

Медицина труда и экология человека

№1/2025

Сетевое издание

ISSN 2411 - 3794

12+

uniimtech.ru

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

Редакционная коллегия:

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

Редакция:

зав. редакцией – Т.Г. Якупова	переводчики – З.Р. Палютина, Г.М. Башарова
научные редакторы – д.м.н. Р.А. Сулейманов,	корректор – Р.Р. Ахмадиева
к.м.н. Ю.В. Рябова	верстка – к.м.н. Ю.В. Рябова, Т.Г. Якупова

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: 03.03.2025

©ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», 2025

Occupational Health and Human Ecology

№1/2025

ISSN 2411-3794

Founder

Federal State-Funded Institution of Science
Ufa Research 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),
Kuzmin S.V., M.D., Professor of Medicine (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:

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),
Shaikhislamova 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. (Tadjikistan, Dushanbe)
Valeeva E.T., M.D. (Russia, Ufa),
Viktorova T.V., M.D., Professor of Medicine (Ufa, Russia),
Zulkarnaev T.R., M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),

Editors:

Managing Editor – Yakupova T.G.
Science Editor – Suleymanov R.A., D.Sc. (Medicine)
Ryabova Yu.V., PhD of Medicine

Translators – Palyutina Z.R., Basharova G.M.
Proofreader – Akhmadieva R.R.
Layout – Ryabova Yu.V., PhD of Medicine, Yakupova T.G.

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 03.03.2025

СОДЕРЖАНИЕ

Медицина труда

- 6 ОЦЕНКА ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ РАБОТНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ДОБЫЧЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД
Шайхлисламова Э.Р., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Бейгул Н.А., Шаповал И.В., Маврина Л.Н., Ильина Л.А.
- 22 ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СКАНИРОВАНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ ГОЛОВЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ У РАБОТНИКОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ
Загидуллина Н.Н., Валеева Э.Т., Дистанова А.А., Уразаева Э.Р., Галимова Р.Р.
- 37 ПРЕДИКТОРЫ ВНЕЗАПНОЙ СЕРДЕЧНОЙ СМЕРТИ У РАБОТНИКОВ, ЗАНЯТЫХ НА РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ
Каримова Л.К., Вершинина А.Ю., Кабирова Э.Ф., Гимаева З.Ф., Мулдашева Н.А., Шаповал И.В., Князева И.Ф., Иванова Д.П.
- 49 ОЦЕНКА СЕКСУАЛЬНОГО ЗДОРОВЬЯ МУЖЧИН-РАБОТНИКОВ, ЗАНЯТЫХ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕЙ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД И ПРОЖИВАЮЩИХ В ГОРНОРУДНОЙ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ТЕРРИТОРИИ
Терегулов Б.Ф., Павлов В.Н., Кудашева А.Р., Галимов Ш.Н., Гайнуллина М.К., Хусаинова А.Х.

Гигиена детей, подростков и молодежи

- 64 АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ СТУДЕНТОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
Хусаинов А.Э., Зулъкарнаев Т.Р., Бакиров А.Б., Мочалкин П.А., Поварго Е.А., Митченкова С.В., Воскресенская Е.К.
- 75 СВЯЗЬ ПОЛИМОРФИЗМА RS4988235 ГЕНА MCM6 С ПРИЗНАКАМИ НЕПЕРЕНОСИМОСТИ ЛАКТОЗЫ У ДЕТЕЙ
Берёза И.А., Кикоть А.М., Шаихова Д.Р., Мажаева Т.В., Боковой В.Д., Полянина Д.Д., Сутункова М.П.

Организация здравоохранения и социальная гигиена

- 88 АНАЛИЗ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН
Салигаскаров И.И., Валеев Т.К., Сулейманов Р.А.

96 ВЛИЯНИЕ АКРИЛАМИДА НА ПОВРЕЖДЕНИЕ ДНК В ГЕПАТОЦИТАХ МЫШИ:
ОЦЕНКА МЕТОДОМ ДНК-КОМЕТ

Якупова Т.Г., Гизатуллина А.А., Валова Я.В., Кудояров Э.Р., Терегулов Б.Ф.,
Мухаммадиева Г.Ф., Репина Э.Ф., Каримов Д.О., Гарипова З.Р.

113 ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЧАСТИЦ ПЛАСТИКА
РАЗМЕРОМ 500 НМ В ОРГАНАХ КРЫС ПРИ ОДНОКРАТНОМ ПОСТУПЛЕНИИ

Репина Э.Ф., Каримов Д.О., Кудояров Э.Р., Каримов Д.Д., Ахмадеев А.Р.,
Гизатуллина А.А., Рябова Ю.В., Хмель А.О.

УДК 331.4:613.6:622.34

ОЦЕНКА ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ РАБОТНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ДОБЫЧЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД

Шайхлисламова Э.Р.^{1,2}, Каримова Л.К.¹, Мулдашева Н.А.¹, Бейгул Н.А.^{1,3}, Шаповал И.В.¹, Маврина Л.Н.¹, Ильина Л.А.¹

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

²ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет», Уфа, Россия

³ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия

Последствия воздействия комплекса вредных производственных факторов на здоровье работников, занятых добычей различных руд, достаточно хорошо изучены. Вместе с тем, в доступной литературе имеются немногочисленные данные об условиях труда работников, занятых добычей руд с использованием современной шахтной техники и их влиянии на развитие профессиональных заболеваний.

Цель исследования - изучение параметров вредных производственных факторов на рабочих местах при добыче полиметаллических руд современной шахтной техникой и анализ профессиональной заболеваемости работников.

Материалы и методы. Проведена оценка условий труда работников многочисленных профессий, занятых шахтной добычей полиметаллических руд с использованием современной горной техники на крупнейшем предприятии Башкирии. Проанализирована среднегодовая профессиональная заболеваемость у работников основных профессиональных групп.

Результаты. На рабочих местах проходчика (с использованием ручных перфораторов), машиниста буровой установки, крепыльщика, машиниста погрузочно-доставочных машин, машиниста погрузочно-сортировочных машин определены основные вредные производственные факторы, к которым отнесены виброакустические, химические, аэрозоль преимущественно фиброгенного действия (кремний диоксид в составе медно-цинковой руды), неблагоприятный микроклимат выработок, отсутствие в них естественного света, тяжесть и напряженность труда, интенсивность которых колеблется от класса 3.1 до класса 3.4. Среднегодовая профессиональная заболеваемость за 10 лет для

рассмотренных профессиональных групп различалась и составляла 14,9% у машинистов погрузочно-сортировочных машин, 22,2% - машинистов погрузочно-доставочных машин, 15,0% - крепильщиков, 108,1% - машинистов буровых установок, 333,0% - проходчиков на ручных перфораторах. Структура накопленной профессиональной патологии для отдельных профессиональных групп различалась в зависимости от действующих вредных производственных факторов и их интенсивности. Несмотря на использование современных технологий и высокопроизводительного оборудования при добыче руд, уровни профессионального риска нарушения здоровья у крепильщиков, машинистов погрузочно-доставочных машин и погрузочно-сортировочных машин соответствуют среднему, а у проходчиков, машинистов буровых установок остались высокими в связи с использованием как прежней, так и новой современной шахтной техники. Ежегодно у работников диагностируются профессиональные заболевания, что обуславливает необходимость разработки санитарно-технических и лечебно-профилактических мероприятий, срочность их выполнения которых определяется категориями профессионального риска.

Ключевые слова: работники, вредные производственные факторы, условия труда, профессиональная заболеваемость, добыча полиметаллических руд, горная техника.

Для цитирования: Шайхлисламова Э.Р., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Бейгул Н.А., Шаповал И.В., Маврина Л.Н., Ильина Л.А. Оценка вредных факторов на рабочих местах и профессиональная заболеваемость работников предприятия по добыче полиметаллических руд. Медицина труда и экология человека. 2025; 1: 6-21.

Для корреспонденции: Каримова Лилия Казымовна – доктор мед. наук, главный научный сотрудник отдела комплексных проблем гигиены и экологии человека ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека, e-mail: iao_karimova@rambler.ru

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10101>

ASSESSMENT OF HARMFUL FACTORS IN THE WORKPLACE AND OCCUPATIONAL DISEASES OF WORKERS OF THE ENTERPRISE FOR MINING POLYMETALLIC ORES

Shaikhislamova E.R.^{1,2}, Karimova L.K.¹, Muldasheva N.A.¹, Beigul N.A.¹, Shapoval I.V.¹, Mavrina L.N.¹, Ilyina L.A.¹

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

²Bashkirian State Medical University, Ufa, Russia

³Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

The effects of exposure to a complex of harmful production factors on the health of workers engaged in the extraction of various ores have been studied quite well. At the same time, the available literature contains little data on the working conditions of workers engaged in ore mining using modern mining equipment and their impact on the development of occupational diseases.

The purpose of the study is to study the parameters of harmful production factors in the workplace during the extraction of polymetallic ores using modern mining equipment and to analyze the occupational morbidity of workers.

Materials and methods. An assessment of the working conditions of workers of numerous professions engaged in the mining of polymetallic ores using modern mining equipment at the largest enterprise in Bashkiria was carried out. The average annual occupational morbidity among workers of the main professional groups was analyzed.

Results. The main harmful production factors were identified at the workplaces of the miner (using hand drills), drilling rig operator, timberman, loading and haulage machine operator, loading and sorting machine operator, which include vibroacoustic, chemical, aerosol mainly of fibrogenic action (silicon dioxide in copper-zinc ore), unfavorable microclimate of workings, lack of natural light, severity and stress of work, the intensity of which ranges from class 3.1 to class 3.4. The average annual occupational morbidity over 10 years for the considered professional groups varied and amounted to 14.9% for loading and sorting machine operators, 22.2% for load-haul-dump machine operators, 15.0% for timberers, 108.1% for drilling rig operators, and 333.0% for miners operating hand drills. The structure of accumulated occupational pathology for individual professional groups varied depending on the active harmful production factors and their intensity. Despite the use of modern technologies and high-performance equipment in ore mining, the levels of occupational risk of health impairment for timberers, load-haul-dump machine operators, and loading and sorting machine operators correspond to the average, while for miners and drilling rig operators they remained high due to the use of

both the old and new modern mining equipment. Every year, workers are diagnosed with occupational diseases, which necessitates the development of sanitary-technical and medical-preventive measures, the urgency of their implementation of which is determined by the categories of professional risk.

Keywords: workers, harmful production factors, working conditions, occupational diseases, mining of polymetallic ores, mining equipment.

For citation: Shaikhislamova E.R., Karimova L.K., Muldasheva N.A., Beygul N.A., Shapoval I.V., Mavrina L.N., Ilina L.A. Assessment of harmful factors in the workplace and occupational diseases of workers of the enterprise for mining polymetallic ores. *Occupational Medicine and Human Ecology*. 2025; 1: 6-21.

Correspondence: Karimova Lilia Kazymovna – Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher of the Department of Complex Problems of Hygiene and Human Ecology at Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, e-mail: iao_karimova@rambler.ru.

Funding: The study had no financial support.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10101>

Сохранение продолжительности и активной жизни трудоспособного населения является ключевым приоритетом национальной политики государства, что отражено в целевых задачах майских указов Президента РФ 2024 года и Национального проекта «Продолжительная и активная жизнь».

Однако до настоящего времени, на отдельных предприятиях сохраняется высокий удельный вес работающих, занятых во вредных условиях труда и регистрируются профессиональные заболевания¹. К таковым относятся предприятия по добыче полезных ископаемых, в которых каждый второй работник занят во вредных условиях труда, а уровни профессиональных заболеваний колебались от 15,20 до 21,15 на 10000 работников за последний пятилетний период [1].

¹ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году». Доступно по:

https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/documents.php?back_url_admin=%2Fbitrix%2Fadmin%2Fiblock_admin.php%3Ftype%3Ddocuments%26lang%3Drus%26admin%3DY&clear_cache=Y&arrFilter_ff%5BNAME%5D=&arrFilter_pf%5BVID_DOC%5D=97&arrFilter_pf%5BNUM_DOC%5D=&arrFilter_pf%5BGOD%5D%5BLEFT%5D=&arrFilter_pf%5BGOD%5D%5BRIGHT%5D=&set_filter=%CD%E0%E9%F2%E8&set_filter=Y (дата обращения - 21.06.2024)

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о высоких профессиональных рисках ущерба здоровью работников предприятий этой отрасли, в том числе на предприятиях по добыче полиметаллических руд [2-8].

В работах показано, что на горнорудных предприятиях вредными производственными факторами являются шум, вибрация, химический фактор, АПФД, микроклимат, отсутствие естественного освещения, а также тяжесть и напряженность труда [2, 5, 9-12]. При этом некоторые авторы выделяют виброакустический фактор как приоритетный [13, 14].

Последствия воздействия шума на работников, занятых добычей различных руд, достаточно хорошо изучены [11, 15-17].

Исследования последних лет показали, что на ряде предприятий произошло усовершенствование технологии, внедрено современное высокопроизводительное оборудование, что привело к перераспределению вредных факторов производственной среды [14, 18].

Особенности условий труда на предприятиях по добыче полиметаллических руд оказали влияние на показатели и структуру профессиональной заболеваемости [3, 12-14].

В структуре профессиональных заболеваний по данным различных авторов ведущее место занимают вибрационная болезнь, нейросенсорная тугоухость, заболевания периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата, пневмокониозы [10, 13, 14].

Кроме того, выявлено, что негативное (вредное) воздействие производственных факторов может оказать влияние на состояние сердечно-сосудистой системы и бронхолегочного аппарата рабочих [12, 19], и даже увеличить смертность от злокачественных и доброкачественных респираторных заболеваний [19-21].

Актуальность научного исследования определяется необходимостью изучения параметров вредных производственных факторов на рабочих местах при добыче полиметаллических руд современной шахтной техникой и оценки вреда здоровью работников от их воздействия по показателям профессиональной заболеваемости.

Материалы и методы. Анализ условий труда и показателей профессиональной заболеваемости работников проведен на предприятии, осуществляющем добычу и переработку полиметаллических руд, расположенном в Башкирии.

Использованы материалы специальной оценки условий труда (СОУТ) на 98 рабочих местах за последний пятилетний период: протоколы измерений шума, вибрации, тяжести и напряженности труда, содержания вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны, показателей микроклимата, освещенности, карты и сводные ведомости, а также протоколы измерений, проведенных в рамках производственного контроля за этот же период (241 протокол). Все материалы предоставлены администрацией предприятия.

Исследования были проведены для отдельных профессиональных групп работников: проходчика (с использованием ручных перфораторов), машиниста буровой установки (БУ), крепильщика, машиниста погрузочно-доставочных машин (ПДМ), машиниста погрузочно-сортировочных машин (ПСМ).

Оценку условий труда проводили в соответствии с Руководством 2.2.2006-05², профессионального риска - Р 2.2.3969-23³. При этом учитывали общий класс условий труда и индекс профессиональных заболеваний (ИПЗ). Для указанных показателей также была определена персонифицированная категория профессионального риска.

Результаты. Полиметаллическую руду добывают путем последовательных производственных операций. Сначала осуществляют разбуривание с дальнейшим взрывом породы. Образованную выемку укрепляют с помощью сетки и бетоны. Затем производят выемку руды, погрузку ее, доставку до рудоспуска и транспортировку в дробильное отделение обогатительной фабрики.

