарно полученные данные позволяют сделать вывод о том, что прогрессирование ЛГ и формирование ГПЖ у больных ХОБЛ тесно связаны с дисфункцией психовегетативных механизмов регуляции. Психоэмоциональные нарушения, вегетативный дисбаланс, гиперактивация симпатической ВНС и повышение лёгочной гемодинамики представляют собой взаимосвязанные патогенетические звенья, которые необходимо учитывать при разработке терапевтической тактики. Включение в комплексную терапию пациентов ХОБЛ III-IV ст. с ЛГ и ГТ ПЖ, методов ГЗ+АТ на фоне базисного лечения способствует улучшению вентиляционной функции лёгких, снижению давления в лёгочной артерии и нормализации психовегетативного статуса.

Таким образом, результаты исследования подтверждают необходимость комплексного подхода к лечению ХОБЛ III-IV ст. учитывающего не только респираторные и гемодинамические нарушения, но и состояние психоэмоциональной сферы и вегетативной регуляции. Это позволяет повысить эффективность терапии, снизить тяжесть течения заболевания и улучшить качество жизни пациентов.

Результаты подтверждают, что психовегетативная дезадаптация является фактором, способствующим развитию лёгочной гипертензии у больных ХОБЛ. Высокий уровень личностной и реактивной тревожности, изменения вегетативного тонуса и функциональные нарушения сердечно-сосудистой системы создают дополнительную нагрузку на лёгочную циркуляцию.

Сравнительная оценка показателей качества жизни между больными ХОБЛ III – IV степенях выявила, что у больных с III ст. показатели физического состояния (ФС),

эмоционального состояния (ЭС), профессиональной пригодности (ПП) и удовлетворенности лечением (УЛ) были снижены, соответственно, на 2,96±0,09; 2,57±0,05; 3,09±0,05 и 2,59±0,04 баллов (p<0,05 по сравнению с КГ). В то же время у больных с IV ст аналогичные показатели были снижены более значительно: ФС на 1,9±0,08; ЭС на 2,87±0,05; ПП на 3,16±0,044 и УЛ на 2,32±0,06 баллов. Больные этих подгрупп испытывали боязнь физической активности и неудовлетворенность лечением, затруднялись выполнять привычные профессиональные обязанности. Как видно из полученных данных, функциональный статус и КЖ больных достоверно ухудшались при развитии гипертрофии/дилатации ПЖ сердца. Результаты корреляционного анализа продемонстрировали выраженную связь между показателями КЖ и процессов ремоделирования ПЖ сердца: с EDV ПЖ (r=0,52), с конечно систолический объем (ESV) ПЖ (r= -0,43), с FAF (r=0,34) и с DT (r=0,36) (p<0,05).

С помощью ХМЭКГ оценивались параметры базового синусового ритма сердца, частота и характер аритмий. Продолжительность качественной записи варьировала от 16 до 24 часов и в среднем составила 21,4±1,0 часа. Средняя дневная ЧСС находилась в пределах от 55 до 81 уд/мин, а средняя ночная ЧСС - от 47 до 75 уд/мин. Желудочковая экстрасистолия зарегистрирована у 34 (38,6%) больных, из них в 26,1% случаев при ХОБЛ и в 12,5% случаях встречались единичные желудочковые экстрасистолии, 6 (9,4%) случаях носили политопный характер, количество ЖЭ не превышало 6 в час, тахикардия у 30 (46%) больных, брадикардия у 9 (14,1%). При анализе спектральных параметров ВРС у больных легочной гипертензией в 1 группе по отношению к КГ, наблюдалось повышение спектральных параметров VLF на 15%, показателей низких частот (LF) на 39,2% и снижение высоких частот (HF) на 51,7% (p<0,05). В этой подгруппе определяется снижение временных показателей SDNN на 32,3% и RMSSD на 41,3% (p<0,05). Повышение на 42,3% соотношения LF/HF (p<0,05 по сравнению КГ) характеризует преимущественную активность блуждающего нерва. В группе больных ХОБЛ IV ст. наблюдалось снижение высоких частот на 54,1% (p<0,01), повышение низких частот на 48,6% (p<0,05), увеличение коэффициента LF/HF- на 55,1% и повышение VLF на 31,9%, (p<0,005 по сравнению с контрольной группой) и снижение временных показателей: SDNN на 74,2%, RMSSD на 64,6% (p<0,001). Подобные сдвиги спектральных и временных показателей ВРС свидетельствуют о выраженном вегетативном дисбалансе, увеличивающемся при развитии IV ст ХОБЛ: имеется явное преобладание симпатического звена вегетативной нервной системы над парасимпатическим, что является прогностически неблагоприятным. Нарушения

ВРС коррелировали с уровнем гипоксемии SaO_2 (r=0,37, p<0,05), диастолической дисфункцией правого желудочка FAF (r=0,34, p<0,05).

На фоне комплексного лечения ГЗ+АТ наблюдали уменьшение вегетативного дисбаланса во всех подгруппах. Это выражалось в снижении показателей Мо у больных 2 и 3 групп, соответственно, на 5,5% и 9,2% (p<0,05 - достоверность различия с исходными данными) и положительном сдвиге параметров индекса напряжения - ИН (7,2 и 11,2% против 5,8 и 9,7%, p<0,05 - с исходными данными). В исследуемых группах наблюдалось улучшение параметров вариабельности ритма сердца, достоверно повысились параметры временного анализа ВРС, в 2 и 3 группах, соответственно: RMSSD на 8,9 и 5,5% (22,9±6,04 мс против 18,94+4,84 мс, p<0,01 - достоверность различия с контрольной группой) и SDNN на 8,6 и 6,8% (39,1±8,62 мс против 35,74±6,15 мс, p<0,03) (соответственно по подгруппам). Параметры спектрального анализа также имели положительный сдвиг: уменьшилась мощность LF до 9,1 и 7,5% (p<0,05) и повысился LF/ HF до 17,4 и 14,1%, HF повысился на 12,3 и 10,4%, что также подтвердило снижение симпатикотонии (p<0,05 - достоверность различия с исходными значениями). Параметры временного и спектрального анализа при 10 дневном применении только базисной терапии носили недостоверный характер (p>0,05).

Комплексная терапия, включающая ГЗ+АТ, снижает напряжение ВНС, улучшает адаптационные возможности организма и способствует коррекции ЛГ. Это подтверждает необходимость междисциплинарного подхода с учетом пульмокардиальных, психоэмоциональных и физиологических факторов.

Выводы.

- У больных ХОБЛ с лёгочной гипертензией выявлен высокий уровень реактивной и личностной тревожности, что подтверждает хроническую стресс-нагрузку и формирование устойчивого тревожного аффекта.
- Формирование тревожного аффекта сопровождается усилением симпатической активности, что патогенетически приводит к выраженному вегетативному дисбалансу и нарушениям сердечного ритма по данным ХМЭКГ, а степень этих нарушений усиливается по мере прогрессирования ХОБЛ и усугубляется гипоксемией.
- Комплексное лечение с междисциплинарным подходом, включающее базисную терапию, ГЗ + амплипульстерапию и психотерапию, способствует нормализации дисфункции кардиореспираторной системы и психовегетативного

статуса. Это проявляется улучшением спектральных и временных параметров вариабельности ритма сердца: ростом RMSSD и SDNN, увеличением HF, снижением LF и нормализацией индекса напряжения. Эти изменения указывают на уменьшение симпатикотонии и улучшение адаптационных возможностей организма, тогда как одна базисная терапия без добавления комплекса за 10 дней существенной динамики не обеспечивала.

Список литературы:

1. Alqahtani, J. S., Aldhahir, A. M., et al. A systematic review and meta-analysis of heart rate variability in COPD. Frontiers in Cardiovascular Medicine. 2023; 10: 1070327.

2. Ambatiello, I. E., Chazova, I. E. Cardiovascular and chronic obstructive pulmonary diseases: pathophysiological processes and treatment tactics. Терапевтический Архив. 2020; 92(3): 78–83.

3. Ghosh S., et al. Role of natural antioxidants in respiratory diseases. Pulm Pharmacol Ther. 2017.

4. IJLBPR (International Journal of Life Sciences, Biotechnology and Pharma Research). Autonomic Neuropathy and Hypoxemia in Patients with COPD. 2023; 12(4): 298–305.