Основными источниками возникновения на рабочих местах вредных производственных факторов являются взрывные работы, оборудование для набрызгивания бетона и горно-шахтное, к которому относятся буровая установка, погрузочно-транспортная машина, перфоратор и другие. Технология производства работ по проходке горной выработки практически не изменилась за последние годы. Проходка осуществляется проходчиком с использованием ручного пневмоперфоратора, имеющего массу до 35 кг. При бурении шпуров и скважин

² Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда

³ Р 2.2.3969-23 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки»

используются буровые установки «ТАМРОК», «КОБОЛТ», «СОЛО», НКР, «МОНОМАТИК», «ФУРУКАВА», «ДИАМЕК», УБШ, которые обслуживаются машинистами буровых машин. Подготовленную выработку крепильщики укрепляют посредством нанесения торкретбетона установкой на базе МоАЗ, для оборки и штангирования применяется ГМ5. Доставка извлеченной руды осуществляется машинистами ПДМ с помощью погрузочно-доставочных машин типа «ТОРО», «КАВАСАКИ», а также используется подземный МоАЗ и автопоезд. Далее руда транспортируется подъемными машинами МПБ, которыми управляют машинисты ПСМ.

На основании данных СОУТ, выполненных аккредитованной в установленном порядке испытательной лабораторией, установлено, что труд шахтного персонала характеризуется присутствием на рабочем месте нескольких вредных производственных факторов с разной степенью их воздействия на организм. В таблице 1 представлены классы условий труда по производственным факторам на основных рабочих местах при подземной добыче руд.

Таблица 1. Оценка условий труда работников основных профессий, занятых добычей полиметаллических руд (по материалам СОУТ)

Table 1. Assessment of Working Conditions for Workers in Key Professions Engaged in Polymetallic Ore Mining (Based on OSH Materials)

Профессия	Класс условий труда по факторам									Общий класс условий труда
	шум	вибрация локальная	вибрация общая	химический	АПФД	микроклимат	освещенность	тяжесть труда	напряженность труда	
Проходчик (бурение ручными перфораторами)	3.4	3.3	-	2	2	3.1	3.1	3.1	2	3.4
Машинист БУ	3.3	2	3.1	2	2	3.1	3.1	2	2	3.3
Крепильщик	3.1	2	-	2	3.1	3.1	3.1	3.1	2	3.2
Машинист ПДМ	3.2	2	3.1	2	2	3.1	3.1	2	3.1	3.2
Машинист ПСМ	3.1	2	3.1	2	2	2	3.1	2	3.1	3.2

Примечание: «-» - данный производственный фактор отсутствует на рабочем месте.

Выделены приоритетные вредные производственные факторы на рабочих местах, к которым отнесены виброакустические (шум, локальная/общая вибрации), аэрозоль преимущественно фиброгенного действия (АПФД) (пыль цемента), неблагоприятный микроклимат выработок, отсутствие в них естественного света, а также тяжесть и напряженность труда.

Различия в выполнении трудовых обязанностей определяют наличие определенных производственных факторов на конкретных рабочих местах.

При бурении шпуров ручным способом на проходчика воздействуют шум (класс 3.4) и локальная вибрация (класс 3.3) в сочетании с охлаждением рук водой, повышенная влажность при невысокой температуре относительного воздуха выработок, полное отсутствие естественного света. При выполнении технологических операций проходчик испытывает значительные физические нагрузки (класс 3.1). Общая оценка условий труда – класс 3.4.

Машинист БУ выполняет механизированные работы при разработке месторождений, при этом на него воздействует аналогичный комплекс, характерный для рабочего места проходчика, но с несколько меньшей интенсивностью воздействия (шум – класс 3.3, общая вибрация – класс 3.1) и отсутствием физических перегрузок.

На рабочем месте крепильщика, осуществляющего крепление выработок с помощью торкретбетона, имеет место сочетание вредных факторов рабочей среды в зависимости от выполняемых технологических операций. Так при торкретировании уровень шума от работающей установки может достигать 85 дБА, при набрызгивании бетона несколько повышается влажность при невысокой температуре воздуха в горной выработке. Приготовление торкретбетона способствует пылевыделению цемента в воздух рабочей зоны (класс 3.1). Работы ведутся в отсутствии естественного света. Труд крепильщика сопряжен с физическими нагрузками, превышающими установленные гигиенические нормы, общий класс условий труда – 3.2.

При осуществлении отгрузки взорванной руды до рудоспуска на машиниста ПДМ неблагоприятно воздействуют интенсивный шум, вибрация общая, повышенная влажность при пониженной температуре воздуха, отсутствие естественного освещения и напряженность труда, которые в совокупности определяют вредный класс условий труда – 3.2.

На организм работников, занятых в профессии машиниста ПСМ, неблагоприятно воздействуют виброакустический фактор, отсутствие естественного освещения,

психоэмоциональные перегрузки, что позволяет оценить их условия труда как вредные.

Как видно из приведенных данных, шум и вибрация являются приоритетными вредными производственными факторами, присутствующими на большинстве изученных рабочих мест, в связи с чем, подробно изучены их параметры по данным производственного контроля (табл. 2).

Таблица 2. Условия труда на основных рабочих местах в зависимости от уровней превышения показателей шума и вибрации на рабочих местах (по материалам ПК)

Table 2. Working conditions at main workplaces depending on the levels of exceedance of noise and vibration indicators (based on PC materials)

Производственный фактор, класс условий труда	Профессия				
	проходчик (на ручных перфораторах)	машинист БУ	крепильщик	машинист ПДМ	машинист ПСМ
Шум, величина превышения ПДУ, на дБА Класс условий труда	26-29 3.4	16-20 3.3	2-5 3.1	8-14 3.2	4-5 3.1
Вибрация (локальная), величина превышения ПДУ на дБ Класс условий труда	7-9 3.3	нет 2	нет 2	нет 2	нет 2
Вибрация (общая), величина превышения ПДУ на дБ Класс условий труда	- -	3-5 3.1	- -	4-6 3.1	2-4 3.1

Примечание: «-» - данный производственный фактор отсутствует на рабочем месте; «нет» - отсутствует превышение ПДУ.

Результаты измерений, представленные в таблице 2, показали, что уровни звука, создаваемые работой ручного перфоратора, превышали установленные гигиенические нормы до 29 дБА и составили значения от 106 до 109 дБА, буровой установки УБШ-312 – 96-97 дБА. При работе различных современных БУ, таких как «МОНОМАТИК», «СОЛО», «КОБОЛТ», интенсивность шума соответствует уровням от 96 до 100 дБА.

На машинистов, занятых управлением погрузочно-доставочными машинами марок ТОРО, КАВАСАКИ и на базе МоАЗ, воздействует повышенный шум, значения которого могут достигать от 88 до 94 дБА в зависимости от марок и этапа выполняемой операции. При торкретировании уровни звука на рабочем месте крепильщика превышают гигиенический норматив на 5 дБА.

Установлено, что на рабочих местах машинистов ПСМ, занятых транспортировкой руды, шум от работающей машины достигал 84-85 дБа.

Таким образом, на изученных рабочих местах используемое шахтное оборудование генерирует шум, превышающий ПДУ на 2-29 дБА.

Вибрационный фактор присутствует на всех изучаемых рабочих местах, на которых использовалось шахтное оборудование, однако интенсивность воздействия на них различна. При использовании проходчиками ручных перфораторов уровни локальной вибрации превышали установленный гигиенический норматив на 7-9 дБ, что соответствовало классу 3.3. На рабочих местах машинистов БУ, ПСМ и ПДМ значения локальной вибрации соответствовали ПДУ (класс 2), тогда как уровни общей вибрации превышали установленные нормы на 2-6 дБ (класс 3.1).

Вредные производственные факторы способствовали формированию профессиональной патологии различной этиологии: вибрационная болезнь, нейросенсорная тугоухость, болезни костно-мышечной системы, органов дыхания, нервной системы.

Среднегодовая профессиональная заболеваемость за 10 лет для конкретной профессиональной группы различалась и составляла 14,9% у машинистов ПСМ, 15,0% - крепильщиков, 22,2% - машинистов ПДМ, 108,1% - машинистов БУ, 333,0% - проходчиков на ручных перфораторах. Высокие показатели профессиональной заболеваемости у проходчиков и машинистов БУ обусловлены их небольшой численностью и значительной частотой установленных профессиональных заболеваний в отличие от других профессиональных групп.

Следует отметить, что на формирование профессиональной заболеваемости на изученном предприятии оказывали влияние уровни воздействия имеющихся на рабочем месте вредных производственных факторов, особенно у стажированных работников до и после внедрения современной горной техники.

При этом возрастающая степень механизации технологического процесса и использование высокопроизводительного оборудования значительно повысили производительность труда и снизили физические нагрузки. Вместе с тем, произошло изменение уровней воздействия производственных факторов: снижение концентрации АПФД за счет применения орошения при добыче руды, уровней вибрации при применении материалов с улучшенными виброизоляционными свойствами, уменьшение содержания химических веществ, поступающих в воздухе рабочей зоны при работе горной техники с двигателями внутреннего сгорания, ввиду внедрения более эффективной системы вентиляции горных выработок и установки нейтрализаторов на выхлопной трубе шахтной техники, а также дожигателей, которые существенно снижают количество вырабатываемых двигателями выхлопных газов. Однако возросли уровни шума при использовании более мощного высокопроизводительного шахтного оборудования. В ряде случаев, указанное привело к изменению наименований ряда профессий: проходчик (с использованием БУ) на машиниста БУ.

Структура накопленной профессиональной патологии для отдельных профессиональных групп различалась. Так, среди проходчиков превалировала вибрационная болезнь и полинейропатии конечностей (соответственно 38,5% и 23,1%), на долю пневмокониоза и хронического бронхита профессиональной этиологии приходилось 15,4%, заболеваний опорно-двигательного аппарата (радикулопатия, плечелопаточный периартроз и эпикондилез надмыщелков плечевой кости) – 12,8%, профессиональной нейросенсорной тугоухости – 10,3%. Ведущей профессиональной патологией у машинистов буровой установки была вибрационная болезнь и полинейропатия, составившие в структуре ПЗ соответственно 40% и 32%, у машинистов ПСМ – пояснично-крестцовая радикулопатия (45,5%) и нейросенсорная тугоухость (8,9%), у машинистов ПДМ и крепильщиков – профессиональные бронхиты (30-40%).

Категории профессионального риска с учетом класса условий труда и индекса профессиональных заболеваний (ИПЗ) у работников различных профессиональных групп представлены в таблице 3.

Таблица 3. Показатели профессионального риска для основных профессиональных групп при подземной добыче полиметаллических руд

Table 3. Occupational risk indicators for main professional groups in underground polymetallic ore mining

Показатель	Профессия				
	проходчик	машинист БУ	крепильщик	машинист ПДМ	машинист ПСМ
I. Класс условий труда*	3.4	3.3	3.2	3.2	3.2
Категория риск**	высокая	высокая	средняя	средняя	средняя
II. Индекс профессиональных заболеваний $I_{пз}$ **	0,50	0,49	0,30	0,32	0,30
Категория риска**	высокая	высокая	средняя	средняя	средняя

Примечание: * - в соответствии с Р 2.2.2006-05, ** - в соответствии с Р 2.2.3969-23

Как видно из представленных данных, категории риска по рассмотренным показателям совпали у проходчика, машиниста БУ, машиниста ПДМ, машиниста ПСМ, что свидетельствует о информативности этих показателей.

Проведенные исследования показали, что, несмотря на внедрение современных технологий и высокопроизводительного оборудования при добыче руд, у крепильщиков, машинистов ПДМ и машинистов ПСМ уровни профессионального риска нарушения здоровья соответствуют средними. На рабочих местах проходчиков, машинистов БУ продолжают оставаться высокими. Существующие на предприятии степени риска ущерба здоровью работников определяют разработку мероприятий, которые позволят обеспечить допустимые уровни воздействия производственных факторов на рабочих местах и сохранить здоровье работников, срочность выполнения которых определяется категориями профессионального риска.

Заключение. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о высокой категории риска ущерба здоровью проходчиков, машинистов БУ, технология выполнения работ у которых существенно не изменилась. У работников других профессиональных групп категория профессионального риска относится к средней степени, что обусловлено возрастающей ролью «шумового» фактора при использовании современного высокопроизводительного оборудования.

Полученные данные совпадают с результатами исследований других авторов, установившие высокие риски формирования профессиональной заболеваемости у работников горнорудных предприятий [3, 7, 10].

Результаты работы послужили основой для разработки и внедрения гигиенических, медико-профилактических мероприятий для работников горнорудных предприятий.

Список литературы:

1. Удельный вес численности работников, имеющих право на компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда, в организациях. Доступно по: https://rosstat.gov.ru/working_conditions (дата обращения - 21.06.2024).
2. Кислицына В.В., Суржиков Д.В., Пестерева Д.В., Мотуз И.Ю., Штайгер В.А. Гигиеническая оценка условий труда и профессионального риска у работников угольной отрасли. Медицина в Кузбассе. 2023; 22(2): 72-7. doi:10.24412/2687-0053-2023-2-72-77.
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. Муллер Н.В., Младова Т.А. Оценка профессионального риска проходчика участка буровзрывных работ. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2022; 11: 1(57): 91-5. DOI 10.46548/21vek-2022-1157-0018.
5. 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.
6. Черный К.А., Файнбург Г.З., Розенфельд Е.А. Методологические проблемы проведения оценки профессиональных рисков на горнорудных предприятиях и их решение. Недропользование. 2021; 4(21): 193-200. DOI: 10.15593/2712-8008/2021.4.8.
7. Егорова Е.М. Оценка профессионального риска у работников горнорудной промышленности. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023; 10-1(85): 63-65. DOI: 10.24412/2500-1000-2023-10-1-63-65.
8. Утюганова В.В., Сердюк В.С., Фомин А.И. Прогнозирование и оценка профессиональных рисков в горной отрасли с применением теоремы Байеса. Безопасность труда в промышленности. 2021; 1: 79-87.
9. Шляпников Д.М., Костарев В.Г. Оценка и прогноз профессионального риска у работников предприятия цветной металлургии. Медицина труда и промышленная экология. 2014; 12: 16-8.
10. 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.
11. 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.

12. Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Ухабов В.М. влияние вредных физических факторов и производственной пыли на изменения некоторых биохимических и функциональных показателей состояния сердечно-сосудистой системы и органов дыхания у работников, занятых подземной добычей руды. Медицина труда и промышленная экология. 2019; 59(11): 920-5.
13. 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.
14. 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.
15. Liebenberg A, Oosthuizen J, Reed S. A current affair: worker perceptions of noise exposure and occupational hearing loss in Australian coal mines. *Ann Work Expo Health*. 2023 Nov 28; 67(9):1111-20. doi: 10.1093/annweh/wxad055.
16. Armah EK, Adedeji JA, Boafo BB, Opoku AA. Underground Gold Miner Exposure to Noise, Diesel Particulate Matter and Crystalline Silica Dust. *J Health Pollut*. 2021 Feb 25; 11(29): 210301. doi: 10.5696/2156-9614-11.29.210301.
17. Фокин В.А. Оценка риска здоровью работников добывающих отраслей в условиях воздействия шума выше 80 дБА. Медицина труда и промышленная экология. 2020; 60(11): 867-8.
18. Сюрин С.А., Шилов В.В. Особенности нарушений здоровья горняков северных медно-никелевых рудников. Гигиена и санитария. 2016; 95(5): 455-9.
19. Alagarajan M, Ahmad A. Morbidity patterns among current and ex-mine workers in Karauli district of Rajasthan, India. *J Family Med Prim Care*. 2022 Jul; 11(7): 3673-3680. doi: 10.4103/jfmpc.jfmpc_2240_21.
20. Misra S, Sussell AL, Wilson SE, Poplin GS. Occupational exposure to respirable crystalline silica among US metal and nonmetal miners, 2000-2019. *Am J Ind Med*. 2023 Mar; 66(3): 199-212. doi: 10.1002/ajim.23451.
21. 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.

References:

1. The share of the number of employees entitled to compensation for work with harmful and (or) dangerous working conditions in organizations. Available at: https://rosstat.gov.ru/working_conditions (access date: 06/21/2024).
2. Kislitsyna V.V., Surzhikov D.V., Pestereva D.V., Motuz I.Yu., Shtaiger V.A. Hygienic assessment of working conditions and occupational risks among coal industry workers. *Meditina v Kuzbasse*. 2023; 22(2): 72-7. doi:10.24412/2687-0053-2023-2-72-77.
3. Shaikhislamova E.R., Karimova L.K., Valeeva E.T., Kondrova N.S., Galimova R.R. Occupational pathology among workers of a copper ore mining and processing enterprise in the Republic of Bashkortostan. *Sanitarnyi vrach*. 2016; 9: 11-5.
4. Muller N.V., Mladova T.A. Assessing the professional risk of a drilling and blasting site miner. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus*. 2022; 11: 1(57): 91-5. DOI 10.46548/21vek-2022-1157-0018.

5. Chebotarev A.G., Leskina L.M., Golovkova N.P. Working conditions and occupational health risks for workers in ore mines. *Gornaya promyshlennost'*. 2020; 5: 115-9. DOI 10.30686/1609-9192-2020-5-115-119.
6. Chernyi K.A., Fainburg G.Z., Rozenfel'd E.A. Methodological problems of assessing occupational risks at mining enterprises and their solution. *Nedropol'zovanie*. 2021; 4(21): 193-200. DOI: 10.15593/2712-8008/2021.4.8.
7. Egorova E.M. Assessment of occupational risk among mining industry workers. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2023; 10-1(85): 63-65. DOI: 10.24412/2500-1000-2023-10-1-63-65.
8. Utyuganova V.V., Serdyuk V.S., Fomin A.I. Forecasting and assessing occupational risks in the mining industry using Bayes' theorem. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2021; 1: 79-87.
9. Shlyapnikov D.M., Kostarev V.G. Assessment and forecast of occupational risk among workers of non-ferrous metallurgy enterprises. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2014; 12: 16-8.
10. Chebotarev A.G., Sementsova D.D. Comprehensive assessment of working conditions and occupational morbidity status of workers at mining and metallurgical enterprises. *Gornaya promyshlennost'*. 2021; 1: 114-9. DOI 10.30686/1609-9192-2021-1-114-119.
11. Chebotarev A.G., Gibadulina I.Yu., Goryachev N.S. Pollution of the mine atmosphere when using self-propelled equipment with a diesel drive and measures to normalize it. *Gornaya promyshlennost'*. 2019; 2(144): 74-6. DOI 10.30686/1609-9192-2019-2-144-74-76.
12. Zemlyanova M.A., Kol'dibekova Yu.V., Ukhobov V.M. The influence of harmful physical factors and industrial dust on changes in some biochemical and functional indicators of the state of the cardiovascular system and respiratory organs in workers engaged in underground ore mining. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(11): 920-5.
13. Kur'erov N.N., Chebotarev A.G. Risks of health problems for mining machine operators from noise and vibration exposure. *Gornaya promyshlennost'*. 2022; 1: 138-43. DOI 10.30686/1609-9192-2022-1-138-143.
14. Chebotarev A.G., Kur'erov N.N. Hygienic assessment of noise and vibration affecting workers at mining enterprises. *Gornaya promyshlennost'*. 2020; 1: 148-53. DOI 10.30686/1609-9192-2020-1-148-153.
15. Liebenberg A, Oosthuizen J, Reed S. A current affair: worker perceptions of noise exposure and occupational hearing loss in Australian coal mines. *Ann Work Expo Health*. 2023 Nov 28; 67(9):1111-20. doi: 10.1093/annweh/wxad055.
16. Armah EK, Adedeji JA, Bofo BB, Opoku AA. Underground Gold Miner Exposure to Noise, Diesel Particulate Matter and Crystalline Silica Dust. *J Health Pollut*. 2021 Feb 25; 11(29): 210301. doi: 10.5696/2156-9614-11.29.210301.
17. Fokin V.A. Assessment of health risks for workers in extractive industries exposed to noise above 80 dBA. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2020; 60(11): 867-8.
18. Syurin S.A., Shilov V.V. Features of health problems among miners in northern copper-nickel mines. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 95(5): 455-9.
19. Alagarajan M, Ahmad A. Morbidity patterns among current and ex-mine workers in Karauli district of Rajasthan, India. *J Family Med Prim Care*. 2022 Jul; 11(7): 3673-3680. doi: 10.4103/jfmpc.jfmpc_2240_21.
20. Misra S, Sussell AL, Wilson SE, Poplin GS. Occupational exposure to respirable crystalline silica among US metal and nonmetal miners, 2000-2019. *Am J Ind Med*. 2023 Mar; 66(3): 199-212. doi: 10.1002/ajim.23451.

21. Serebryakov P.V., Fedina I.N., Rushkevich O.P. Features of the formation of malignant neoplasms of the respiratory system in workers of enterprises for the extraction and processing of copper-nickel ores. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2018; 9: 9-15. DOI 10.31089/1026-9428-2018-9-9-15.

Поступила/Received: 27.06.2024

Принята в печать/Accepted: 27.01.2025

УДК 616-073:616.133.33:621

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СКАНИРОВАНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ ГОЛОВЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ У РАБОТНИКОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Загидуллина Н.Н., Валеева Э.Т., Дистанова А.А., Уразаева Э.Р., Галимова Р.Р.

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

Ультразвуковое исследование сосудов - это информативный, доступный метод диагностики атеросклероза. Ультразвуковое сканирование (УДС) магистральных артерий головы (МАГ) у работников различных отраслей промышленности свидетельствует о том, что более чем у 70% лиц визуализируются признаки атеросклеротических изменений МАГ. Актуальными являются исследования по оценке состояния сосудов у работников машиностроительной отрасли, так как бессимптомное поражение артерий атеросклеротическим процессом, которое длительное время протекает скрытно, в дальнейшем может проявляться серьёзными сосудистыми катастрофами.

Цель: проанализировать особенности состояния МАГ с использованием современных ультразвуковых методик у работников машиностроительной области с целью выявления признаков атеросклеротического поражения сосудов.

Материалы и методы. Проведено УДС МАГ 58 работникам, которые вошли в группу «риска» с различными нозологическими формами заболеваний для решения вопросов профпригодности в клинике института. Из них мужчин - 45 человек (77,5%), женщин - 13 человек (22,5%). УДС МАГ проводилось в В-режиме, спектральном, цветовом и энергетическом доплеровском картировании (ЦДК и ЭДК) по стандартной методике линейным датчиком 7,5 МГц на аппарате Artida Arlio фирмы Toshiba. Для определения степени стеноза применялся В-режим, спектральный доплер (PW).

Результаты. По результатам УДС МАГ у 75,7 % обследованных работников обнаружены различной степени проявления каротидного атеросклероза: утолщение комплекса интима-медиа (КИМ > 1,0 мм) определялись у 8,6%, атеросклеротические бляшки (АСБ) - у 67,0 % лиц. Неизменная стенка сосудов (КИМ не более 1,0 мм) визуализировалась у 24,4% лиц. В большинстве случаев изменения выявлялись у работников в возрасте 50-59 лет - 58,6% и стаже 10-29

лет-27,5% лиц. В режиме РW и ЦДК обнаружены стенозированные участки сонной артерии у всех работников с бляшками (от 20 % до 70 % стеноза).

Ключевые слова: ультразвуковая доплероскопия, доплерография, магистральные артерии головы, атеросклероз, работники, машиностроение.

Для цитирования: Загидуллина Н.Н., Валеева Э.Т., Дистанова А.А., Уразаева Э.Р., Галимова Р.Р. Применение ультразвуковой доплерографии магистральных артерий головы для диагностики атеросклеротического поражения у работников машиностроения. Медицина труда и экология человека. 2025; 1: 22-36.

Для корреспонденции: Загидуллина Надия Нагимовна, врач ультразвуковой диагностики отделения инструментальных методов исследования ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», e-mail: nadiya_58@mail.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10102>

THE USE OF ULTRASONIC SCANNING OF THE HEAD MAIN ARTERIES IN THE DIAGNOSIS OF ATHEROSCLEROTIC LESIONS AMONG MECHANICAL ENGINEERING WORKERS

Zagidullina N.N., Valeeva E.T., Distanova A.A., Urazaeva E.R., Galimova R.R.

Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

Ultrasound examination of blood vessels is an informative, accessible method for diagnosing atherosclerosis, including its preclinical stage. Ultrasound scanning (USS) of the head main arteries (HMA) among workers in various industries shows that signs of atherosclerotic changes in the HMA are visualized in more than 70% of individuals. Studies to assess the condition of blood vessels among mechanical engineering workers are relevant, since asymptomatic arterial damage by the atherosclerotic process, which proceeds latently for a long time, can subsequently manifest itself in serious vascular catastrophes.

Objective: to analyze the features of the MAG condition using modern ultrasound techniques in workers in the mechanical engineering field in order to identify signs of atherosclerotic vascular lesions.

Materials and methods. USS of HMA was conducted among 58 workers who were included in the «risk» group with various nosological forms of diseases concerning professional suitability in the Institute clinic. Of these, 45 were men (77.5%), 13 were women (22.5%). USS of HMA was conducted in B-mode, spectral, color and power Doppler mapping (CDM and EDM) according to the standard technique with a 7.5 MHz linear sensor on the Toshiba Artida Aplio device. B-mode, spectral Doppler (PW) were used to determine the degree of stenosis.

Results. According to the results of USS of HMA, 75.7% of the examined workers were found to have varying degrees of carotid atherosclerosis: thickening of the intima-media complex (IMC > 1.0 mm) was determined in 8.6%, atherosclerotic plaques (ASP) - in 67.0% of individuals. Unchanged vessel wall (IMC no more than 1.0 mm) was visualized in 24.4% of individuals. In most cases, changes were detected among workers aged 50-59 years - 58.6% and with 10-29 years of experience - 27.5% of individuals. In the PW and CDC modes, stenotic areas of the carotid artery were found in all workers with plaques (from 20% to 70% stenosis).

Keywords: ultrasound Dopplerography, Dopplerography, the head main arteries, atherosclerosis, workers, mechanical engineering.

For citation: Zagidullina N.N., Valeeva E.T., Distanova A.A., Urazaeva E.R., Galimova R.R. The use of ultrasonic scanning of the head main arteries in the diagnosis of atherosclerotic lesions among mechanical engineering workers. *Occupational Medicine and Human Ecology*. 2025; 1: 22-36.

Correspondence: Nadiya N. Zagidullina, Ultrasound diagnostician, Department of Instrumental Research Methods, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, e-mail: nadiya_58@mail.ru

Funding: The study had no financial support.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10102>

Ультразвуковые исследования являются важнейшим объективным методом визуальных способов диагностики патологических состояний со стороны внутренних органов и систем [1]. В доступной нам литературе имеется достаточное количество работ по анализу данных ультразвуковых исследований патологических состояний различных систем организма у работников разных отраслей промышленности [2,3]. Но исследовательских работ, посвящённых

изучению каротидного атеросклероза среди работающего населения недостаточно. Ультразвуковое исследование сосудов рассматривается на сегодняшний день как информативный и доступный метод диагностики атеросклероза, в том числе на доклиническом этапе. Значительная часть общей заболеваемости работающего населения обусловлена условиями труда, которые могут создавать повышенные риски для здоровья работников [4, 5]. Рабочий процесс у работников ведущих профессий машиностроительной отрасли подразумевает наличие вредных факторов производства разной интенсивности. К основным из них относятся интенсивный шум, вибрация, тяжесть трудового процесса и воздействие комплекса химических веществ (уайтспирт, фенол, ксилол, толуол, аммиак, формальдегид, свинец и его соединения, неорганические соединения азота, аэрозоли, преимущественно фиброгенного действия). Известно, что до развития ИБС или инсульта атеросклероз имеет длительную латентную фазу и оценка субклинического атеросклероза может быть полезна для прогнозирования клинически значимого заболевания и проведения современных профилактических мероприятий. Атеросклероз сонных артерий традиционно рассматривается в качестве основного определяющего фактора повышенного риска ишемических цереброваскулярных событий. Однако существует вариабельность проявлений атеросклеротического поражения сонных артерий [6-9]. Одним из наиболее известных ранних маркеров атеросклероза является утолщение слоя интима-медиа в ОСА (общей сонной артерии). Наиболее распространено мнение, что норма комплекса интима-медиа не больше 1,0 мм. При атеросклеротическом поражении КИМ (комплекс интима-медиа) становится больше 1,0 мм. Атеросклеротическую бляшку (АСБ) большинство рекомендаций определяет как локальное утолщение КИМ более 1,3 мм [10].

В зависимости от возраста и пола показатели распространённости каротидного атеросклероза варьируют. Так, при исследовании АТЕРОГЕН - Иваново, проведенном в 2021 году, средний возраст пациентов был 54 года (мужчин 28%, 72 % женщины) и наличие АСБ было выявлено у 76,4% у мужчин и у 59,1% у женщин [4].

В исследованиях ряда зарубежных авторов частота каротидного атеросклероза составила 23,9 % среди лиц 25-60 лет, у мужчин в 40-49 лет частота выявления АСБ в СА составила 8,2 %, 50-59 лет – 39,7%, 60-69 лет – 66,4%, у женщин в возрасте 40-49 лет-3,3% ,50-59 лет – 22,3 %, 60-69 лет-48,7%. У мужчин белой расы, проживающих в США, в исследовании ARIC частота наличия АСБ в каротидном бассейне составила 26,8, 34,4, 46,0 и 53,4% соответственно в возрасте 45-49, 50-54, 55-59 и 60-64 года. У женщин также была выявлена тенденция постепенного увеличения частоты атеросклероза с возрастом: 18,2, 3,3, 35,4 и 41,6 % лиц в соответствующих возрастных группах [11-16].

Данные УДС МАГ у работников различных отраслей промышленности свидетельствуют о том, что более, чем у 70% лиц визуализируются признаки атеросклеротических изменений МАГ. При обследовании 199 работников шахт Кузбасса проявления каротидного атеросклероза были выявлены в 36,0 % случаев, а среди работающего населения Томска у мужчин 45-64 лет признаки каротидного атеросклероза выявлены в 62 %, у женщин в 37,8 % случаев [5, 17].

Актуальными являются исследования по ультразвуковому изучению состояния сосудов у работников машиностроительной отрасли для диагностики как выраженных атеросклеротических изменений, так и ранних проявлений, поскольку бессимптомное поражение артерий, которое длительное время протекает скрытно, в дальнейшем может проявляться серьёзными сосудистыми катастрофами.

Цель работы: проанализировать особенности состояния МАГ с использованием современных ультразвуковых методик у работников машиностроительной области с целью выявления признаков атеросклеротического поражения сосудов.