5. Obstructive Sleep Apnea and Pulmonary Hypertension: A Chicken-and-Egg Relationship. Journal of Clinical Medicine. 2024; 13(10): 2961.

6. P. A. et al. Heart Rate Variability and Peripheral Oxygen Saturation Levels in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. (Исследование показателей HRV и сатурации при ХОБЛ.) 2025.

7. Raju, S., Woo, H., Fawzy, A., et al. Decreased cardiac autonomic function is associated with higher exacerbation risk and symptom burden in chronic obstructive pulmonary disease. Chronic Obstructive Pulmonary Diseases (the Journal of the COPD Foundation). 2023; 10(3): 328–334.

8. Rakhimova D.A., Kasimova G.M, Kayumova Y.D. Condition metabolic balance disturbance in patients with cor pulmonale: prevalence, diagnosis, risk factors. "Journal of life-sciences". – Argentina, 2012. - №2. - P. 164-167.

9. Zabara-Antal, A., Crisan-Dabija, R., Arcana, R.-I., et al. Heart Rate Variability (HRV) in Patients with Sleep Apnea and COPD: A Comprehensive Analysis. Journal of Clinical Medicine. 2025; 14(13): 4630.

10. Качество жизни больных с хроническим легочным сердцем: зависимость от кардиореспираторных параметров. / Рахимова Д.А. Украинский терапевтический журнал. - Киев, 2012. - №1. - С. 52-55.

11. Функциональное состояние кардиореспираторной системы у больных хронической обструктивной болезнью легких, осложненной легочной гипертензией при применении озонотерапии. / Рахимова Д.А. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. - Москва, 2009. - №6. - С. 7-10.

12. Рахимова Д.А. Состояние диастолической функции правого желудочка сердца и периферической гемодинамики в динамике воздействия различных режимов терапии у больных хроническим легочным сердцем. Туберкулез и болезни легких. - Москва, 2009. - №2. - С. 35-37.

References:

1. Alqahtani, J. S., Aldhahir, A. M., et al. A systematic review and meta-analysis of heart rate variability in COPD. Frontiers in Cardiovascular Medicine. 2023; 10: 1070327.

2. Ambatiello, I. E., Chazova, I. E. Cardiovascular and chronic obstructive pulmonary diseases: pathophysiological processes and treatment tactics. Terapevticheskiy Arkhiv. 2020; 92(3): 78–83.

3. Ghosh S., et al. Role of natural antioxidants in respiratory diseases. Pulm Pharmacol Ther. 2017.

4. IJLBPR (International Journal of Life Sciences, Biotechnology and Pharma Research). Autonomic Neuropathy and Hypoxemia in Patients with COPD. 2023; 12(4): 298–305.

5. Obstructive Sleep Apnea and Pulmonary Hypertension: A Chicken-and-Egg Relationship. Journal of Clinical Medicine. 2024; 13(10): 2961.

6. P. A. et al. Heart Rate Variability and Peripheral Oxygen Saturation Levels in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. (Исследование показателей HRV и сатурации при ХОБЛ.) 2025.

7. Raju, S., Woo, H., Fawzy, A., et al. Decreased cardiac autonomic function is associated with higher exacerbation risk and symptom burden in chronic obstructive pulmonary disease. Chronic Obstructive Pulmonary Diseases (the Journal of the COPD Foundation). 2023; 10(3): 328–334.

8. Rakhimova D.A., Kasimova G.M, Kayumova Y.D. Condition metabolic balance disturbance in patients with cor pulmonale: prevalence, diagnosis, risk factors. "Journal of life-sciences". – Argentina, 2012. - №2. - P. 164-167.

9. Zabara-Antal, A., Crisan-Dabija, R., Arcana, R.-I., et al. Heart Rate Variability (HRV) in Patients with Sleep Apnea and COPD: A Comprehensive Analysis. Journal of Clinical Medicine. 2025; 14(13): 4630.

10. Quality of life of patients with chronic pulmonary heart disease: dependence on cardiorespiratory parameters. / Rakhimova D.A. Ukrainian therapeutic journal. - Kyiv, 2012. - No. 1. - P. 52-55.

11. Functional state of the cardiorespiratory system in patients with chronic obstructive pulmonary disease complicated by pulmonary hypertension using ozone therapy. / Rakhimova D.A. Physiotherapy, balneology and rehabilitation. - Moscow, 2009. - No. 6. - P. 7-10.

12. Rakhimova D.A. The state of diastolic function of the right ventricle of the heart and peripheral hemodynamics in the dynamics of the impact of various therapy regimens in patients with chronic pulmonary heart disease. Tuberculosis and lung diseases. - Moscow, 2009. - No. 2. - P. 35-37.

Информация об авторах:

Аляви А.Л. - Академик АН РУз., руководитель отдела “Кардиология” ГУ “Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр терапии и медицинской реабилитации”, Ташкент, Узбекистан;

Рахимова Д.А. – д.м.н., профессор, руководитель отдела “Пульмонология” ГУ “Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр терапии и медицинской реабилитации”, Ташкент, Узбекистан;

Норпулатов Э.М. – врач кардиолог, «Shox international hospital», Ташкент, Узбекистан;

Абдуллажонова Ш.Ж. – д.м.н., доцент, заведующая отделом “Неврология” ГУ “Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр терапии и медицинской реабилитации”, Ташкент, Узбекистан;

Атаходжаева Г.А. – д.м.н., доцент, Ташкентский государственный медицинский университет, Ташкент, Узбекистан.

Author information:

Alyavi A.L. - Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Head of the Cardiology Department, State Institution "Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Therapy and Medical Rehabilitation", Tashkent, Uzbekistan;

Rakhimova D.A. – Doct. Sc. (Medicine), Professor, Head of the Pulmonology Department, State Institution “Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Therapy and Medical Rehabilitation”, Tashkent, Uzbekistan;

Norpulatov E.M. – cardiologist, Shox international hospital, Tashkent, Uzbekistan;

Abdullajonova Sh.Zh. – Doct. Sc. (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Neurology, State Institution “Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Therapy and Medical Rehabilitation”, Tashkent, Uzbekistan;

Atakhodjaeva G.A. – Doct. Sc. (Medicine), Associate Professor, Tashkent State Medical University, Tashkent, Uzbekistan.

Поступила/Received: 10.12.2026
Принята в печать/Accepted:11.02.2026

УДК 613.644.648.2

ВОЗМОЖНЫЕ ИНЦИДЕНТЫ ПРИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ, СВЯЗАННЫЕ С ФЕРРОМАГНИТНЫМИ ПРЕДМЕТАМИ, И ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Щучинов Л.В., Новикова И.И.

ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены», г. Новосибирск, Россия

Магнитно-резонансная томография (МРТ) – современный высокоточный метод диагностического исследования, считающийся безопасным из-за отсутствия ионизирующего излучения. Однако риски, обусловленные сильным магнитным полем МРТ-аппарата, существуют до сих пор, а число несчастных случаев, связанных с ферромагнитными предметами, не снижается.

Цель работы – обзор зарубежных и российских научных публикаций по теме безопасности МРТ-исследования для предупреждения потенциальных несчастных случаев с пациентами.

Материалы и методы. Поиск и анализ публикаций, посвященных инцидентам в кабинете магнитно-резонансной томографии, которые были связаны с ферромагнитными предметами, занесенными в кабинет МРТ, а также с наличием на теле или в теле пациентов устройств и (или) материалов, содержащих металлы. Поиск научных статей проводился на русском и английском языках по базам данных Scopus, PubMed, Web of Science, РИНЦ за 2001–2025 гг.

Результаты. Магнитно-резонансная томография является прогрессивным и безопасным методом лучевой диагностики. Анализ 54 источников показал, что подавляющее большинство описанных инцидентов связаны с нарушением правил безопасности при проведении МРТ-исследования. В последние годы наблюдается увеличение спектра происшествий в связи с ростом имплантируемых устройств и расширения использования новых материалов в одежде, в косметических средствах, в лекарственных средствах (пластырях, мазях).

Ограничение исследования. В анализ включены преимущественно зарубежные публикации (2001-2025 гг.), что может ограничивать обобщенность выводов.