Материалы и методы. В исследование вошли 58 работников автомобилестроительного предприятия по результатам проведённого периодического медицинского осмотра, которые вошли в группу «риска» для решения вопросов профпригодности с различными нозологическими формами заболеваний для проведения углублённого обследования после выявления отклонений в кардиологическом статусе. Из них мужчин - 45 человек (77,5%), женщин - 13 человек (22,5%). Возраст: 20-29 лет - 1 человек (1,7%), 30-39 лет - 1 человек (1,7%), 40-49 лет - 6 человек (10,2 %), 50-59 лет - 42 человека (72,4%), старше 60 лет - 8 человек (13,8%).

Исследуемые трудились в профессиях слесаря механосборочных работ, транспортировщика, электрогазосварщика, маляра.

УДС МАГ проводилось в В-режиме, спектральном, цветовом и энергетическом доплеровском картировании по стандартной методике линейным датчиком 7,5 МГц на аппарате Artida Aplio фирмы Toshiba. Согласно существующему стандарту измерение толщины комплекса интима-медиа в ОСА проводилось на 1-1,5 см проксимальнее бифуркации ОСА (общей сонной артерии) по задней стенке в области максимального утолщения. При сканировании каротидного бассейна были исследованы с обеих сторон общая сонная артерия и внутренняя сонная артерия (ВСА). Для определения степени стеноза применялся В-режим, спектральный доплер (PW), цветное и энергетическое доплеровское картирование (ЦДК и ЭДК).

Результаты. По результатам УДС МАГ обследованных работников автомобилестроительного предприятия всего было выявлено 44 человека (75,7 %),

у которых визуализировались различной степени атеросклеротические проявления каротидного атеросклероза в виде утолщения комплекса интима-медиа (начальные проявления) и атеросклеротических бляшек (сформировавшиеся проявления) (табл.1). У 24,3% работников атеросклеротических поражений сосудов не было обнаружено.

Таблица 1. Распространённость ультразвуковых доплерографических признаков атеросклеротического поражения сосудов шеи у работников автомобилестроения в зависимости от возраста, %

Table 1. Prevalence of ultrasound Doppler signs of atherosclerotic lesions of the neck vessels in automobile workers depending on age, %

Возраст	Мужчины	Женщины	Итого
40-49 лет	5,1	0	5,1
50-59 лет	44,8	13,8	58,6
60 лет и старше	12,0	-	12,0

Как представлено в таблице, наибольшее количество работников с ультразвуковыми признаками атеросклероза наблюдалось среди лиц в возрасте 50-59 лет - 58,6%, из них 44,8% составили лица мужского пола и 13,8% - женщины, у 12,0% работников изменения диагностированы в возрасте старше 60 лет. В возрасте 40-49 лет лиц с проявлениями атеросклероза было наименьшее количество и только среди мужчин-5,1% лиц. В зависимости от времени контакта с вредными производственными факторами наибольшее число работников с признаками атеросклероза было выявлено при стаже работы 10-29 лет (27,5%). Следует подчеркнуть, что и при стаже до 10 лет таких работников было достаточно много (22,0%) (табл.2). У 6 работников (в возрасте от 28 до 60 лет) со стажем работы свыше 10 лет проявлений каротидного атеросклероза не определялось.

Таблица 2. Распределение работников автомобилестроения с выявленным каротидным атеросклерозом в зависимости от стажа работы, %

Table 2. Distribution of automobile workers with diagnosed carotid atherosclerosis depending on length of service, abs, %

Стаж работы	Количество работников, %	
1-9 лет	13 человек	(22,0%)
10-20 лет	16 человек	(27,5%)
20 лет и более	14 человек	(24,1%)

При исследовании неизменённая стенка сосудов (КИМ не более 1,0 мм) визуализировалась у 14 работников (24,4%), начальные проявления атеросклероза (КИМ >1,0 мм) наблюдались у 5 (8,6%) и наличие АСБ у 39 человек (67,0%).

Ультразвуковые признаки начальных проявлений атеросклероза в В-режиме у обследованных проявлялись утолщением комплекса интима-медиа (КИМ >1,0 мм). Как правило, такие изменения развивались в области бифуркации ОСА в виде утолщения КИМ до 1,3 мм и встречались в 8,6 % случаев. На рис. 1 и 2 представлены подобные изменения, которые и характерны для начальных проявлений атеросклеротического процесса.

Рисунок 1. Утолщение КИМ в бифуркации сонной артерии в В-режиме. Продольное сканирование

Figure 1. Thickening of the IMC in the bifurcation of the carotid artery in B-mode. Longitudinal scanning

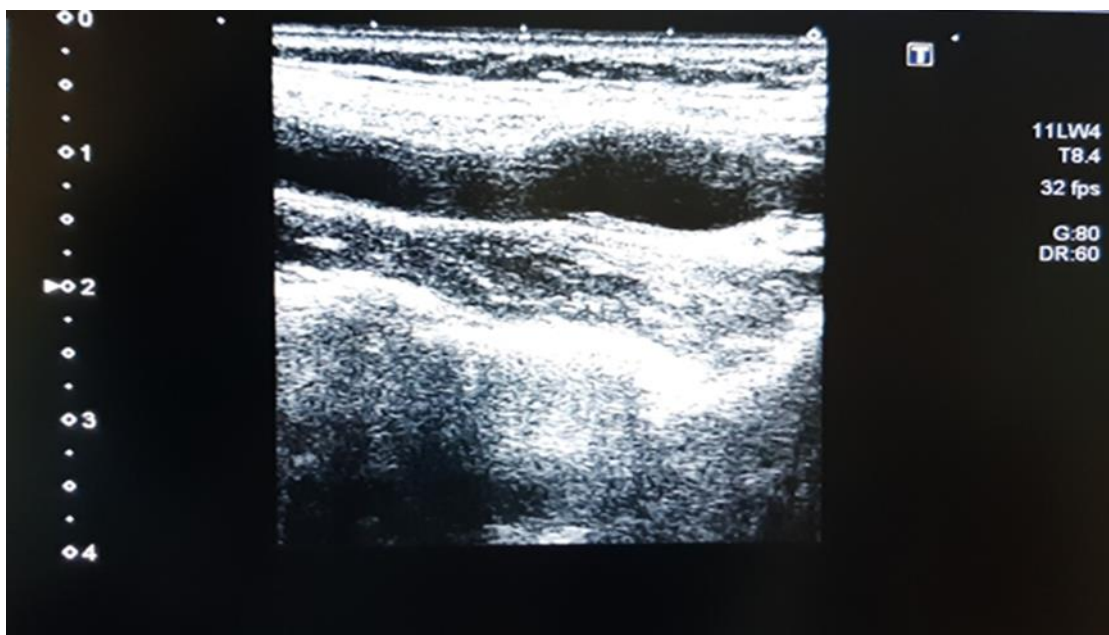
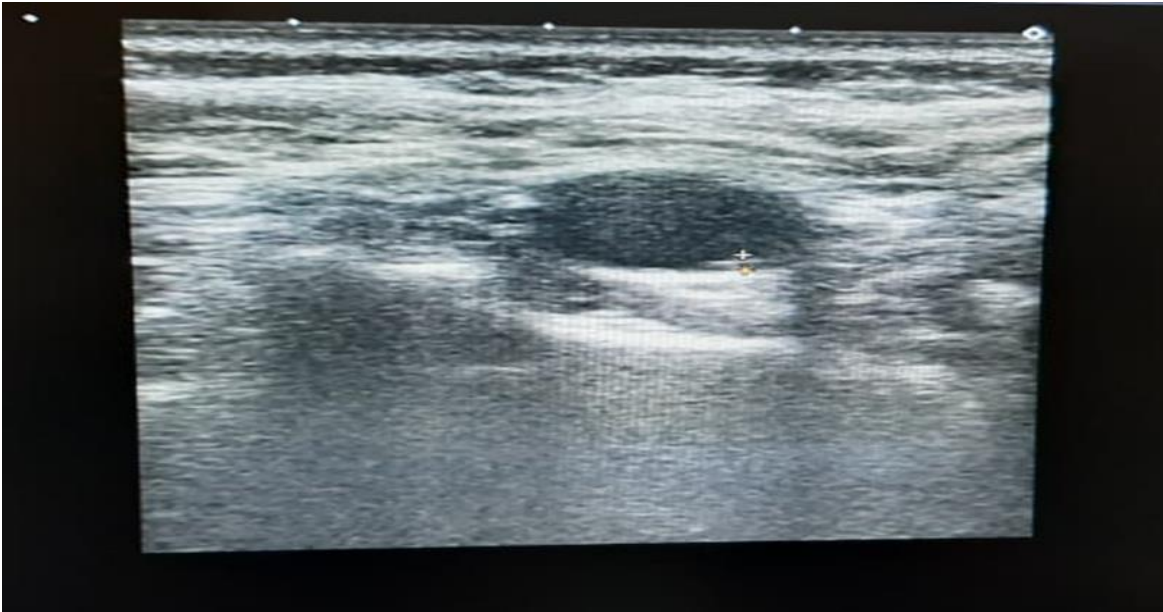


Рисунок 2. Утолщение КИМ в бифуркации сонной артерии в В-режиме. Поперечное сканирование

Figure 2. Thickening of the IMC in the bifurcation of the carotid artery in B-mode. Transverse scanning



В дальнейшем происходило формирование атеросклеротической бляшки. Выраженные изменения в виде атеросклеротических бляшек были обнаружены в основном у высокостажированных работников в возрасте 50-60 лет и старше, у 67,0% обследованных. Как представлено на рисунках 3 и 4, визуализируются одиночные атеросклеротические бляшки в бифуркации сонной артерии.

Рисунок 3. Атеросклеротическая бляшка в бифуркации ОСА. В-режим. Продольное сканирование

Figure 3. Atherosclerotic plaque in the bifurcation of the common carotid artery. B-mode. Longitudinal scanning

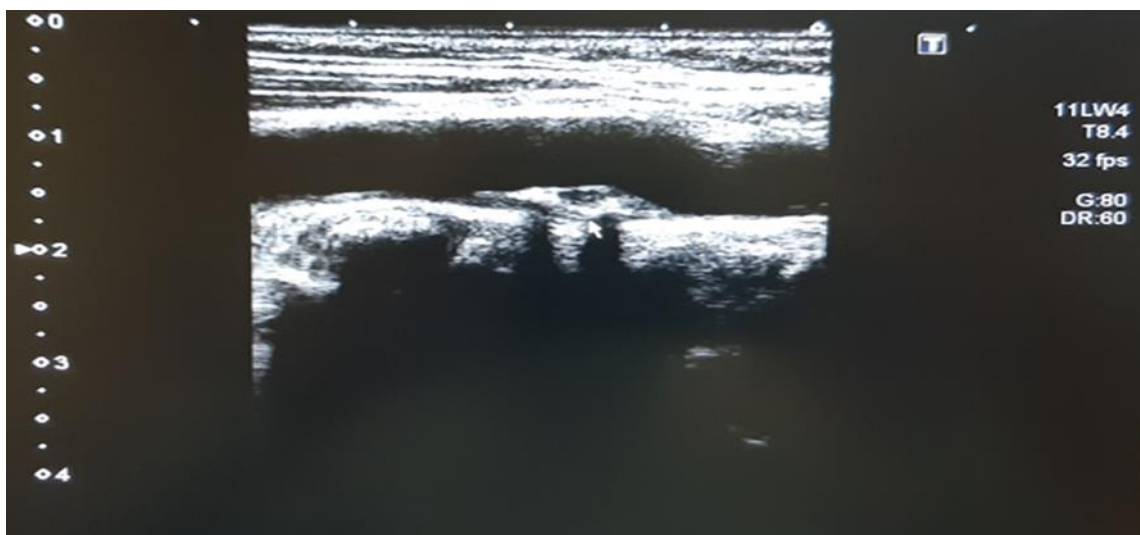
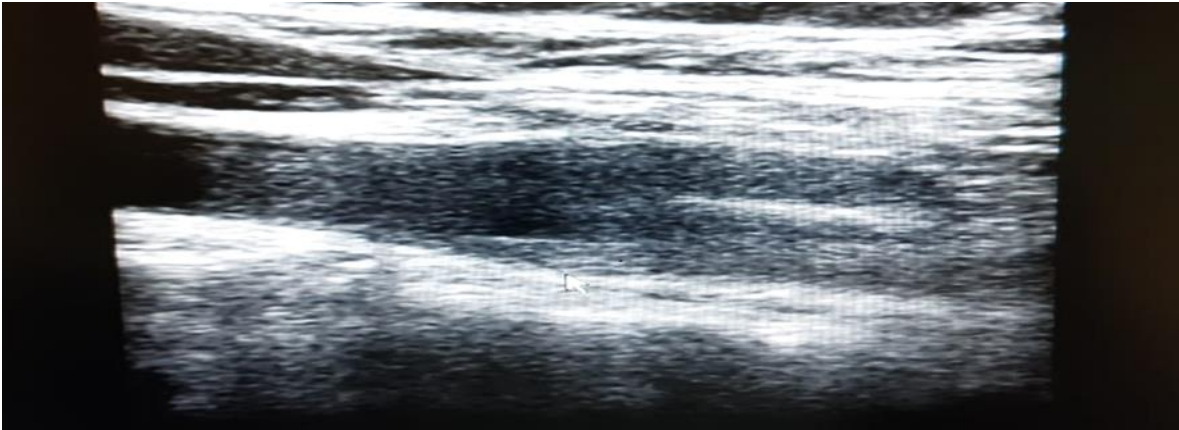


Рисунок 4. Атеросклеротическая бляшка в бифуркации ОСА с переходом на ВСА. В-режим. Продольное сканирование

Figure 4. Atherosclerotic plaque in the bifurcation of the common carotid artery with transition to the orifice of the internal carotid artery. B-mode. Longitudinal scanning



Кроме изучения атеросклеротических проявлений стенок сосудов в В - режиме, важное значение имеет изучение гемодинамических показателей в режиме импульсного доплера (PW) и цветного доплеровского картирования (ЦДК). Такое исследование предоставляет объективную картину о наличии стенозированных участков и определяет дальнейшую тактику лечения. У всех 67,0% работников с атеросклеротическими бляшками определено стенотическое сужение сосуда различной степени (от 20 % до 70 %).

На рисунках 5-6 представлены графические изображения кровотока в режиме импульсного доплера и ЦДК в отдельных стенозированных участках сонной артерии. При стенозе скорость кровотока увеличилась более 400 см/сек (при норме не более 115 см/сек) и изменился спектр доплеровского сдвига частот.