Заключение. В ближайшие годы высокие диагностические возможности метода МРТ будут способствовать увеличению числа как самих магнитно-резонансных томографов в России, так и числа пациентов, которым назначено МРТ-

исследование. Во избежание нежелательных явлений при МРТ-графии следует обеспечить непрерывное обучение медицинских работников, постоянно пересматривать действующие правила безопасности, а также памятки для пациентов, проходящих МРТ-графию.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, ферромагнитные предметы, несчастные случаи, инциденты, безопасность, профилактика

Соблюдение этических стандартов. Проведение исследования не требовало одобрения этического комитета, поскольку работа не связана с использованием человека или животных в качестве объектов исследования.

Использование инструментов искусственного интеллекта. При подготовке рукописи системы искусственного интеллекта не применялись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Щучинов Л.В., Новикова И.И. Возможные инциденты при магнитно-резонансной томографии, связанные с ферромагнитными предметами, и их предупреждение (обзор литературы). Медицина труда и экология человека. 2026; 1: 268 – 290.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10114

Для корреспонденции: Щучинов Леонид Васильевич, e-mail: leo2106@mail.ru

POTENTIAL MAGNETIC RESONANCE IMAGING INCIDENTS RELATED TO FERROMAGNETIC OBJECTS AND THEIR PREVENTION (LITERATURE REVIEW)

Shchuchinov L.V., Novikova I.I.

Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia

Magnetic resonance imaging (MRI) is a modern, highly accurate diagnostic method considered safe due to the absence of ionizing radiation. However, risks associated with the strong magnetic field of an MRI machine still exist, and the number of accidents involving ferrous objects remains high.

The aim of this study was to review international and Russian scientific publications on MRI safety to prevent potential patient accidents.

Materials and Methods. A search was conducted for publications on incidents in the MRI room involving ferromagnetic objects brought into the MRI room, as well as the presence of devices and/or materials containing metals on/or in patients. A search for scientific articles in Russian and English was conducted using Scopus, PubMed, Web of Science, and the Russian Science Citation Index (RSCI) databases for the years 2001–2025.

Results. Magnetic resonance imaging is a progressive and safe method of radiological diagnostics. An analysis of 54 sources showed that the vast majority of incidents described involved violations of safety regulations during MRI procedures. In recent years, the incidence of incidents has increased due to the growth of implantable devices and the increased use of new materials in clothing, cosmetics, and medications.

Study limitations. The analysis primarily included foreign publications (2001-2025), which may limit the generalizability of the findings.

Conclusion. In the coming years, the advanced diagnostic capabilities of MRI will contribute to an increase in both the number of MRI scanners in Russia and the number of patients undergoing MRI examinations. To prevent adverse events during MRI, it is necessary to ensure ongoing training for healthcare professionals, regularly review current safety regulations, and provide patient information for MRI patients.

Keywords: magnetic resonance imaging, ferromagnetic objects, accidents, incidents, safety, prevention

Compliance with ethical standards. This study did not require approval by the Ethics Committee, as it did not involve humans or animals as research subjects.

Declaration of AI use. The authors declare that no artificial intelligence tools were used in the preparation of this manuscript.

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

Funding. The study had no financial support.

For citation: Shchuchinov L.V., Novikova I.I. Potential magnetic resonance imaging incidents involving ferromagnetic objects and their prevention(literature review). Occupational Health and Human Ecology. 2026; 1: 268 – 290.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10114

For correspondence: Leonid V. Shchuchinov, e-mail: leo2106@mail.ru

Магнитно-резонансная томография считается высокоточным и безопасным методом исследования. Действительно, при соблюдении правил безопасности пациентами и медицинским персоналом непредвиденные происшествия во время МРТ-исследований случаются редко – в 0,15-0,16% случаев [1, 2]. Хотя литературные обзоры зарубежных статей показывают, что, несмотря на усовершенствование технологий и методов МРТ, число несчастных случаев, связанных с железосодержащими предметами, не снижается [3-5]. Кроме того, постоянно расширяется спектр происшествий, связанных с металлическими предметами, так как растет число имплантов в теле больных [3, 4], а также появляются новые материалы с содержанием металлических компонентов – ткани, лечебные пластыри, краски для татуажа [5, 6, 7], что требует периодической корректировки правил безопасности при МРТ-графии [6].

Цель работы – обзор зарубежных и российских научных публикаций по теме безопасности МРТ-исследования для предупреждения потенциальных несчастных случаев с пациентами.

Материалы и методы. Поиск и анализ публикаций, посвященных инцидентам в кабинете магнитно-резонансной томографии, которые были связаны с ферромагнитными предметами, занесенными в кабинет МРТ, а также с наличием на теле или в теле пациентов устройств и (или) материалов, содержащих металлы. Поиск проводился по базам данных Scopus, PubMed, Web of Science, РИНЦ за 2001–2025 гг. Ключевыми словами для обнаружения информации являлись «магнитно-резонансная томография», «несчастные случаи», «инциденты», «безопасность МРТ». Частично просматривались научные новости, интервью врачей и ученых в средствах массовой информации. Для обзора были отобраны 54 литературных источника за 2001-2025 гг.

Результаты. Магнитно-резонансная томография является широко распространенным прогрессивным и безопасным методом неинвазивной визуализации. Технология МРТ основана на эффекте резонансного поглощения атомами электромагнитных волн. Человека помещают в создаваемое МРТ-аппаратом магнитное поле, при этом молекулы в организме разворачиваются по направлению магнитного поля. После этого радиоволной проводят сканирование. Изменение состояния молекул передаются в компьютер, где проводится обработка полученных данных. В отличие от компьютерной томографии МРТ

позволяет получить высокоточное изображение патологического процесса в тканях в разных плоскостях.

Вес магнита в МРТ-аппаратах огромен – от 5 до 45 тонн, а сила статического магнитного поля МРТ (изменяемая в Теслах – Т) примерно в 12000–66000 раз сильнее магнитного поля Земли [7]. Воздействие распространяется на несколько метров за пределы туннеля сканера, слабея при удалении [7]. Пациент при исследовании испытывает влияние трех типов полей: статического магнитного поля, градиентного магнитного поля и радиочастотного. Магнит в аппарате МРТ работает всегда и мощно притягивает любые ферромагнитные материалы (состоящие из железа, кобальта, никеля и их сплавов, которые сильно намагничиваются во внешнем магнитном поле), что может привести к серьезным травмам, а в некоторых случаях и к смерти [3]. Кроме того, градиентные магнитные поля способны вызывать стимуляцию периферических нервов и мышц, спровоцировав непроизвольное движение конечностей или даже фибрилляции желудочков сердца [4], а сильное радиочастотное поле может вызвать нагрев тканей пациента, при контакте с любыми металлическими материалами и привести к ожогам [5].

Основной риск при прохождении МРТ связан именно с очень сильным статическим магнитным полем, которое буквально силой всасывает металлические предметы внутрь аппарата (это явление назвали «эффектом ракеты или эффектом снаряда»). Первая подобная ситуация при МРТ-сканировании произошла 26.07.2001 года, когда шестилетний Майкл Коломбини проходил плановое контрольное МРТ-обследование после операции по удалению опухоли головного мозга в медицинском центре Вестчестера в Нью-Йорке. В середине обследования у ребенка прекратилась подача кислорода. В спешке сотрудник занес в кабинет МРТ стальной кислородный баллон, не зная (или забыв) о притяжении магнита. В одно мгновение 10-тонный магнит томографа притянул этот тяжелый баллон через всю комнату в полость аппарата. Баллон ударил Майкла по голове, вызвав смертельный перелом черепа. От полученных травм через два дня ребенок скончался [8]. Трагедия потрясла медицинское сообщество и заставила усилить меры безопасности при МРТ-исследовании.

Однако трагические эпизоды регистрируется до сих пор. Так, 17.07.2025 года смертельный случай при МРТ-сканировании в США произошел с 61-летним Китом МакАллистером, который сопровождал свою жену в медицинский центр для проведения МРТ колена, где использовался «открытый» МРТ-сканер. На шее

мужчины была металлическая цепь весом 9 кг. После завершения сканирования техник МРТ, с которым был знаком Кит, разрешил мужчине войти в кабинет, чтобы помочь его жене встать со стола. Когда тот подошел к магниту, его за цепь с силой притянуло внутрь, ударив об аппарат так сильно, что мужчина обмяк на руках жены. Цепь при этом затянулась вокруг его шеи и туловища. Прибывшие на место происшествия сотрудники экстренных служб выявили у пострадавшего остановку сердца. На следующий день мужчина умер [9].

В научной литературе описаны травмы пациентов при МРТ-исследовании, где фигурируют различные железосодержащие предметы, в том числе носилки [10], инвалидные коляски [11], поломоечные машины [12], тележки [13], мониторы пациентов [13], штативы для внутривенных вливаний [2] и более мелкие предметы (ювелирные украшения, монеты, ключи, сотовые телефоны) [14]. Случались экзотические эпизоды, когда, например, пациентка пронесла в кабинет МРТ пистолет, который в ходе сканирования притянулся к магниту и произвел выстрел (несмертельный) в область ягодицы [15].

Большое исследование по несчастным случаям при МРТ среди ортопедических больных провели японские исследователи [2]. Япония занимает первое место в мире как по количеству МРТ-исследований, так и по наличию магнитно-резонансных томографов. В этой стране насчитывается 57,39 аппаратов на 1 миллион человек, что в 7 раз больше, чем в среднем в других государствах [16]. С 2004 года в крупных медицинских учреждениях Японии введена регистрация всех медицинских неблагоприятных событий, находящихся в единой базе. Учеными были просмотрены 104659 сообщений, зарегистрированных с 1 января 2010 г. по 31 декабря 2019 г., из которых было отобрано 172 сообщения о несчастных случаях, связанных с наличием ферромагнитных объектов в кабинете МРТ (0,16% от всех случаев). Анализ этих 172 случаев, показал, что самыми распространенными ферромагнитными устройствами, попадавшими в кабинеты МРТ, были кардиостимуляторы (n = 22). Также встречались крупные предметы: кислородные баллоны (n = 12), носилки (n = 1), штативы для внутривенных вливаний (n = 7), утяжелители для лодыжек (n = 4), шагомеры (n = 3), протезы (n = 2). Остальные предметы были мелкими – сосудистые стенты (8), термометры (7), слуховые аппараты (3), искусственные зубы и т.п. Наиболее распространенной причиной несчастных случаев было «несоблюдение правил проверки» перед МРТ-сканированием (69%). Фактический вред пациентам был причинен в 9% отобранных случаев, смертельных исходов не было.

Несмотря на отсутствие сбоев в работе электрокардиостимуляторов в Японии, в других странах несчастные случаи с электрокардиостимуляторами при МРТ происходят постоянно [3-5, 17]. *В России* 26.08.2024 при МРТ-исследовании пациентки с кардиостимулятором произошел сбой устройства, повлекший ее смерть, о чем года сообщила Прокуратура Архангельской области и Ненецкого автономного округа [18].

В мире постоянно увеличивается число людей с наличием имплантируемых устройств, особенно с сердечными имплантатам: протезами сердечных клапанов, стентами коронарных артерий, имплантируемыми кардиовертерами-дефибрилляторами и электрокардиостимуляторами. Опасность связана с возможностью смещения, отсоединения, дисфункции или повреждения устройства, вызванного взаимодействием с магнитным полем, если в устройстве есть металлические компоненты (ферромагнетики) [4]. В 2018 году среди пациентов, проходящих МРТ, насчитывалось от 10 до 20% людей с медицинскими имплантами [19]. В литературе описаны случаи смещения кохлеарных имплантатов, клипс для аневризм головного мозга, инфузионных насосов, приводящих к смерти [14]. Кроме того, был зарегистрирован случай травмы глазницы, когда необнаруженная металлическая частица внутри глаза рабочего-металлурга при МРТ-сканировании пришла в движение, что привело к слепоте [19].

Помимо статического магнитного поля на пациента, проходящего МРТ-сканирование, оказывает воздействие (вторичное) магнитное поле, создаваемое градиентными катушками. В процессе создания изображения градиентное поле включается и выключается. По этой причине оно является изменяющимся во времени и варьируется от сверхнизкочастотного до высокочастотного. Градиентные магнитные поля могут представлять биологическую опасность, вызывая стимуляцию периферических нервов и мышц (подергивание конечностей) или даже стимуляцию сердца, в том числе фибрилляцию желудочков [21, 22].

Но, пожалуй, одно из самых распространенных нежелательных явлений при МРТ-исследовании – ожоги пациентов, на которые приходится 59% нежелательных случаев [5]. Они могут быть вызваны: радиочастотным (РЧ) излучением, вихревыми токами, контактом с металлическими предметами, с собственной кожей человека или даже со стенкой канала. Тяжесть варьируется от легких ожогов в виде небольших волдырей [23-25] до тяжелых ожогов, требующих ампутации [26]. В научной литературе разобраны многочисленные случаи

термических ожогов, возникшие у пациентов, имеющих металлические импланты или имплантируемыми устройства [26], либо пользовавшихся медицинскими изделиями – пульсоксиметром) [27], системами мониторинга глюкозы [28], лекарственными пластырями [29, 30] и даже мазью с оксидом цинка [31]. В период пандемии COVID-19 были зарегистрированы ожоги лица у пациентов, проходивших МРТ-сканирование в медицинской маске, если в ней присутствовал металл: например, стальные крепления для носа, наночастицы серебра или медное антимикробное покрытие [32]. Частое явление – наличие в современной одежде металлических нитей, которые также способны вызывать ожоги тела [33-35]. Проблемами при МРТ-исследовании пациента или пациентки могут стать косметика, перманентный макияж или татуировки, краски которых имеют металлические вкрапления и могут нагреваться [36-37]. Даже нарощенные волосы способны создавать условия для нагрева тела радиочастотным излучением, так как содержат металлические микрогранулы [38].

В последние годы стали встречаться пациенты с имплантированными RFID-чипами (Radio Frequency Identification), представляющие миниатюрный (размером с рисовое зернышко) электронный имплант с микросхемой и антенной, который хранит информацию и передает её на считывающее устройство по радиосигналу, позволяя автоматически идентифицировать и отслеживать объекты без прямого контакта. За рубежом таким пациентам МРТ-графия разрешена, но наблюдения показывают, что качество изображения в зоне чипа может быть нечетким [39].

Но в целом магнитно-резонансная томография – безопасный диагностический метод, так как в отличие от ионизирующего излучения оно не изменяет положения атомов, не влияет на их структуру и состав [3]. Убедительных доказательств вредного биологического воздействия статического магнитного поля при применяемых параметрах МРТ-графии не было обнаружено [40-44]. Из биологических эффектов, как уже отмечалось, возможна стимуляция нервов и мышц, вызывающая у больных дискомфорт и неприятные ощущения [26]. Кроме того, во время МРТ отмечается нагрев некоторых органов – глаза, яичек [5], увеличивается вязкость крови при 1,5 Т, происходит снижение проницаемости мембраны эритроцитов и скорости оседания эритроцитов [42], поэтому была введена рекомендация по ограничению магнитного поля до 2Т для исследования головы и туловища, и до 8Т для облучения конечностей [4].

При условии исправного оборудования и строгого соблюдения техники МРТ-исследования большинства описанных выше случаев можно было избежать [2-6,

14, 40-44]. Кроме того, учитывая широкое использование МРТ в клинической практике (более 100 миллионами сканирований в год) крайне важной задачей является необходимость всестороннего уточнения протоколов безопасности, так как число несчастных случаев при МРТ за последние 13 лет выросло в 4 раза из-за увеличения количества пациентов с металлическими устройствами, имплантатами и боди-артом [7, 14].

Большинство современных рекомендаций безопасности при МРТ-исследовании сводятся к устранению самых уязвимых моментов. Предполагается строгое зонирование помещений МРТ на 4 зоны, для предупреждения входа посторонних в кабинет МРТ («зона снаряда») и в зону перед кабинетом МРТ. Для профилактики заноса металлических предметов необходимо проводить тщательный досмотр пациентов перед МРТ-графией с возможным использованием металлодетекторов [45]. Также проводится анкетирование пациентов на предмет наличия имплантов, в том числе тех, которые при МРТ выходят из строя (инсулиновые помпы, электрокардиостимуляторы, вживленные слуховые аппараты и т.п.). Важным фактором снижения потенциальных нежелательных событий является изучение историй болезни пациентов, особенно пожилых людей и детей, так как именно среди этих контингентов чаще всего наблюдались инциденты при МРТ-сканировании [2]. Для предупреждения ожогов от одежды рекомендуется переодевание пациента в халат без карманов из безопасной ткани [5]. Пациентам с имплантатами и медицинскими устройствами разрешается проходить МРТ-сканирование только в том случае, если имплантаты безопасны или совместимы с МРТ, что подтверждено документами [5]. И, безусловно, в профилактике инцидентов чрезвычайно важны знания медицинских работников обо всех возможных осложнениях при МРТ [45].