Рисунок 5. Кровоток в стенозированном участке бифуркации сонной артерии. Режим импульсного доплера (PW)

Figure 5. Blood flow in the stenotic area of the carotid artery bifurcation. Pulse Doppler mode (PW)

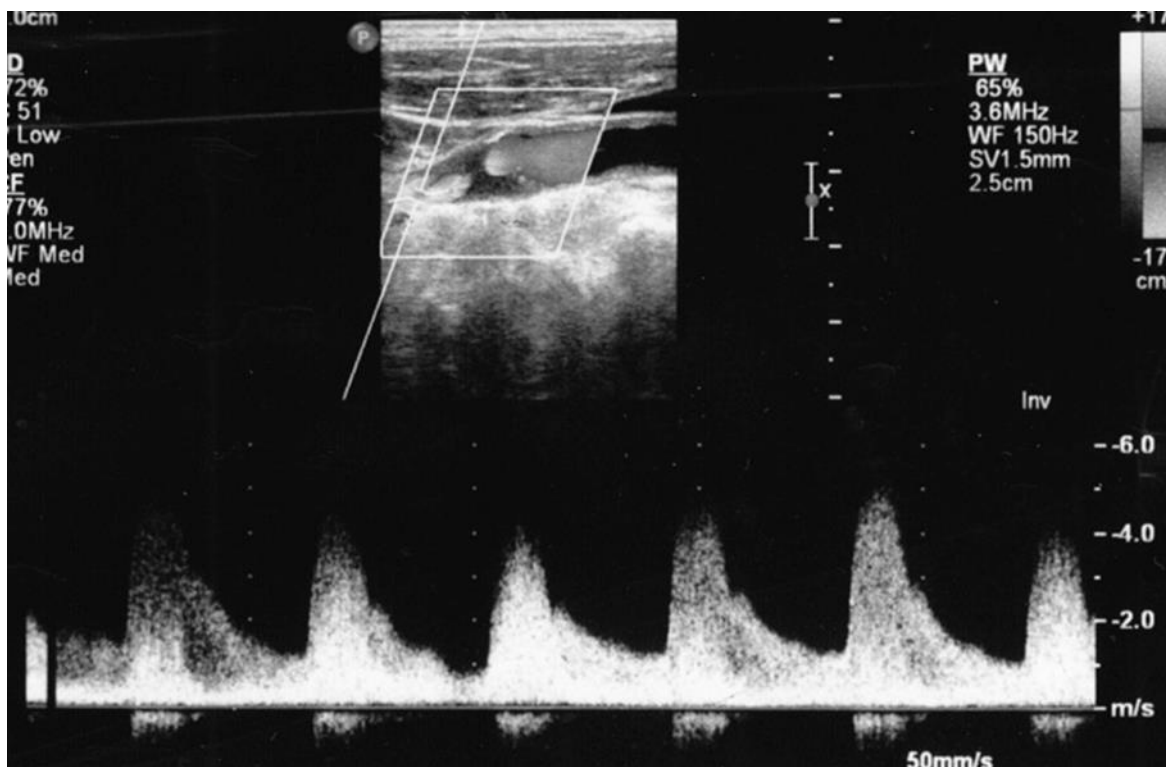
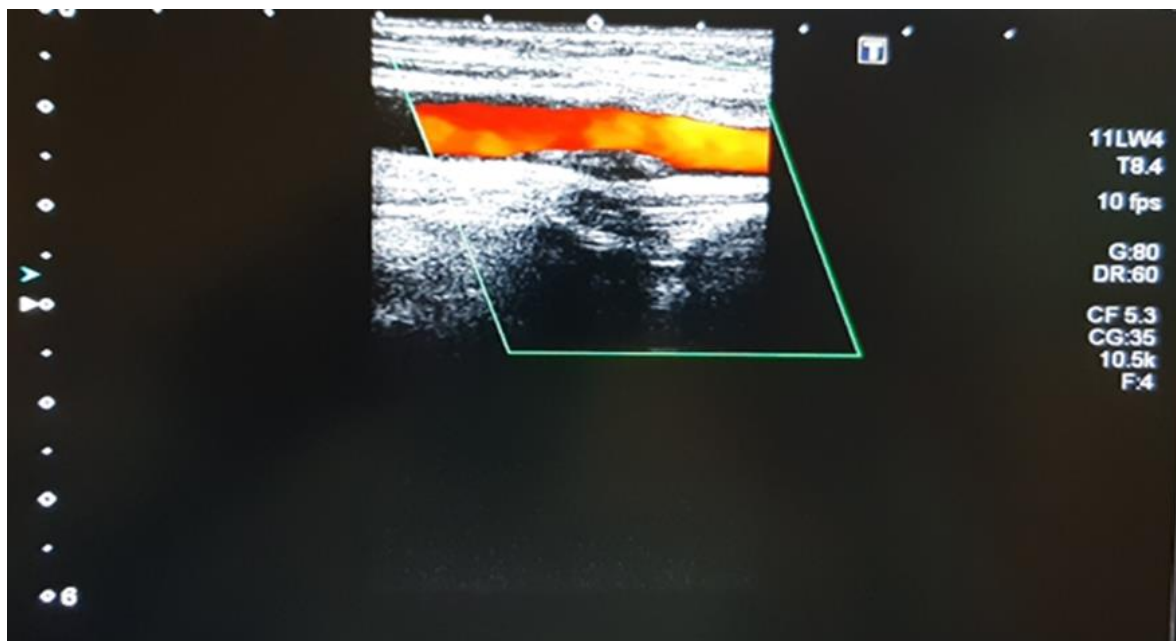


Рисунок 6. Кровоток в стенозированном участке бифуркации сонной артерии в режиме ЦДК

Figure 6. Blood flow in the stenotic area of the carotid artery bifurcation in the color Doppler mode



В ряде случаев при неоптимальной визуализации ЦДК и ЭДК имеет решающее значение при выявлении гипо- и изоэхогенных (пониженной плотности) атером. Такая АСБ проявляется «дефектом наполнения». На рисунках 7-8 представлены такие дефекты наполнения кровотока в стенозированном участке ОСА в режиме ЭДК и ЦДК.

Рисунок 7. Кровоток в стенозированном участке ОСА в режиме ЭДК

Figure 7. Blood flow in the stenotic area of the common carotid artery in the EDC mode

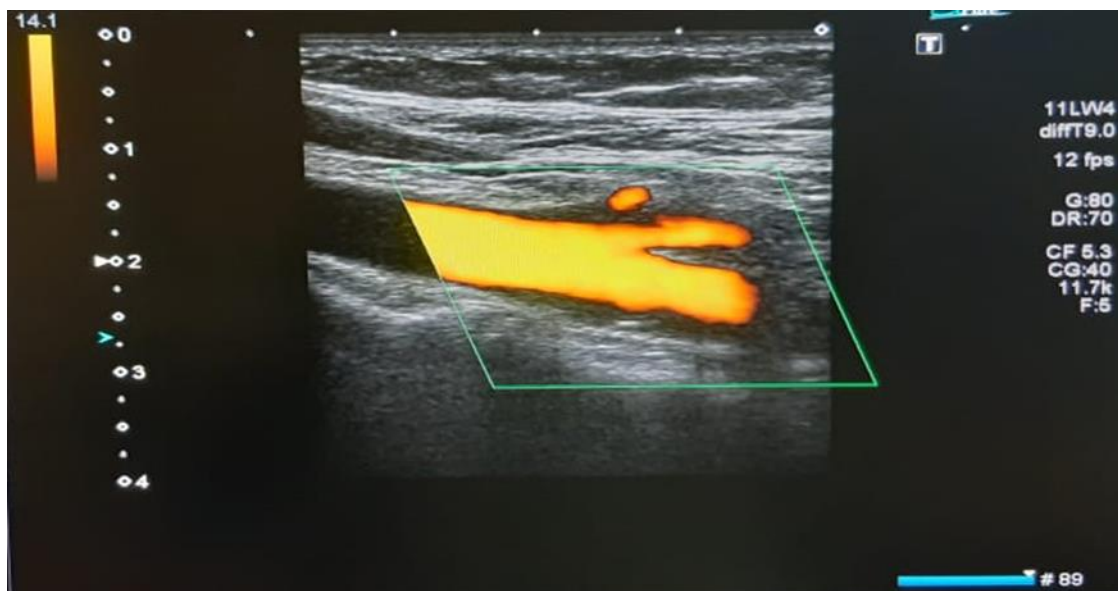
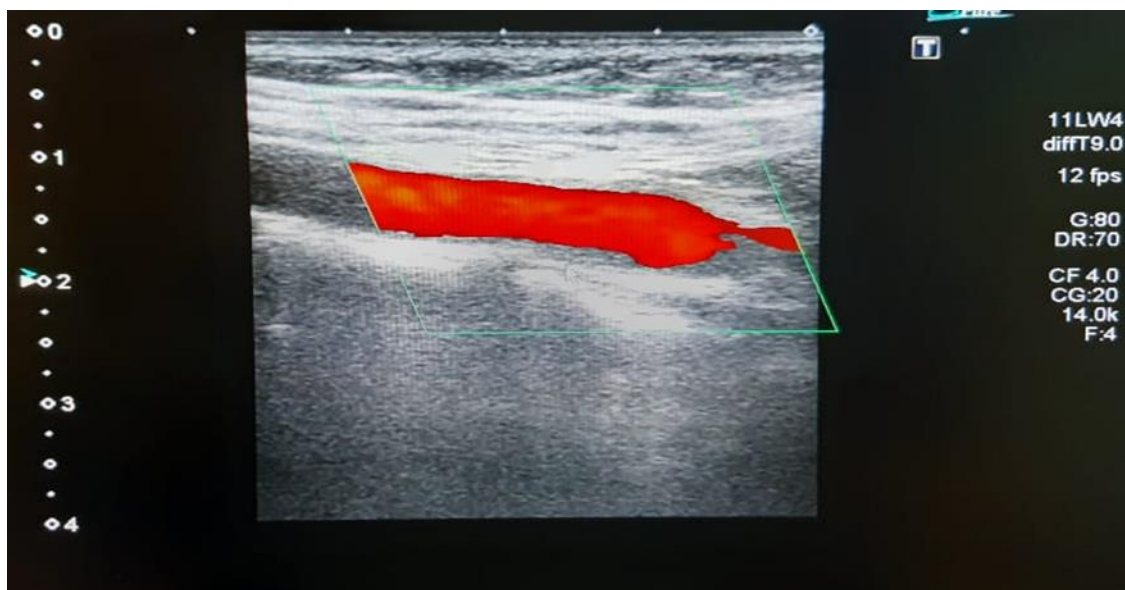


Рисунок 8. Кровоток в стенозированном участке ОСА в режиме ЦДК

Figure 8. Blood flow in the stenotic area of the common carotid artery in the color Doppler mode



Обсуждение. Применение доплерографического ультразвукового обследования в диагностическом процессе является необходимым и важным этапом, позволяющим визуализировать проявления атеросклероза как на ранних стадиях, так и на стадии бляшек и образования стеноза сосудов. Работающим во вредных и опасных условиях труда в процессе проведения обязательных профилактических осмотров решаются вопросы профессиональной пригодности, во многом зависящие и от стадии развития болезней системы кровообращения. Кроме того, результаты ультразвукового исследования магистральных артерий головы на предмет наличия и степени атеросклеротических поражений необходимы для определения дальнейшей тактики дообследования лечения пациента. Полученные нами результаты выявили, что у 75,8 % обследованных работников автомобилестроения по данным УДС МАГ обнаружены различной степени атеросклеротические проявления каротидного атеросклероза. При этом почти половина работников были в возрасте 50-59 лет - 58,6% и стаже работы 10-29 лет (27,5%). У работников в возрасте 20-39 лет мы не выявили атеросклеротически поражённых сосудов шеи. При УДС в В-режиме определялись признаки атеросклеротического процесса в виде начальных проявлений (утолщение комплекса интима-медиа (КИМ >1,0 мм), которые обнаружены у 8,6%, а также выявлялись атеросклеротические бляшки с определением степени стеноза, диагностированные у 67,0 % работников, при этом диапазон степени стеноза варьировал от 20 до 70 %. Важным этапом проводимого обследования явилось изучение гемодинамических показателей в режиме импульсного доплера (PW) и ЦДК, которое позволило уточнить степень стеноза в интересующих участках сосудов. При плохой визуализации гипоэхогенных и изоэхогенных (пониженной плотности) атером ЦДК и ЭДК имеет определяющее значение, так как позволяет выявить дефекты наполнения кровотока.

Результаты данного исследования согласуются с рядом авторов, которые выявили подобные изменения у работников других отраслей промышленности [18-20].

Заключение. Проведенные исследования свидетельствуют о высокой распространенности каротидного атеросклероза в популяции лиц среднего и старшего возраста среди работников машиностроительной отрасли. Применение УДС МАГ при обследовании работающих во вредных и опасных условиях труда является высоко информативным методом выявления, в том числе ранних проявлений атеросклеротического процесса, что является важным при назначении индивидуальных профилактических мероприятий.

Учитывая наиболее часто встречающиеся проявления атеросклероза у работников различных производств в возрасте 50 лет и старше, стаже 10 лет и более, особенно при выполнении работ с вредными веществами, обладающими в том

числе и кардиотоксическим действием; с тяжелыми физическими нагрузками; страдающими болезнями системы кровообращения, при проведении обязательных медицинских осмотров необходимо рекомендовать ежегодное проведение УДС магистральных артерий головы для ранней постановки диагноза, начала лечения и профилактики сосудистых катастроф.

Список литературы:

1. Pellerito J., Polak J.F. Introduction to Vascular Ultrasonography, 6th edition. Elsevier, 2012: 147–157.
2. Артамонова Г.В., Максимов С.А., Табакаев М.В., Барбараш Л.С. Комплексная оценка тенденции динамики общей и сердечно-сосудистой смертности в субъектах РФ в 2006-2012г.г. по методу ранжирования. Терапевтический архив. 2016; 1: 14-15.
3. Чумаков Н.В., Рахманов Р.С., Тришин В.В., Блинова Т.В., Страхова Л.А. и др. Значительная физическая нагрузка как критерий риска здоровью работающих в неблагоприятных по критериям тяжести трудового процесса условиях труда. Здоровье населения и среда обитания. 2016; 3: 16.
4. Ершова А.И., Балахонова Т.В., Мешков А.И., Куценко В.А., Яровая Е.Б. и др. Распространенность атеросклероза сонных и бедренных артерий среди населения Ивановской области: исследование АТЕРОГЕН-Иваново. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2021; 20(5): 266-268.
5. Филимонов Е.С., Коробейкин О.Ю. Атеросклеротическое поражение артерий у шахтеров с метаболическим синдромом. Медицина труда и промышленная экология. 2022; 62(4): 232-234.
6. Федорина М.А., Давыдкин И.Л., Германова О.А. Атеросклероз сонных артерий. Клиническое значение (обзор литературы). Вестник медицинского института «Реавиз». 2023; 13(3): 42.
7. Генкель В.В., Кузнецова А.С., Лебедев Е.В., Салашенко О.А., Пыхова Л.Р., Сумеркина В.А. и др. Атеросклероз сонных артерий и артерий нижних конечностей у пациентов 40-64 лет с различным статусом сердечно-сосудистого риска. Профилактическая медицина. 2023; 26(4): 35-42.
8. Ершова А.И., Бойцов С.А., Драпкина О.М., Балахонова Т.В. УЗ-маркеры доклинического атеросклероза сонных и бедренных артерий в оценке сердечно-сосудистого риска. Российский кардиологический журнал. 2018; 23: 92-93.
9. Зайцев Д.Е., Труфанов Г.Е. Возможности методики ультразвуковой доплерографии в выявлении признаков нестабильности атеросклеротических бляшек сонных артерий. Трансляционная медицина. 2019; 6(3): 36–43.
10. Куликова В.В. Ультразвуковая диагностика сосудистых заболеваний: руководство для врачей. М., 2007: 213.
11. Gostomzyk J.G., Heller W.D., Gerhardt P., Lee P.N., Keil U. B-scan ultrasound examination of the carotid arteries within a representative population (MONICA Project Augsburg). Klin Wochenschr. 1988; 66(Suppl 11): 58-65.
12. Prati P., Vanuzzo D., Casaroli M., Di Chiara A., De Biasi F., Feruglio G.A. et al. Prevalence and determinants of carotid atherosclerosis in a general population. Stroke. 1992; 23(12): 1705-11 doi:10.1161/01.str23.12.1705.
13. Willeit J., Kiechl S. Prevalence and risk factors of asymptomatic extracranial carotid artery atherosclerosis. A population-based study. Arterioscler Thromb. 1993; 13(5): 661-8. doi:10.1161/01.atv.13.5.661.