В просмотренных научных российских журналах освещалась безопасность МРТ-исследования при кардиологических заболеваниях у людей с имплантированными электрокардиостимуляторами и кардиовертерами-дефибрилляторами с отсылкой на зарубежные источники [46-47]. Публикации о несчастных случаях в России при МРТ-сканировании, связанных с ферромагнитными предметами, не найдены. Возможно, отсутствие отечественных научных статей обусловлено не только небольшим количеством нежелательных событий, но и небольшим числом наблюдений, так как в России на 1 млн населения приходится 5,2 томографа (что в 11 раз меньше, чем в Японии). Между тем поиск по новостям в интернете, кроме уже описанного события в Архангельске [18], выявил недавний аналогичный смертельный случай в Свердловской области, где врач-онколог, не зная, что у

пациента установлен электрокардиостимулятор, отправил больного на МРТ-графию [48]. В комментариях пользователей к этой новости лейтмотивом проходит вывод – в происшествии виноваты три человека: пациент, который утаил наличие электрокардиостимулятора, врач-онколог плохо собравший анамнез, специалист МРТ, допустивший больного в МРТ-кабинет, хотя должен был тщательно проверить наличие металлических предметов. Именно неосведомленность этих лиц привела к несчастному случаю. Несмотря на постоянный инструктаж специалистов МРТ-кабинетов, медицинских работников разных специальностей и пациентов, направленных на МРТ-исследования, их базовые знания о правилах безопасности зачастую бывают ограниченными, что подтверждается анкетированием, которое проводилось учеными из Саудовской Аравии: недостаточные знания показали 31,8% медработников (из 387 опрошенных человек) [49] и 57% пациентов, проходивших МРТ-сканирование (из 446 опрошенных больных) [50]. В российской научной печати подобные данные, к сожалению, отсутствуют.

В целом отечественные статьи по профилактике негативных событий при МРТ-исследовании касались соблюдения правил безопасности [51-54], которые соответствуют зарубежным стандартам [49] (по зонированию помещений, предупреждению попадания металлических предметов, перечню абсолютных и относительных противопоказаний, анкетированию пациентов, проведению исследований у пациентов с имплантами) [51-53]. Показано, что МРТ-графия безопасна для больных с немагнитными (титановыми) медицинскими имплантами (стальные скобки или проволока для сшивания грудины, простые или покрытые коронарные стенты) [51, 52]. Исследование не вызывало смещения и нагревания инородных тел (дроби), протезов тазобедренных суставов, внутриматочных спиралей [51]. Также было отмечено, что несмотря на потенциальную опасность ожогов при наличии татуировок и косметики на практике подобных инцидентов за 30-летний период не установлено [51]. Анализ выявил, что по мере накопления данных и появления новых устройств, совместимых с аппаратом МРТ, показания к исследованию постоянно расширяются, так как возможности метода шире диагностических [53]. В частности, МРТ-сканирование при инфаркте миокарда позволяет не только обнаружить характер патологических изменений в сердце, но и определить мишени для кардиопротективной терапии, а потом оценить эффективность лечения [54].

Между тем риски безопасности остаются, иногда самые неожиданные: недавно российские интернет-магазины за 250 руб. стали предлагать многоразовые

искусственные ресницы с маленькими магнитами, которые крепятся на магнитную краску-подводку. В опроснике пациентов, которым назначено МРТ-исследование, подобные предметы отсутствуют, поэтому самый простой способ выявления всех потенциально опасных предметов – допуск больных в МРТ-кабинет только после проверки ферромагнитным детектором. Кроме того, за рубежом для кабинетов МРТ разработана система автоматической регистрации перемещения ферромагнитных материалов (FerrAlert FerroMagnetic Incident Log Manager – FILM), которая монтируется в двери кабинета и автоматически записывает в журнал событий любые попытки заноса ферромагнитных предметов (что не исключает предварительного опроса пациентов).

Заключение. Высокие диагностические возможности метода МРТ будут способствовать увеличению числа как самих магнитно-резонансных томографов в России, так и числа пациентов, которым назначено МРТ-исследование. Во избежание нежелательных явлений при МРТ-графии следует обеспечить непрерывное обучение и повышение квалификации не только специалистов МРТ-кабинетов, но и медицинских работников других профилей, где применяется этот метод диагностики. Перед МРТ-графией необходимо проводить инструктаж и анкетирование пациентов, предусмотреть переодевание больных в одежду без карманов из безопасной ткани и проведение контроля ферромагнитным детектором. В медицинских организациях следует регистрировать непредвиденные происшествия и проводить их разбор. Для профилактики новых рисков необходимо постоянно пересматривать действующие правила безопасности и памятки для пациентов, проходящих МРТ-графию.

Вклад авторов:

Сбор, анализ материала, написание и оформление статьи – Щучинов Л.В.

Редактирование – Новикова И.И.

Все авторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех ее частей.

Author contribution:

Concept and design of the study, collection and processing, writing the text and designing the article – Shchuchinov L.V.

Editing – Novikova I.I.

Authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Список литературы:

1. *Ayasrah M. Analysis of collected magnetic resonance imaging incidents in Jordan.* Materials Today: Proceedings. 2023; 80: 3092–3097. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.172

2. Inaguma K., Kotani T., Kishida S., Sakuma T., Ueno K., Iijima Y. et al. Medical accidents related to ferromagnetic objects brought into the MRI room: analysis of the national multicenter database by orthopedic surgeons. Spine Surg Relat Res. 2022; 7 (1): 96–102. https://doi.org/10.22603/ssrr.2022-0110

3. Mittendorff L., Young A., Sim J. A narrative review of current and emerging MRI safety issues: What every MRI technologist (radiographer) needs to know. J Med Radiat Sci. 2021; 69: 250–260. https://doi.org/10.1002/jmrs.546

4. Hartwig V., Giovannetti G., Vanello N., Lombardi M., Landini L., Simi S. Biological effects and safety in magnetic resonance imaging: a review. Int J Environ Res Public Health. 2009; 6 (6): 1778–1798. https://doi.org/10.3390/ijerph6061778

5. Baker C., Nugent B., Grainger D., Hewis J., Malamateniou C. Systematic review of MRI safety literature in relation to radiofrequency thermal injury prevention. J Med Radiat Sci. 2024; 71 (3): 445-460. https://doi.org/10.1002/jmrs.800

6. Zandieh G., Yazdaninia I., Afyouni S., Borhani A., Yokoo T., Kamel I.R. Updates on the MR safety guidelines – Essentials for radiologists. Clin Imaging. 2025 Feb; 118: 110394. https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2024.110394

7. Kanal E. Standardized approaches to MR safety assessment of patients with implanted devices. Magn Reson Imaging Clin N Am. 2020; 28: 537–548. https://doi.org/10.1016/j.mric.2020.07.003

8. Boy, 6, Killed in Freak MRI Accident – ABC News. January 7, 2006, 9:21 AM. URL:https://mriquestions.com/uploads/3/4/5/7/34572113/boy_6_killed_in_freak_mri_accident_-_abc_news.pdf

9. Man dies after being pulled into an MRI by a metal chain he wore, police say. CNN. Jul. 21, 2025. URL: https://edition.cnn.com/2025/07/20/health/mri-machine-death-long-island

10. Shellock F.G., Spinazzi A. MRI safety update 2008: part 2, screening patients for MRI. AJR Am J Roentgenol. 2008; 191: 1140–1149. https://doi.org/10.2214/AJR.08.1038.2

11. Ejinsight. MRI scanner sucks up wheelchair in Shanghai hospital, 2017. Available from http://www.ejinsight.com/20160707-mri-scanner-sucks-up-wheelchair-in-shanghai-hospital/ (Accessed Apr 25, 2021).

12. Tsai LL, Grant AK, Mortele KJ, Kung JW, Smith MP. A practical guide to MR imaging safety: what radiologists need to know. Radiographics. 2015; 35: 1722–1737. https://doi.org/10.1148/rg.2015150108.

13. Kihlberg J., Hansson B., Hall A., Tisell A., Lundberg P. Magnetic resonance imaging incidents are severely underreported: a finding in a multicentre interview survey. Eur Radiol. 2022; 32 (1): 477–488. https://doi.org/10.1007/s00330-021-08160-w

14. Cross N.M., Hoff M.N., Kanal K.M. Avoiding MRI-Related Accidents: A Practical Approach to Implementing MR Safety. J. Am Coll Radiol. 2018 Dec; 15 (12): 1738–1744. https://doi.org/10.1016/j.jacr.2018.06.022

15. MRI machine causes Wisconsin woman's gun to fire, shooting her in buttocks. December 12, 2023. CBS Minnesota. URL: https://www.cbsnews.com/minnesota/news/wisconsin-woman-suffers-gunshot-wound-after-bringing-gun-into-mri-machine/

16. *Organization for Economic Co-operation and Development. Health Data [cited 2021 March 31]; Available from:* https://data.oecd.org/healtheqt/magnetic-resonance-imaging-mri-units.htm

17. *Ferris N.J., Kavnoudias H., Thiel C., et al. The 2005 Australian MRI safety survey. AJR Am J Roentgenol. 2007; 188 (5): 1388*–1394. https://doi.org/10.2214/ajr.06.0911

18. В Архангельске в суд направлено уголовное дело в отношении врача медицинского учреждения, допустившего по неосторожности смерть человека. *URL:* https://t.me/arhoblprok/1733 (дата обращения: 06.08.2025).

19. Song T., Xu Z., Iacono M.I., Angelone L.M., Rajan S. Retrospective analysis of RF heating measurements of passive medical implants. Magn Reson Med 2018; 80: 2726–2730. https://doi.org/10.1002/mrm.27346

20. Mamas N., Andreanos K., Brouzas D., et al. Acute ocular pain during magnetic resonance imaging due to retained intraocular metallic foreign body: the role of

ultrasonography and ultrasound biomicroscopy in diagnosis and management of this condition. J Ultrasound. 2018; 21: 159–163. https://doi.org/10.1007/s40477-018-0289-2

21. Vogt F.M., Ladd M.E., Hunold .P, Mateiescu S., Hebrank F.X., Zhang A., Debatin J.F., Göhde S.C. Increased time rate of change of gradient fields: effect on peripheral nerve stimulation at clinical MR imaging. Radiology. 2004; 233: 548–554. https://doi.org/10.1148/radiol.2332030428

22. Crozier S., Wang H., Trakic A. Liu F. Exposure of workers to pulsed gradients in MRI. J. Mag. Res. Imaging. 2007; 26: 1236–1254. https://doi.org/10.1002/jmri.21162

23. Elster A. Thermal injuries: how do burns occur in MRI? Available from: https://www.mriquestions.com/rf-burns.html (accessed June 14, 2022).

24. Hardy P.T., Weil K.M. A review of thermal MR injuries. Radiol Technol. 2010; 81: 606–609.

25. Tagell L., Alcheikh A., Jurevics R., Nair A.P. Thigh burn – A magnetic resonance imaging (MRI) related adverse event. Radiol Case Rep. 2020; 15: 2569–2571. https://doi.org/10.1016/j.radcr.2020.09.046

26. Haik J., Daniel S., Tessone A., Orenstein A., Winkler E. MRI induced fourth-degree burn in an extremity, leading to amputation. Burns 2007; 35: 294–296. https://doi.org/10.1016/j.burns.2007.11.008

27. Sung S.J., Park Y.S., Cho J.Y. Full thickness burn on the finger due to pulse oximetry during magnetic resonance imaging in a conscious patient. Arch Plast Surg. 2016; 43: 612–613. https://doi.org/10.5999/aps.2016.43.6.612

28. Kanal E. Standardized approaches to MR safety assessment of patients with implanted devices. Magn Reson Imaging Clin N Am. 2020; 28: 537–548. https://doi.org/10.1016/j.mric.2020.07.003

29. Afanasjeva J., Gabay M., Poznanski T., Kerns S. Transdermal Patch Administration and Magnetic Resonance Imaging (MRI) – 2020. Hosp Pharm. 2022; 57: 117–120. https://doi.org/10.1177/0018578720987138

30. Shellock F. Safety topic/article 198: Transdermal medication patches and other drug delivery patches. 2022. Available from: http://www.mrisafety.com/TMDL_list.php?mastertable=SafetyInformation&masterkey1=198

31. Tjalma W.A.A. Burning of an ulcerated breast cancer during MRI: a lesson to be learned. JBR-BTR. 2014; 97: 125. https://doi.org/10.5334/jbr-btr.42

32. Keenan B.E., Lacan F., Cooper A., Evans S.L., Evans J. MRI safety, imaging artefacts, and grid distortion evaluated for FFP3 respiratory masks worn throughout the COVID-19 pandemic. Clin Radiol. 2022; 77: 660–666. https://doi.org/10.1016/j.crad.2022.05.001

33. Tokue H., Tokue A., Tsushima Y. Unexpected magnetic resonance imaging burn injuries from jogging pants. Radiol Case Rep. 2019; 14: 1348–1351. https://doi.org/10.1016/j.radcr.2019.08.015

34. Pietryga J.A., Fonder M.A., Rogg J.M., North D.L., Bercovitch L.G. Invisible metallic microfibre in clothing presents unrecognized MRI risk for cutaneous burn. Am J Neuroradiol. 2013; 34: 47–50. https://doi.org/10.3174/ajnr.a2827

35. Styan T., Hoff M. The dangers of fabric in MRI. Curr Probl Diagn Radiol. 2023; 52: 6–9. https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2022.07.011

36. Callaghan M.F., Negus C., Leff A.P., Creasey M., Burns S., Glensman J., Bradbury D., Williams E., Weiskopf N. Safety of tattoos in persons undergoing MRI. N Engl J Med. 2019; 380: 495–496. https://doi.org/10.1056/nejmc1811197

37. Lohner V., Enkirch S.J., Hattingen E., Stocker T., Breteler M.M.B. Safety of tattoos, permanent make-up, and medical implants in population-based 3T magnetic resonance brain imaging: the Rhineland study. Front Neurol. 2022; 13: 795573. https://doi.org/10.3389/fneur.2022.795573

38. Kapoor R., Wang J., Zavala A.M., Truong A.T., Truong D. Metallic microbeads for hair extensions: Hidden dangers for magnetic resonance imaging. Radiol Case Rep. 2022; 17: 3274–3276. https://doi.org/10.1016/j.radcr.2022.06.036

39. Fram B.R., Rivlin M., Beredjiklian P.K. On emerging technology: what to know when your patient has a microchip in his hand. J Hand Surg Am. 2020; 45: 645–649. https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2020.01.008

40. *Keevil S. Safety in magnetic resonance imaging. Int J Med Phys. 2016; 4: 26–34.* http://mpijournal.org/pdf/2016-01/MPI-2016-01-p026.pdf

41. *Fagan A.J., Bitz A.K., Bjorkman-Burtscher I.M., Collins C.M., Kimbrell V. 7T MR safety. J Magn Reson Imaging 2020; 53: 333–346.* https://doi.org/10.1002/jmri.27319

42. *Hoff M., McKinney A., Shellock F., et al. Safety considerations of 7-T MRI in clinical practice. Radiology. 2019; 292: 509–518.* https://doi.org/10.1148/radiol.2019182742

43. Yamamoto T., Nagayama Y., Tamura M. A blood oxygenation dependent increase in blood viscosity due to a static magnetic field. Phys. Med. Biol. 2004; 49: 3267–3277. https://doi.org/10.1088/0031-9155/49/14/017

44. *Gilk T., Kanal E. RSNA – MRI accidents and adverse events. 2012; Available from:* https://www.youtube.com/watch?v=c-iMRYXhlzg

45. *Kanal E., Greenberg T., Hoff M.N., et al. ACR Manual on MR Safety. American College of Radiology, United. Kingdom, 2020.*

46. *Бокерия О.Л., Ахобеков А.А. Безопасность проведения магнитно-резонансной томографии у пациентов с имплантированными электрокардиостимуляторами и кардиовертерами-дефибрилляторами. Анналы аритмологии. 2012; 2: 32–39.*

47. *Сергунова К.А., Ахмад Е.С., Петряйкин А.В., Кивасев С.А., Семенов Д.С., Васильев Ю.А., Морозов С.П., Владзимирский А.В., Низовцова Л.А. Безопасность проведения магнитно-резонансного исследования пациентам с имплантируемыми медицинскими изделиями. Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н.Бакулева РАМН. 2019; 20 (4): 313–323.* https://doi.org/10.24022/1810-0694-2019-20-4-313-323

48. В Свердловской области вынесли приговор врачу, у которого пациент умер после МРТ. *URL:* https://www.e1.ru/text/incidents/2025/06/09/75565793/ (дата обращения: 09.06.2025).