14. Li R., Dunkan B.B., Metcaff P.A., Crouse J.R. 3rd, Sharrett A.R., Tyroler H.A. et al. B-mode-detected carotid artery plaque in a general population. *Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study Investigators. Stroke.* 1994; 25(12): 2377-83. doi:10.1161/01.str.25.12.2377.
15. Joakimsen O., Bonaa K.H., Stensland-Bugge, Jacobsen B.K. Age and sex differences in the distribution and ultrasound morphology of carotid atherosclerosis: The Thoms Study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 1999; 19(12): 3007-13. doi : 10.1161/01.atv.19.12.3007.
16. Mannami T., Konishi M., Baba S., Nishi N., Terao A. Prevalence of asymptomatic carotid atherosclerotic lesions detected by high-resolution ultrasonography and its relation to cardiovascular risk factors in the general population of Japanese city: The Suita study. *Stroke.* 1997; 28(3): 518-25. doi: 10.1161/01.str.28.3.518.
17. Жернакова Ю.В., Кавешников В.С., Серебрякова В.Н., Трубачева И.А., Ощепкова Е.В., Балахонова Т.В. и др. Распространенность каротидного атеросклероза в неорганизованной популяции Томска. *Системные гипертензии.* 2014; 11(4): 37-42.
18. Бритов А.Н., Елисеева Н.А., Деев А.Д., Шальнова С.А. Возможности выявления доклинических форм атеросклероза при проведении периодических медицинских профилактических осмотров в организованных коллективах у работников машиностроительных предприятий. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии.* 2022; 18(2): 165-169.
19. Ахметзянова Э.Х., Бакиров А.Б., Абдрахманова Е.Р., Масыгутова Л.М., Габдулвалеева Э.Ф., Хафизова А.С. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы у работников металлургических предприятий. *Санитарный врач.* 2022; 12: 894.
20. Каримова Л.К., Гимаева З.Ф., Галимова Р.Р., Мулдашева Н.А., Калимуллина Д.Х., Маврина Л.Н. и др. Оценка кардиоваскулярного риска у работников нефтехимических производств и разработка программы профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. *Гигиена и санитария.* 2019; 98(9): 978-983.

References:

1. Pellerito J., Polak J.F. *Introduction to Vascular Ultrasonography*, 6th edition. Elsevier, 2012: 147–157.
2. Artamonova G.V., Maksimov S.A., Tabakaev M.V., Barbarash L.S. Comprehensive assessment of the trend in the dynamics of general and cardiovascular mortality in the constituent entities of the Russian Federation in 2006-2012 by ranking method. *Terapevticheskij arhiv.* 2016; 1: 14-15. (In Russ.)
3. Chumakov N.V., Rahmanov R.S., Trishin V.V., Blinova T.V., Strahova L.A. et al. Significant physical activity as a criterion for the health risk of workers in working conditions that are unfavorable in terms of the severity of the labor process. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya.* 2016; 3: 16. (In Russ.)
4. Ershova A.I., Balahonova T.V., Meshkov A.I., Kucenko V.A., Yarovaya E.B. et al. Prevalence of atherosclerosis of the carotid and femoral arteries among the population of the Ivanovo region: the ATHEROGEN-Ivanovo study. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika.* 2021; 20(5): 266-268. (In Russ.)
5. Filimonov E.S., Korobejkin O.Yu. Atherosclerotic arterial disease in miners with metabolic syndrome. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2022; 62(4): 232-234. (In Russ.)
6. Fedorina M.A., Davydkin I.L., Germanova O.A. Atherosclerosis of the carotid arteries. Clinical significance (literature review). *Vestnik medicinskogo instituta «Reaviz».* 2023; 13(3): 42. (In Russ.)
7. Genkel' V.V., Kuznecova A.S., Lebedev E.V., Salashenko O.A., Pyhova L.R., Sumerkina V.A. et al. Atherosclerosis of the carotid arteries and arteries of the lower extremities in patients 40-64 years old with different cardiovascular risk status. *Profilakticheskaya medicina.* 2023; 26(4): 35-42. (In Russ.)

8. Ershova A.I., Bojcov S.A., Drapkina O.M., Balahonova T.V. Ultrasound markers of preclinical atherosclerosis of the carotid and femoral arteries in assessing cardiovascular risk. *Rossijskij kardiologicheskij zhurnal*. 2018; 23: 92-93. (In Russ.)
9. Zajcev D.E., Trufanov G.E. Possibilities of Doppler ultrasound technique in identifying signs of instability of atherosclerotic plaques of the carotid arteries. *Translyacionnaya medicina*. 2019; 6(3): 36–43. (In Russ.)
10. Kulikova V.V. Ul'trazvukovaya diagnostika sosudistyh zabolevanij: rukovodstvo dlya vrachej. M., 2007: 213. (In Russ.)
11. Gostomzyk J.G., Heller W.D., Gerhardt P., Lee P.N., Keil U. B-scan ultrasound examination of the carotid arteries within a representative population (MONICA Project Augsburg). *Klin Wochenschr*. 1988; 66(Suppl 11): 58-65.
12. Prati P., Vanuzzo D., Casaroli M., Di Chiara A., De Biasi F., Feruglio G.A. et al. Prevalence and determinants of carotid atherosclerosis in a general population. *Stroke*. 1992; 23(12): 1705-11 doi:10.1161/01.str23.12.1705.
13. Willeit J., Kiechl S. Prevalence and risk factors of asymptomatic extracranial carotid artery atherosclerosis. A population-based study. *Arterioscler Tromb*. 1993; 13(5): 661-8. doi:10/1161/01.atv.13.5.661.
14. Li R., Duncan B.B., Metcaff P.A., Crouse J.R. 3rd, Sharrett A.R., Tyroler H.A. et al. B-mode-detected carotid artery plaque in a general population. *Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study Investigators. Stroke*. 1994; 25(12): 2377-83. doi:10/1161/01.str.25.12.2377.
15. Joakimsen O., Bonaa K.H., Stensland-Bugge, Jacobsen B.K. Age and sex differences in the distribution and ultrasound morphology of carotid atherosclerosis: The Thoms Study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 1999; 19(12): 3007-13. doi : 10.1161/01.atv.19.12.3007.
16. Mannami T., Konishi M., Baba S., Nishi N., Terao A. Prevalence of asymptomatic carotid atherosclerotic lesions detected by high-resolution ultrasonography and its relation to cardiovascular risk factors in the general population of Japanese city: The Suita study. *Stroke*. 1997; 28(3): 518-25. doi: 10.1161/01.str.28.3.518.
17. Zhernakova Yu.V., Kaveshnikov V.S., Serebryakova V.N., Trubacheva I.A., Oshchepkova E.V., Balahonova T.V. et al. Prevalence of carotid atherosclerosis in the unorganized population of Tomsk. *Sistemnye gipertenzii*. 2014; 11(4): 37-42. (In Russ.)
18. Britov A.N., Eliseeva N.A., Deev A.D., Shal'nova S.A. Possibilities of identifying preclinical forms of atherosclerosis during periodic medical preventive examinations in organized teams among workers of machine-building enterprises. *Racional'naya farmakoterapiya v kardiologii*. 2022; 18(2): 165-169. (In Russ.)
19. Ahmetzyanova E.H., Bakirov A.B., Abdrahmanova E.R., Masyagutova L.M., Gabdulvaleeva E.F., Hafizova A.S. Assessment of the functional state of the cardiovascular system in workers of metallurgical enterprises. *Sanitarnyj vrach*. 2022; 12: 894. (In Russ.)
20. Karimova L.K., Gimaeva Z.F., Galimova R.R., Muldasheva N.A., Kalimullina D.H., Mavrina L.N. et al. Assessment of cardiovascular risk in workers of petrochemical production and development of a program for the prevention of cardiovascular diseases. *Gigiena i sanitariya*. 2019; 98(9): 978-983. (In Russ.)

УДК 616-089.168.8:331.4:591.21:616-084

ПРЕДИКТОРЫ ВНЕЗАПНОЙ СЕРДЕЧНОЙ СМЕРТИ У РАБОТНИКОВ, ЗАНЯТЫХ НА РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Каримова Л.К.¹, Ауст А.Ю.², Кабирова Э.Ф.¹, Гимаева З.Ф.¹, Мулдашева Н.А.¹, Шаповал И.В.¹, Князева И.Ф.¹, Иванова Д.П.¹

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

²ГБУЗ РБ ГКБ № 5 г. Уфа, Уфа, Россия

Демографическая ситуация, по данным, опубликованным Росстатом, имеет устойчивую тенденцию к уменьшению естественного прироста населения. Текущая ситуация обусловлена низкими показателями рождаемости, повышенным уровнем смертности, который в значительной степени связан с хроническими неинфекционными заболеваниями. Наиболее распространённой причиной смерти являются сердечно-сосудистые заболевания, часть из которых происходит по механизму развития внезапной сердечной смерти.

Цель исследования: изучение распространённости предикторов внезапной сердечной смерти у работников различных предприятий Республики Башкортостан. Комплексное исследование было проведено в два этапа. В ходе первого этапа изучены материалы расследования несчастных случаев со смертельным исходом на рабочем месте от общего заболевания за 2014-2023 годы.

Материалы предоставлены Государственной инспекцией труда по Республике Башкортостан. На следующем этапе проводили анализ данных медицинских осмотров работников, занятых на предприятиях различных отраслей экономики Республики Башкортостан за 2021-2023 годы.

Результаты. В ходе анализа были оценены как производственные, так и непроизводственные факторы риска, оказывающие негативное воздействие на здоровье работников. Медицинский осмотр включал антропометрические измерения (рост, вес, индекс массы тела), лабораторные исследования (уровень холестерина и глюкозы), а также электрокардиографию. Установлено, что за анализируемый период зарегистрировано 562 случая смерти на рабочем месте от общих заболеваний, причиной которых в 93,9% случаев являлись заболевания системы кровообращения. В ходе медицинского обследования выявлена высокая распространённость предикторов внезапной сердечной смерти у работников

различных производств, что обосновывает необходимость разработки мер профилактики внезапной сердечной смерти на рабочем месте, направленных прежде всего, на прогнозирование и раннюю диагностику болезней системы кровообращения, увеличивающих риск внезапной сердечной смерти.

Ключевые слова: сердечно-сосудистые заболевания, предикторы внезапной сердечной смерти, работники, профилактика.

Для цитирования: Каримова Л.К., Ауст А.Ю., Кабирова Э.Ф., Гимаева З.Ф., Мулдашева Н.А., Шаповал И.В., Князева И.Ф., Иванова Д.П. Предикторы внезапной сердечной смерти у работников, занятых на различных производствах. Медицина труда и экология человека. 2025; 1: 37-48.

Для корреспонденции: Каримова Лилия Казымовна – доктор мед. наук, главный научный сотрудник отдела комплексных проблем гигиены и экологии человека ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека, e-mail: iao_karimova@rambler.ru

Финансирование: исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10103>

PREDICTORS OF SUDDEN CARDIAC DEATH AMONG WORKERS OF VARIOUS INDUSTRIES

Karimova L.K.¹, Aust A. Ju.², Kabirova E.F.¹, Gimayeva Z.F.¹, Muldasheva N.A.¹, Shapoval I.V.¹, Knyazeva I.F.¹, Ivanova D.P.¹

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

²GBUZ RB GKB № 5, Ufa, Russia

The demographic situation, according to data published by Rosstat, has a steady downward trend in natural population growth. The current situation is caused by low birth rates and an increased mortality rate, which is largely associated with chronic non-communicable diseases. The most common cause of death is cardiovascular diseases, some of which occur through the mechanism of sudden cardiac death.

The purpose of the study: to study the prevalence of predictors of sudden cardiac death among workers of Bashkortostan various enterprises. The comprehensive study was conducted in two stages. During the first stage, the materials of the investigation of fatal accidents in the workplace from a common disease for 2014-2023 were studied.

The materials were provided by the State Labor Inspectorate of the Republic of Bashkortostan. At the next stage, the data of medical examinations of workers of various sectors of the economy of the Republic of Bashkortostan between 2022 and 2023 was analyzed.

Results. During the analysis, both industrial and non-industrial risk factors that have a negative impact on the health of workers were assessed. The medical examination included anthropometric measurements (height, weight, body mass index), laboratory tests (cholesterol and glucose levels), and electrocardiography. It was found that during the analyzed period, 562 workplace deaths were registered from common diseases, the cause of which in 93.9% of cases were diseases of the circulatory system. A medical examination revealed a high prevalence of predictors of sudden cardiac death among workers in various industries, which justifies the need to develop measures to prevent sudden cardiac death in the workplace, primarily aimed at predicting and early diagnosis of circulatory system diseases that increase the risk of sudden cardiac death.

Keywords: predictors, sudden cardiac death, workers in various industries. prevention, cardiovascular diseases, coronary heart disease, workplace.

For citation: Karimova L.K., Aust A. Ju., Kabirova E.F., Gimayeva Z.F., Muldasheva N.A., Shapoval I.V., Knyazeva I.F., Ivanova D.P. Predictors of sudden cardiac death among workers of various industries. *Occupational health and human ecology*, 2025; 1: 37-48.

Correspondence: Karimova Lilia Kazymovna – Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher of the Department of Complex Problems of Hygiene and Human Ecology at Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, e-mail: iao_karimova@rambler.ru.

Funding. The study did not receive any financial support.

Conflict of interest. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10103>

Согласно данным Росстата, в Российской Федерации (РФ) наблюдается устойчивая тенденция к снижению естественного прироста населения, что обусловлено низким показателем рождаемости и высоким уровнем смертности преимущественно от хронических неинфекционных заболеваний [1]. Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) остаются одной из основных причин смерти среди жителей РФ, часть из которых происходит по механизму развития внезапной сердечной смерти (ВСС) [1]. В связи с этим, выявление основных закономерностей развития ВСС, проведение стратификации риска ее возникновения у лиц трудоспособного возраста, является чрезвычайно актуальной и нерешённой до настоящего времени проблемой [2].

Большинство смертельных исходов при ВСС обусловлено внезапной остановкой сердца [2]. У лиц молодого и среднего возраста причиной развития ВСС являются нарушения сердечного ритма и проводимости сердца, у лиц пожилого возраста ишемическая болезнь сердца (ИБС) [3].

Среди факторов риска ВСС следует выделить генетически обусловленные заболевания, такие как аритмогенные дисплазии правого желудочка (АДПЖ), наследственные нарушения функционирования ионных каналов: синдром удлиненного QT-интервала, синдром укороченного QT-интервала, синдром Бругада. Для всех перечисленных синдромов характерным является высокий риск развития желудочковых аритмий с переходом в фибрилляцию желудочков у пациентов без видимых морфологических изменений миокарда и изменений со стороны сердечно-сосудистой системы [4].

Ряд авторов уделяют особое внимание клиническим проявлениям, свидетельствующим о потенциально опасном течении аритмии. [2]

Наиболее распространённой причиной ВСС среди лиц пожилого возраста является ИБС. К факторам риска ВСС, помимо ИБС, относятся также кардиомиопатии (включая алкогольную кардиомиопатию), миокардиты, врожденные пороки развития сосудов и клапанов сердца, аритмические синдромы и иные заболевания, в совокупности [5].

Довольно часто у пациентов, скончавшихся от внезапной сердечной смерти, были обнаружены признаки дисплазии соединительной ткани, проявляющихся в разнообразных аномалиях костно-мышечной системы [6].