49. Kanbayti I.H. Exploring MRI safety knowledge among physicians and nurses in Saudi Arabia: highlighting knowledge gaps and key influencing factors. J Med Radiat Sci. 2025; 72 (2): 255–263. https://doi.org/10.1002/jmrs.858

50. Alghamdi S.A. Assessment of patients' knowledge and *perceptions of MRI scans and safety* in *Saudi Arabia.* Int J Gen Med. 2022; 15: 6289–6299. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1439131

51. Синицын В.Е. Безопасность магнитно-резонансной томографии – современное состояние вопроса. Диагностическая и инвертационная радиология. 2010; 3 (4): 61–66. URL: https://radiology-diagnos.ru/sites/default/files/vol4_3_2010_p61-66.pdf (дата обращения: 07.01.2026)

52. Синицын В.Е., Стукалова О.В., Куприянова О.М. и др. Безопасность МР-томографии после коронарного стентирования. Кардиология. 2007; 6: 94–96.

53. Тереничева М.А., Стукалова О.В., Шахнович Р.М., Терновой С.К. Роль магнитно-резонансной томографии сердца в определении прогноза больных с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST. Часть 1. Показания и противопоказания к исследованию. Основные методики. Терапевтический архив. 2021; 93 (4): 497–501. https://doi.org/10.26442/00403660.2021.04.200687

54. *Тереничева М.А., Стукалова О.В., Шахнович Р.М., Терновой С.К. Роль магнитно-резонансной томографии сердца в определении прогноза больных с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST. Часть 2. Оценка прогноза заболевания. Терапевтический архив. 2022; 94 (4): 552–557.* https://doi.org/10.26442/00403660.2022.04.201458

References:

1. *Ayasrah M. Analysis of collected magnetic resonance imaging incidents in Jordan*. Materials Today: Proceedings. 2023; 80: 3092–3097. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.172

2. Inaguma K., Kotani T., Kishida S., Sakuma T., Ueno K., Iijima Y. et al. Medical accidents related to ferromagnetic objects brought into the MRI room: analysis of the national multicenter database by orthopedic surgeons. Spine Surg Relat Res. 2022; 7 (1): 96–102. https://doi.org/10.22603/ssrr.2022-0110

3. Mittendorff L., Young A., Sim J. A narrative review of current and emerging MRI safety issues: What every MRI technologist (radiographer) needs to know. J Med Radiat Sci. 2021; 69: 250–260. https://doi.org/10.1002/jmrs.546

4. Hartwig V., Giovannetti G., Vanello N., Lombardi M., Landini L., Simi S. Biological effects and safety in magnetic resonance imaging: a review. Int J Environ Res Public Health. 2009; 6 (6): 1778–1798. https://doi.org/10.3390/ijerph6061778

5. Baker C., Nugent B., Grainger D., Hewis J., Malamateniou C. Systematic review of MRI safety literature in relation to radiofrequency thermal injury prevention. J Med Radiat Sci. 2024; 71 (3): 445-460. https://doi.org/10.1002/jmrs.800

6. Zandieh G., Yazdaninia I., Afyouni S., Borhani A., Yokoo T., Kamel I.R. Updates on the MR safety guidelines – Essentials for radiologists. Clin Imaging. 2025 Feb; 118: 110394. https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2024.110394

7. Kanal E. Standardized approaches to MR safety assessment of patients with implanted devices. Magn Reson Imaging Clin N Am. 2020; 28: 537–548. https://doi.org/10.1016/j.mric.2020.07.003

8. Boy, 6, Killed in Freak MRI Accident – ABC News. January 7, 2006, 9:21 AM. URL:https://mriquestions.com/uploads/3/4/5/7/34572113/boy_6_killed_in_freak_mri_accident_-_abc_news.pdf

9. Man dies after being pulled into an MRI by a metal chain he wore, police say. CNN. Jul. 21, 2025. URL: https://edition.cnn.com/2025/07/20/health/mri-machine-death-long-island

10. *Shellock F.G., Spinazzi A. MRI safety update 2008: part 2, screening patients for MRI. AJR Am J Roentgenol. 2008; 191: 1140–1149.* https://doi.org/10.2214/AJR.08.1038.2

11. Ejinsight. MRI scanner sucks up wheelchair in Shanghai hospital, 2017. Available from http://www.ejinsight.com/20160707-mri-scanner-sucks-up-wheelchair-in-shanghai-hospital/ (Accessed Apr 25, 2021).

12. *Tsai LL, Grant AK, Mortele KJ, Kung JW, Smith MP. A practical guide to MR imaging safety: what radiologists need to know. Radiographics. 2015; 35:1722–1737.* https://doi.org/10.1148/rg.2015150108.

13. Kihlberg J., Hansson B., Hall A., Tisell A., Lundberg P. Magnetic resonance imaging incidents are severely underreported: a finding in a multicentre interview survey. Eur Radiol. 2022; 32 (1): 477–488. https://doi.org/10.1007/s00330-021-08160-w

14. Cross N.M., Hoff M.N., Kanal K.M. Avoiding MRI-Related Accidents: A Practical Approach to Implementing MR Safety. J. Am Coll Radiol. 2018 Dec; 15 (12): 1738–1744. https://doi.org/10.1016/j.jacr.2018.06.022

15. MRI machine causes Wisconsin woman's gun to fire, shooting her in buttocks. December 12, 2023. CBS Minnesota. URL: https://www.cbsnews.com/minnesota/news/wisconsin-woman-suffers-gunshot-wound-after-bringing-gun-into-mri-machine/

16. *Organization for Economic Co-operation and Development. Health Data [accessed 2021 March 31]; Available at:* https://data.oecd.org/healtheqt/magnetic-resonance-imaging-mri-units.htm

17. *Ferris N.J., Kavnoudias H., Thiel C., et al. The 2005 Australian MRI safety survey. AJR Am J Roentgenol. 2007; 188 (5): 1388–1394.* https://doi.org/10.2214/ajr.06.0911

18. In Arkhangelsk, a criminal case has been sent to court against a doctor at a medical institution who, through negligence, allowed the death of a person. *URL:* https://t.me/arhoblprok/1733 (06.08.2025) (In Russ.).

19. Song T., Xu Z., Iacono M.I., Angelone L.M., Rajan S. Retrospective analysis of RF heating measurements of passive medical implants. Magn Reson Med. 2018; 80: 2726–2730. https://doi.org/10.1002/mrm.27346

20. Mamas N., Andreanos K., Brouzas D., et al. Acute ocular pain during magnetic resonance imaging due to retained intraocular metallic foreign body: the role of ultrasonography and ultrasound biomicroscopy in diagnosis and management of this condition. J Ultrasound. 2018; 21: 159–163. https://doi.org/10.1007/s40477-018-0289-2

21. Vogt F.M., Ladd M.E., Hunold .P, Mateiescu S., Hebrank F.X., Zhang A., Debatin J.F., Göhde S.C. Increased time rate of change of gradient fields: effect on peripheral nerve stimulation at clinical MR imaging. Radiology. 2004; 233: 548–554. https://doi.org/10.1148/radiol.2332030428

22. Crozier S., Wang H., Trakic A. Liu F. Exposure of workers to pulsed gradients in MRI. J. Mag. Res. Imaging. 2007; 26: 1236–1254. https://doi.org/10.1002/jmri.21162

23. Elster A. Thermal injuries: how do burns occur in MRI? Available from: https://www.mriquestions.com/rf-burns.html (accessed June 14, 2022).

24. Hardy P.T., Weil K.M. A review of thermal MR injuries. Radiol Technol. 2010; 81: 606–609.

25. Tagell L., Alcheikh A., Jurevics R., Nair A.P. Thigh burn – A magnetic resonance imaging (MRI) related adverse event. Radiol Case Rep. 2020; 15: 2569–2571. https://doi.org/10.1016/j.radcr.2020.09.046

26. Haik J., Daniel S., Tessone A., Orenstein A., Winkler E. MRI induced fourth-degree burn in an extremity, leading to amputation. Burns 2007; 35: 294–296. https://doi.org/10.1016/j.burns.2007.11.008

27. Sung S.J., Park Y.S., Cho J.Y. Full thickness burn on the finger due to pulse oximetry during magnetic resonance imaging in a conscious patient. Arch Plast Surg. 2016; 43: 612–613. https://doi.org/10.5999/aps.2016.43.6.612

28. Kanal E. Standardized approaches to MR safety assessment of patients with implanted devices. Magn Reson Imaging Clin N Am. 2020; 28: 537–548. https://doi.org/10.1016/j.mric.2020.07.003

29. Afanasieva J., Gabay M., Poznanski T., Kerns S. Transdermal Patch Administration and Magnetic Resonance Imaging (MRI) – 2020. Hosp Pharm. 2022; 57: 117–120. (In Russ.) https://doi.org/10.1177/0018578720987138

30. Shellock F. Safety topic/article 198: Transdermal medication patches and other drug delivery patches. 2022. Available at: http://www.mrisafety.com/TMDL_list.php?mastertable=SafetyInformation&masterkey1=198

31. Tjalma W.A.A. Burning of an ulcerated breast cancer during MRI: a lesson to be learned. JBR-BTR. 2014; 97: 125. https://doi.org/10.5334/jbr-btr.42

32. Keenan B.E., Lacan F., Cooper A., Evans S.L., Evans J. MRI safety, imaging artefacts, and grid distortion evaluated for FFP3 respiratory masks worn throughout the COVID-19 pandemic. Clin Radiol. 2022; 77: 660–666. https://doi.org/10.1016/j.crad.2022.05.001

33. Tokue H., Tokue A., Tsushima Y. Unexpected magnetic resonance imaging burn injuries from jogging pants. Radiol Case Rep. 2019; 14: 1348–1351. https://doi.org/10.1016/j.radcr.2019.08.015

34. Pietryga J.A., Fonder M.A., Rogg J.M., North D.L., Bercovitch L.G. Invisible metallic microfibre in clothing presents unrecognized MRI risk for cutaneous burn. Am J Neuroradiol. 2013; 34: 47–50. https://doi.org/10.3174/ajnr.a2827

35. Styan T., Hoff M. The dangers of fabric in MRI. Curr Probl Diagn Radiol. 2023; 52: 6–9. https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2022.07.011

36. Callaghan M.F., Negus C., Leff A.P., Creasey M., Burns S., Glensman J., Bradbury D., Williams E., Weiskopf N. Safety of tattoos in persons undergoing MRI. N Engl J Med. 2019; 380: 495–496. https://doi.org/10.1056/nejmc1811197

37. Lohner V., Enkirch S.J., Hattingen E., Stocker T., Breteler M.M.B. Safety of tattoos, permanent make-up, and medical implants in population-based 3T magnetic resonance brain imaging: the Rhineland study. Front Neurol. 2022; 13: 795573. https://doi.org/10.3389/fneur.2022.795573

38. Kapoor R., Wang J., Zavala A.M., Truong A.T., Truong D. Metallic microbeads for hair extensions: Hidden dangers for magnetic resonance imaging. Radiol Case Rep. 2022; 17: 3274-3276. https://doi.org/10.1016/j.radcr.2022.06.036

39. Fram B.R., Rivlin M., Beredjiklian P.K. On emerging technology: what to know when your patient has a microchip in his hand. J Hand Surg Am. 2020; 45: 645–649. https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2020.01.008

40. *Keevil S. Safety in magnetic resonance imaging. Int J Med Phys. 2016; 4: 26–34.* http://mpijournal.org/pdf/2016-01/MPI-2016-01-p026.pdf

41. *Fagan A.J., Bitz A.K., Bjorkman-Burtscher I.M., Collins CM, Kimbrell V. 7T MR safety. J Magn Reson Imaging 2020; 53: 333–346.* https://doi.org/10.1002/jmri.27319

42. *Hoff M., McKinney A., Shellock F., et al. Safety considerations of 7-T MRI in clinical practice. Radiology. 2019; 292: 509–518.* https://doi.org/10.1148/radiol.2019182742

43. Yamamoto T., Nagayama Y., Tamura M. A blood oxygenation dependent increase in blood viscosity due to a static magnetic field. Phys. Med. Biol. 2004; 49: 3267–3277. https://doi.org/10.1088/0031-9155/49/14/017

44. *Gilk T., Kanal E. RSNA – MRI accidents and adverse events. 2012; Available from:* https://www.youtube.com/watch?v=c-iMRYXhlzg

45. *Kanal E., Greenberg T., Hoff M.N., et al. ACR Manual on MR Safety. American College of Radiology, United. Kingdom, 2020.*

46. Bockeria O.L., Akhobekov A.A. Magnetic resonance imaging safety in patients with implanted cardiostimulators and cardioverters-defibrillators. Annals of Arrhythmology. 2012; 2: 32–39 (in Russ.).

47. *Sergunova K.A., Akhmad E.S., Petryaykin A.V., Kivasev S.A., Semenov D.S., Vasilev Yu.A., Morozov S.P., Vladzimirskiy A.V., Nizovtsova L.A. Magnetic resonance safety for patients with implanted medical devices. The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases. 2019; 20 (4): 313–323 (in Russ.).* https://doi.org/10.24022/1810-0694-2019-20-4-313-323

48. In the Sverdlovsk region, a doctor was sentenced for the death of a patient after an MRI. *URL:* https://www.e1.ru/text/incidents/2025/06/09/75565793/ (09.06.2025) (In Russ.)

49. Kanbayti I.H. Exploring MRI safety knowledge among physicians and nurses in Saudi Arabia: highlighting knowledge gaps and key influencing factors. J Med Radiat Sci. 2025; 72 (2): 255–263. https://doi.org/10.1002/jmrs.858

50. *Alghamdi S.A. Assessment of patients' knowledge* and *perceptions of MRI scans and safety* in *Saudi Arabia.* Int J Gen Med. 2022; 15: 6289–6299. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1439131

51. Sinitsyn V.E. Safety of magnetic resonance imaging – the current state of the issue. *Diagnosticheskaya i invertacionnaya radiologiya*. 2010; 3 (4): 61–66. URL: https://radiology-diagnos.ru/sites/default/files/vol4_3_2010_p61-66.pdf (In Russ.)

52. Sinitsyn V.E., Stukalova O.V., Kupriyanova O.M. The safety of MRI after coronary stenting. *Kardiologiya*. 2007; 6: 94–96. (In Russ.)

53. Terenicheva M.A., Stukalova O.V., Shakhnovich R.M., Ternovoy S.K. The role of cardiac magnetic resonance imaging (cardiovascular magnetic resonance) in defining the prognosis of patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction. Part 1. Indications and contraindications to cardiovascular magnetic resonance. *Terapevticheskii Arkhiv* (Ter. Arkh.). 2021; 93 (4): 497–501. (In Russ.) https://doi.org/10.26442/00403660.2021.04.200687

54. *Terenicheva M.A., Stukalova O.V., Shakhnovich R.M., Ternovoy S.K. The role of cardiac magnetic resonance imaging in defining the prognosis of patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction. Part 2. Assessment of the disease prognosis. Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.). 2022; 94(4): 552–557. (In Russ.)* https://doi.org/10.26442/00403660.2022.04.201458

Информация об авторах.

Леонид Васильевич Щучинов – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник ФБУН «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Роспотребнадзора. Россия, 630108, г. Новосибирск. Тел. 8-913-999-92-21, e-mail: leo2106@mail.ru , ORCID iD: 0000-0003-4691-752X

Новикова Ирина Игоревна – доктор медицинских наук, профессор, директор ФБУН «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Роспотребнадзора, Россия, 630108, г. Новосибирск, e-mail: novikova_ii@niig.su, ORCID iD: 0000-0003-1105-471X

Author information

Leonid V. Shchuchinov, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, the Federal Budgetary Institution «Novosibirsk Research Institute of Hygiene» of Rospotrebnadzor; Russia, 630108, Novosibirsk, tel. 8-913-999-92-21, e-mail: leo2106@mail.ru , ORCID iD: 0000-0003-4691-752X

Irina I. Novikova – Dr. Sci. (Med.), Professor, Director of the Federal Budgetary Institution «Novosibirsk Research Institute of Hygiene» of Rospotrebnadzor, Russia, 630108, Novosibirsk, e-mail: novikova_ii@niig.su, ORCID iD: 0000-0003-1105-471X

Поступила/Received: 09.02.2026

Принята в печать/Accepted: 17.02.2026