Научными исследованиями установлена прямая зависимость частоты ВСС от возраста и значительное преобладание мужчин среди умерших. В высокоразвитых странах показатели частоты возникновения ВСС, составляют 6,68 на 100 тысяч человек мужского пола и 1,40 на 100 тысяч человек женского пола в год. В структуре общей смертности лиц трудоспособного возраста доля ВСС наиболее значительна в группе лиц в возрасте от 35 до 44 лет [7,8].

Этиологические факторы ВСС у лиц различного возраста отличаются. В возрастной группе от 40 до 50 лет преобладает ишемическая болезнь сердца, составляющая 80-85% от всех заболеваний, при этом половина выявленных случаев связана с острыми формами ИБС [9].

У молодых людей причиной ВСС чаще всего являются наследственные заболевания миокарда и проводящей системы сердца, а также болезнь Марфана [10].

Риск внезапной сердечной смерти определяется комплексной взаимосвязью ишемии, электрической нестабильности миокарда, дисфункции левого желудочка и дисбаланса вегетативной регуляции сердечной деятельности [10-12].

Особое внимание авторы обращают на внезапную сердечную смерть на рабочем месте [13,14]. Прогнозы указывают на увеличение риска ВСС смерти на рабочем месте в ближайшие десятилетия в связи с увеличением напряженности труда, ростом интенсивности нагрузок и стрессовых факторов [15-17].

Исследования показали, что погибшие перевыполняли месячную норму. Несвоевременно выявленная патология может привести к летальному исходу при воздействии стрессорных факторов [18-19].

В связи с участвовавшими случаями ВСС смерти на производстве, выявление ее предикторов среди работников различных производств является актуальной проблемой.

Цель исследования: изучение распространенности предикторов ВСС у работников производств различных видов экономической деятельности РБ.

Материалы и методы. Комплексное исследование включало изучение материалов расследования несчастных случаев со смертельным исходом на рабочем месте от общего заболевания за 2014-2023 годы по данным Государственной инспекции труда в РБ (первый этап).

На втором этапе исследований был проведен комплексный анализ данных периодических медицинских осмотров работников различных производств методом сплошной выборки за 2021-2023 годы. С целью выявления производственных и непроизводственных факторов риска ССЗ и ВСС.

В ходе исследования были оценены как производственные, так и непроизводственные факторы риска. Проведены антропометрические измерения (рост, вес, индекс массы тела (ИМТ), артериальное давление), лабораторные анализы (уровень холестерина, глюкозы) и электрокардиография (ЭКГ).

Для выявления общих факторов риска ССЗ и ВСС было проведено анкетирование работников. Анкета включала вопросы о наличии вредных привычек (курении, употреблении алкоголя), физической активности, наличии хронических заболеваний и приеме лекарственных препаратов.

Также были оценены специфические жалобы: одышка без физической нагрузки, боль в грудной клетке, перебои в работе сердца, приступы учащенного сердцебиения без видимой причины; учитывались анамнестические данные о наследственности.

В рамках обследования были выявлены лица с совокупностью предикторов ВСС. Согласно национальному руководству по ССЗ, к таким предикторам относятся: астеническое телосложение, плоскостопие, жалобы на головокружение, гипотензию, стенокардию, низкое артериальное давление, наличие заболеваний, увеличивающих вероятность ВСС (ИБС, кардиомиопатии и др.), изменения на ЭКГ.

Для оценки вероятности развития фатального события, обусловленного атеросклеротическим поражением артерий в ближайшие 10 лет (инфаркт миокарда, инсульт или другое сосудистое поражение), использовали шкалу SCORE. При расчете суммарного риска учитывали возраст, пол, общий холестерин, курение и артериальную гипертензию.

В исследование были включены 1211 работников предприятий различных видов экономики – мужчины в возрасте от 20 до 65 лет (средний возраст $45,7 \pm 11,8$ лет), со стажем работы от 2 до 50 лет (средний стаж $25,1 \pm 13,1$).

Статистическую обработку результатов проводили с использованием непараметрических методов анализа с помощью программных пакетов Microsoft Excel 2016 и IBM SPSS Statistica v.26.

Результаты. За период с 2014 по 2023 год Государственной инспекцией труда Республики Башкортостан было задокументировано 562 случая смерти работников на рабочем месте от общих заболеваний, произошедших на предприятиях различных отраслей.

Согласно данным анализа, в 93,9% случаев ($n=403$) причиной смерти на рабочем месте являлись заболевания системы кровообращения.

Периодическим медицинским осмотром было охвачено 1211 работников, занятых на различных предприятиях. В ходе анализа медицинской документации установлено, что вредными производственными факторами на рабочих местах обследованных работников, являлись: вибрация - 33,3%, шум - 43,8%, микроклимат 20,2%, химические вещества – 33,4%, аэрозоли - 21,5%, в сочетании с тяжестью - 18,3% и напряженностью труда - 39,0% случаев.

Результаты опроса выявили, что 13,1% работников имеют наследственную патологию сердечно-сосудистой системы, в том числе - нарушение сердечного ритма у родственников – 1,7%, случаи внезапной сердечной смерти в семье - 0,5%, другую патологию сердечно-сосудистой системы - 10,9%. Важно учитывать, что 446 человек или 36,8% из числа обследованных являлись курящими.

Анализа результатов медицинского обследования показал, что нормальное артериальное давление было выявлено у 860 или 71,0%, повышенное - у 336 или 27,7%, пониженное - у 15 или 1,2%, работников. Общий холестерин варьировал от 4,0 до 6,8 ммоль/л, средний уровень составил $5,67 \pm 0,47$ ммоль/л. Низкий уровень риска по SCORE имели 11,4%, средний - 45,7%, высокий - 35,3 %, очень высокий - 7,6% работников.

В ходе антропометрического исследования установлено, что астенический тип телосложения выявлен у 1,3%, высокий рост (выше 180см) имеет 3,2%, низкий индекс массы тела - 4,8%, плоскостопие - 2,4%.

Стоит отметить, что 2,9% из числа обследованных работников предъявляли жалобы на обморочные состояния и обмороки, 1,2% на гипотензию, а 5,6% имели боли по типу стенокардических.

Проведенный анализ ЭКГ при медицинском осмотре выявил - укорочение/удлинение QT у 2,8%, признаки электролитных расстройств наблюдались у 15,1%, нарушение проводимости у 20,7%, желудочковые экстрасистолы у 2,0%, усиление биопотенциалов левого желудочка, гипертрофию левого желудочка у 11,5%, рубцовые изменения у 1,3%.

Суммируя все выявленные предикторы ВСС установлено, что у 63,1% обследованных обнаружен один предиктор, у 9,0% - два, у 4,13% - три, у 0,58% - четыре, у 0,16% - пять, у 0,08% - шесть предикторов.

Установлено, что самым частым сочетанием предикторов являлось: диагноз, связанный с ВСС, изменения на ЭКГ и специфические жалобы, их суммарное количество обнаружено у 3,0% обследуемых лиц. Сочетание астенического телосложения, диагноза, связанного с ВСС и изменения на ЭКГ, встретились всего у 2-х работников (0,16%) (табл. 1).

Таблица 1. Частота сочетания встречаемости предикторов ВСС у работников различных производств (%)

Table 1. Frequency of the Combination of Occurrence of VSS Predictors among Workers in Different Industries (%)

Астеническое телосложение	1,32					
Плоскостопие	0,08	2,43				
Специфические жалобы	0,41	0,51	9,72			
Низкое АД	0,08	0,08	0,08	1,22		
Диагноз, связанный с ВСС	0,25	0,08	4,34	0,08	11,2	
Изменения на ЭКГ	0,66	0,74	4,34	0,25	8,22	53,64
Предикторы	Астеническое телосложение	Плоскостопие	Специфические жалобы	Низкое АД	Диагноз, связанный с ВСС	Изменения на ЭКГ
Предикторы						

Диагноз ишемическая болезнь сердца был установлен с учетом анамнеза у 10,2%, кардиомиопатии у 0,4%, пороки клапанов у 0,16%, аритмические синдромы у 0,4% работников, гипертоническая болезнь при этом составляла 38,9%.

Заключение. В ходе ретроспективного анализа материалов несчастных случаев со смертельным исходом на рабочем месте от общего заболевания установлено, что в 93,9% случаев их причиной являлись заболевания сердечно-сосудистой системы.

При анализе медицинской документации 1211 работников различных предприятий выявлены производственные и непроизводственные факторы риска развития ВСС.

Среди производственных факторов риска наиболее значимыми были шум, вибрация, химические вещества, напряженность труда.

Установлено, что самым частым сочетанием предикторов у обследованных работников являлись: диагноз, связанный с ВСС, изменения на ЭКГ и специфические жалобы, их суммарное количество обнаружено у 3,0% обследуемых лиц. Сочетание астенического телосложения, диагноза, связанного с ВСС и изменения на ЭКГ, встретились всего у 2-х работников (0,16%).

Полученные результаты обосновывают необходимость разработки мер профилактики ВСС на рабочем месте, направленных прежде всего, на прогнозирование и раннюю диагностику болезней системы кровообращения, увеличивающих риск ВСС.

Программы профилактики ВСС должны быть разработаны и реализованы на всех предприятиях и в организациях, независимо от их организационно-правовой формы. При этом необходимо учитывать специфику производства, психоэмоциональные факторы, а также возможности медицинского обслуживания сотрудников.

Профилактические мероприятия должны охватывать широкий спектр направлений:

* Санитарно-гигиеническое обеспечение: создание и поддержание безопасных условий труда.

* Лечебно-профилактические меры: проведение мероприятий по предупреждению и снижению риска развития ВСС.

* Социально-психологическая поддержка: формирование благоприятной социальной и психологической среды в коллективе.

* Пропаганда здорового образа жизни.

Профилактика ВСС должна проводиться как среди всего трудового коллектива, так и среди групп лиц с повышенным риском.

Сотрудники, имеющие факторы риска ВСС, должны быть включены в группу высокого риска и обследованы дополнительно. Это включает стационарное обследование, диспансерное динамическое наблюдение с целью "активного" прогнозирования событий. Необходимо провести анкетирование для определения факторов риска (наследственность, клинические симптомы, вредные привычки,

сахарный диабет), а также дополнительные исследования ЭКГ и ЭХОКГ. При повторном выявлении изменений на ЭКГ целесообразно проведение генетических исследований на наличие генетических полиморфизмов. Сведения о таких работниках должны быть переданы в медицинскую организацию, к которой прикреплен работник, для дальнейшего обследования и лечения в установленном порядке.

Работникам опасных профессий необходимы тщательные предсменные медицинские осмотры с ежедневной регистрацией артериального давления, при необходимости – ЭКГ-исследование. Особое внимание должно быть уделено работникам, выполняющим работы с повышенными физической и психоэмоциональной нагрузками. При этом должна соблюдаться преемственность на всех этапах оказания медицинской помощи

Выполнение программ профилактики позволит снизить количество случаев инвалидности и смертности по причине ССЗ или их осложнений.

Список литературы:

1. Согласно данным Росстата, в Российской Федерации (РФ) наблюдается устойчивая тенденция к снижению естественного прироста населения, доступно по : <https://rosstat.gov.ru/> (Дата обращения:10.11.2024).
2. Качнов В.А. Стратификация, факторы риска развития и алгоритм диагностики внезапной сердечной смерти в общей популяции у лиц молодого и среднего возраста. Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова. 2020; 15(3), Ч. 2:119-123.
3. Ревшвили А.Ш., Попов В.А., Малышенко Е.С. [и др]. Предикторы рецидива фибрилляции предсердий после симультанной операции лабиринт-в и коронарного шунтирования. Вестник аритмологии. 2024; 115(1): 28-38.
4. Самородская И.В., Барбараш О.Л., Кондрикова Н.В., Бойцов С.А. Взаимосвязь социально-экономических факторов и показателей смертности населения. Профилактическая медицина. 2017; 20 (1): 10-14.
5. Bayes de Luna A, Coumel P, Leclercq JF. Ambulatory sudden cardiac death:mechanisms of production of fatal arrhythmia on the basis of data from 157 cases. Am Heart J. 1989; 117: 151 - 159.
6. Al-Khatib SM, Stevenson WG, Ackerman MJ, Bryant WJ, Callans DJ, Curtis AB [et al.] 2017 AHA/ACC/HRS Guideline for Management of Patients With Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death. J Am Coll Cardiol. 2017. 24390; DOI:10.1016/j.jacc.2017.10.054.
7. Зайцев Д.Н. , Василенко П.В. , Говорин А.В., Василенко Е.А., Муха Н.В., Филёв А.П. [и др.] Результаты регистра внезапной сердечной смертности населения Забайкальского края (ЗОДИАК) 2017-2019 гг. Российский кардиологический журнал. 2020; 25 (11): 108-114.
8. Culic V., Turki A.A., Proietti R. Public health impact of daily life triggers of sudden cardiac death: a systematic review and comparative risk assessment. Resuscitation. 2021; 162: 154-162. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2021.02.036.

9. Никулина Н. Н., Якушин С. С. Регистрация заболеваемости и смертности от острых форм ИБС в России: выявление проблем и пути их решения. Российский национальный конгресс кардиологов. М., 2009: 253.
10. Ревешвили А.Ш., Неминуций Н.М., Баталов Р.Е., Гиляров М.Ю., Голицын С. П., Давтян К. В., [и др.] Всероссийские клинические рекомендации по контролю над риском внезапной остановки сердца и внезапной сердечной смерти, профилактике и оказанию первой помощи. Вестник аритмологии. 2017; 89: 1–104.
11. Шляхто Е.В., Арутюнов Г.П., Беленков Ю.Н. Национальные рекомендации по определению риска и профилактике внезапной сердечной смерти. Архив внутренней медицины. 2013; 4 (12): 5-15.
12. Verdecchia P., Angeli F., Cavallini C. Adolfo Aita , Дарио Туртуриелло, Michelantonio De Fano [et al.] Sudden cardiac death in hypertensive patients. Hypertension. 2019; 73(5): 1071-1078. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.12684.
13. Каримова Л.К., Бакиров А.Б., Гимаева З.Ф., Мулдашева Н.А., Шайхлисламова Э.Р., Абдрахманова Е.Р. Внезапная смерть на рабочем месте от общего заболевания. Меры профилактики. Медицина труда и экология человека. 2020; 4: 41-44.
14. Каримова Л.К., Гимаева З.Ф., Астрелина Т.Н., Мулдашева Н.А., Бакиров А.Б., Ахмадуллина Г.Х. Внезапная смерть от болезней системы кровообращения работников предприятий Республики Башкортостан. Гигиена и санитария. 2020; 99(4): 384-389.
15. Алейникова Т. В. Внезапная сердечная смерть: механизмы и причины, факторы риска, возможности лечения и профилактика. Проблемы здоровья и экологии. 2017; 2(52): 11-6.
16. Качнов В.А. Внезапная сердечная смерть у лиц молодого и среднего возраста: состояние проблемы и формирование комплексного подхода в ее профилактике. Кардиология: автореф. дис... д.м.н.: 3.2.20. СПб, 2022: 349.
17. Мулдашева Н.А., Астрелина Т.Н., Каримова Л.К., Шаповал И.В., Гимаева З.Ф., Фагамова А.З., Кабирова Э.Ф., Хафизова А.С. Внезапная смерть на рабочем месте вследствие общего заболевания на предприятиях и в организациях Республики Башкортостан. Медицина труда и промышленная экология. 2022; 62(2): 101-108. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-2-101-108>.
18. Горохова С. Г., Баркан В.С., Гутор Е.М., Лапкина Е. Е., Мурасеева Е.В., Сасонко М.Л. Оценка скрининга для выявления острых сердечно-сосудистых заболеваний вовремя предрейсовых осмотров работников локомотивных бригад. Медицина труда и промышленная экология. 2017; 7: 21-5.
19. Priori S.G., Blomstrom C., Lundqvist, Mazzanti A. Nico Blom, Martin Borggrefe, John Camm, [et al.] /2015 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death. The task force for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death of the European society of cardiology. Eur. Heart J. 2015; 36 (41): 2793– 2867. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv316.

References:

1. According to Rosstat data, there is a steady downward trend in natural population growth in the Russian Federation (RF): <https://rosstat.gov.ru/> (Date of request: 10.11.2024).

2. Kachanov V.A. Sudden cardiac death in young and middle-aged people: the state of the problem and the formation of an integrated approach to its prevention. 3.1.20. Cardiology. The abstract. SPb., 2022 (in Russ.).
3. Revishvili A.Sh., Neminushhij N.M., Batalov R.E. [i dr.] All-Russian clinical guidelines for the control of the risk of sudden cardiac arrest and sudden cardiac death, prevention and first aid. Vestnik aritmologii. 2017; 89: 1–104. (in Russ.).
4. Samorodskaya I.V., Barbarash O.L., Kondrikova N.V., Bojcov S.A. Relationship between socioeconomic factors and mortality rates in the population. Profilakticheskaya medicina. 2017. P. 20. №1. С. 10–14. (in Russ.).
5. Bayes de Luna A, Coumel P, Leclercq JF. Ambulatory sudden cardiac death: mechanisms of production of fatal arrhythmia on the basis of data from 157 cases. Am Heart J. 1989; 117: 151–159.
6. Al-Khatib SM, Stevenson WG, Ackerman MJ, Bryant WJ, Callans DJ, Curtis AB, Deal BJ, Dickfeld T, Field ME, Fonarow GC, et al. 2017 AHA/ACC/HRS Guideline for Management of Patients With Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death. J Am Coll Cardiol. 2017. 24390; DOI:10.1016/j.jacc.2017.10.054.
7. Zajcev D.N., Vasilenko P.V., Govorin A.V., Vasilenko E.A., Muha N.V., Filyov A.P. [i dr.] Results of the register of sudden cardiac mortality of the population of the Trans-Baikal Territory (ZODIAC) 2017–2019. Rossijskij kardiologicheskij zhurnal. 2020; 25 (11): 108–114. (in Russ.).
8. Culic V., Turki A.A., Proietti R. Public health impact of daily life triggers of sudden cardiac death: a systematic review and comparative risk assessment. Resuscitation. 2021; 162: 154–162. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2021.02.036.
9. Nikulina N.N., Jakushin S.S. Registration of morbidity and mortality from acute forms of coronary heart disease in Russia: identification of problems and ways to solve them. Russian National Congress of Cardiologists. Moskva 2009: 253. (in Russ.).
10. Revishvili A.Sh., Neminushhij N.M., Batalov R.E., Gilyarov M.Yu., Golicyn S. P., Davtyan K. V. [i dr.] All-Russian clinical guidelines for the control of the risk of sudden cardiac arrest and sudden cardiac death, prevention and first aid. Vestnik aritmologii. 2017; 89: 1–104. (in Russ.).
11. Shljahto E.V., Arutjunov G.P., Belenkov Ju.N. National guidelines for determining the risk and prevention of sudden cardiac death. Arhiv vnutrennej mediciny. 2013; 4 (12): 5–15. (in Russian).
12. Verdecchia P., Angeli F., Cavallini C. Adolfo Aita, Дарио Туртуриелло, Michelantonio De Fano [et al.] Sudden cardiac death in hypertensive patients. Hypertension. 2019; 73(5): 1071–1078. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.12684.
13. Karimova L.K., Bakirov A.B., Gimaeva Z.F., Muldasheva N.A., Shajhlislamova Je.R., Abdrahmanova E.R. Sudden death in the workplace from a common illness. Preventive measures. Medicina truda i jekologija cheloveka. 2020; 4:41–44. (in Russ.).
14. Karimova L.K., Gimaeva Z.F., Astrelina T.N., Muldasheva N.A., Bakirov A.B., Ahmadullina G.H. Sudden death from diseases of the circulatory system of employees of enterprises of the Republic of Bashkortostan. Gigiena i sanitarija. 2020; 99(4):384–389. (in Russ.).
15. Alejnikova T. V. Sudden cardiac death: mechanisms and causes, risk factors, treatment options and prevention. Problemy zdorov'ja i jekologii. 2017; 2(52): 11–6. (in Russ.).

16. Качнов В.А. Внезапная сердечная смерть у лиц молодого и среднего возраста: состояние проблемы и формирование комплексного подхода в ее профилактике. Кардиология: автореф. дис... д.м.н.: 3.2.20. СПб, 2022: 349.
17. Muldasheva N.A., Astrelina T.N., Karimova L.K., Shapoval I.V., Gimaeva Z.F., Fagamova A.Z., Kabirova Je.F., Hafizova A.S. Sudden death in the workplace due to a common disease in enterprises and organizations of the Republic of Bashkortostan. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija*. 2022; 62(2): 101-108. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-2-101-108>. (in Russ.).
18. Gorokhova S. G., Barkan V.S., Gutor E.M., Lapkina E. E., Muraseeva E.V., Sasonko M.L. Evaluation of screening for the detection of acute cardiovascular diseases during pre-trip inspections of locomotive crew workers. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2017; 7: 21-5 (in Russ.)
19. Priori S.G., Blomstrom C., Lundqvist, Mazzanti A., Nico Blom, Martin Borggrefe, John Camm, [et al.] /2015 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death. The task force for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death of the European society of cardiology. *Eur. Heart J*. 2015; 36 (41): 2793–2867. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv316.

Поступила/Received: 13.09.2024

Принята в печать/Accepted: 25.02.2025

УДК: 616.69-008.14

ОЦЕНКА СЕКСУАЛЬНОГО ЗДОРОВЬЯ МУЖЧИН-РАБОТНИКОВ, ЗАНЯТЫХ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕЙ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД И ПРОЖИВАЮЩИХ В ГОРНОРУДНОЙ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ТЕРРИТОРИИ

Терегулов Б.Ф.¹, Павлов В.Н.¹, Кудашева А.Р.¹, Галимов Ш.Н.¹, Гайнуллина М.К.², Хусаинова А.Х.¹

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

²ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

Снижение показателей сексуального и репродуктивного здоровья мужчин в последние десятилетия является актуальной проблемой и носит глобальный характер. Исследованиями доказана высокая уязвимость мужской репродуктивной системы при воздействии факторов среды обитания – неблагоприятных условий труда и места проживания. Оценка потенциального повреждающего влияния на сексуальное здоровье мужчин-работников рудников, представляющих многочисленную группу горных рабочих, условия труда, которых характеризуются вредным классом (3) 2-3 степени, является актуальной проблемой медицины труда.

Цель исследования. Оценить влияние условий труда на сексуальное здоровье мужчин - работников, занятых подземной добычей полиметаллических руд и проживающих в горнорудной геохимической территории.

Материал и методы. Материалами послужили результаты целевого анонимного сексологического анкетирования в рамках проведенного урологического обследования 118 работников (шахтеров) основных профессий (проходчики, n=64 и машинисты подъемно-доставочных машин, n=54), занятых в рудниках АО «Учалинский горно-обогатительный комбинат» в возрасте 26-50 лет (средний возраст 34,6±1,8 лет), со стажем работы во вредных условиях от 5 до 20 лет (средний стаж 16,3±1,5 лет). В контрольную группу вошли 44 работника ремонтно-механического цеха (слесари) того же предприятия. По условиям проживания и медико-социального обслуживания обследованные группы были репрезентативны.

Для достижения поставленной цели использованы адекватные информативные методы: аналитический, клинический, сексологический, анкетный. Условия труда

охарактеризованы по результатам анализа гигиенических исследований, опубликованных в научной литературе за последние годы.

В рамках урологического обследования с информированного согласия проводился анонимный опрос шахтеров с целью уточнения сексуального анамнеза и самооценки сексуального здоровья. Эректильная дисфункция была объективизирована с помощью опросника IIEF-5, признанного как надежный инструмент объективизации снижения потенции мужчин.

Статистическая обработка выполнена с помощью программы Statistica 10.0.1011. 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 «р» $\leq 0,05$. Рассчитана степень профессиональной обусловленности установленных нарушений.

Результаты. У работников, занятых поземной добычей руд цветных металлов, условия труда которых характеризуются классом 3 (вредные) 2-3 степени, ведущим фактором риска сексуальных расстройств является длительное воздействие на их организм комплекса неблагоприятных факторов, основными из которых являются шум, вибрация, а также тяжесть и напряженность труда, 3-х сменный график, включая ночные смены работы на фоне прямого и/или триггерного участия экологической составляющей, характеризующейся полиэлементным загрязнением среды их обитания, в том числе и с веществами, обладающими репротоксическими свойствами. При экспозиции вредных производственных факторов более 5 лет, частота сексуальных расстройств у горных рабочих достоверно превышает соответствующие показатели в контрольной группе работников (снижение половой активности в 2,1, либидо - 2,7, эректильной функции в 2,4 раза).

Ключевые слова: мужчины-работники, сексуальное здоровье, подземная добыча полиметаллических руд, вредные условия труда, экологическая ситуация, тяжелые металлы.

Для цитирования: Терегулов Б.Ф., Павлов В.Н., Кудашева А.Р., Галимов Ш.Н., Гайнуллина М.К., Хусаинова А.Х. Оценка сексуального здоровья мужчин-работников, занятых подземной добычей полиметаллических руд и проживающих в горнорудной геохимической территории. Медицина труда и экология человека. 2025; 1: 49-63.

Для корреспонденции: Терегулов Булат Филаритович, преподаватель кафедры гигиены труда и профессиональных болезней ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России», e-mail: nlsufa@mail.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10104>

ASSESSMENT OF SEXUAL HEALTH OF MALE WORKERS ENGAGED IN UNDERGROUND MINING OF POLYMETALLIC ORES AND LIVING IN A MINING GEOCHEMICAL AREA

Teregulov B.F.¹, Pavlov V.N.¹, Kudasheva A.R.¹, Galimov SH.N.¹, Gainullina M.K.², Khusainova A.H.¹

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

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

The decline in male sexual and reproductive health in recent decades is a pressing issue and is global in nature. Studies have proven the high vulnerability of the male reproductive system to environmental factors - unfavorable working conditions and place of residence. Evaluation of the potential damaging effect of working conditions characterized by harmful class (3) 2-3 degrees on the sexual health of male mine workers, who represent a large group of mining workers, is a pressing issue in occupational medicine.

Purpose of the study. To assess the impact of working conditions on the sexual health of male workers engaged in underground mining of polymetallic ores and living in a mining geochemical area.

Material and methods. The materials were the results of a targeted anonymous sexological questionnaire within the framework of a urological examination of 118 workers (miners) of the main professions (miners, n=64 and operators of lifting and delivery machines, n=54) employed in the mines of JSC Uchalinsky Mining and Processing Plant aged 26-50 years (average age 34.6±1.8 years), with work experience in harmful conditions from 5 to 20 years (average experience 16.3±1.5 years). The control group included 44 workers of the repair and mechanical shop (fitters) of the same enterprise. In terms of living conditions and medical and social services, the surveyed groups were representative. To achieve the set goal, adequate information methods

were used: analytical, clinical, sexological, questionnaire. Working conditions are characterized based on the results of the analysis of hygienic studies published in the scientific literature in recent years.

As part of the urological examination, an anonymous survey of miners was conducted with informed consent in order to clarify the sexual history and self-assessment of sexual health. Erectile dysfunction was objectified using the IIEF-5 questionnaire, recognized as a reliable tool for objectifying the decrease in male potency.

Statistical processing was performed using the Statistica 10.0.1011 program. Quantitative data are presented as the mean value and standard deviation ($M \pm m$), the statistical significance of differences in two independent groups was determined using the nonparametric method and the Mann-Whitney criterion. The level of statistical significance "p" ≤ 0.05 . The degree of professional determinacy of the established violations was calculated.

Results. In workers engaged in underground mining of non-ferrous metal ores, whose working conditions are characterized by class 3 (harmful) 2-3 degrees, the leading risk factor for sexual disorders is long-term exposure to a complex of unfavorable factors, the main ones being noise, vibration, as well as the severity and intensity of work, a 3-shift schedule, including night shifts against the background of direct and / or trigger participation of the environmental component, characterized by polyelement pollution of their environment, including substances with reprotoxic properties. With exposure to harmful production factors for more than 5 years, the frequency of sexual disorders in miners significantly exceeds the corresponding indicators in the control group of workers (a decrease in sexual activity by 2.1, libido - 2.7, erectile function by 2.4 times).

Keywords: male workers, sexual health, underground mining of polymetallic ores, harmful working conditions, environmental situation, heavy metals.

For citation: Teregulov B.F., Pavlov V.N., Kudasheva A.R., Galimov Sh.N., Gainullina M.K., Khusainova A.H. Assessment of sexual health of male workers engaged in underground mining of polymetallic ores and living in a mining geochemical area. Occupational health and human ecology. 2025; 1: 49-63.

Correspondence: Teregulov Bulat Filaritovich, lecturer at the Department of Occupational Hygiene and Occupational Diseases of the Bashkir State Medical University of the Ministry of Health of Russia, e-mail: nlsufa@mail.ru.

Funding: The study had no financial support.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10104>

Снижение показателей сексуального и репродуктивного здоровья мужчин в последние десятилетия является актуальной проблемой и носит глобальный характер [1]. Многочисленными исследованиями доказана высокая уязвимость мужской репродуктивной системы при воздействии неблагоприятных внешне-средовых факторов, среди которых авторы отмечают негативное влияние вредных условий труда и экологических факторов [2, 3, 4, 5]. Оценка повреждающего влияния на сексуальное здоровье мужчин-работников рудников, представляющих многочисленную группу рабочих горной отрасли, условия труда которых характеризуются в течении длительного времени классом 3 (вредные) 2-4 степени является актуальной проблемой медицины труда [2]. Полученные нами данные позволят разработать научно обоснованные профилактические меры по снижению рисков нарушения репродуктивного здоровья горных рабочих. Эти вопросы не нашли должного освещения в научной литературе, в связи с чем, нами предпринята попытка восполнить этот пробел.

Цель исследования. Оценить влияние условий труда на сексуальное здоровье мужчин, занятых подземной добычей полиметаллических руд и проживающих в горнорудной геохимической территории.

Материал и методы. Материалами послужили результаты изучения показателей сексуального здоровья методом целевого анонимного анкетирования, проведенного в рамках урологического обследования¹ 162 мужчин-работников Учалинского подземного рудника занятые в рудниках АО «Учалинский горно-обогатительный комбинат» (УГОК), где в течении 70 лет ведутся работы по добыче и переработке медно-цинковых колчеданных руд. Основную группу (n=118) составили проходчики (n = 64 чел.) и машинисты подъемно-доставочных машин (n=54) в возрасте 26 – 50 лет ($34,6 \pm 1,8$ лет) со стажем работы от 5 до 20 лет ($16,2 \pm 1,5$ лет). В контрольную группу вошли 44 слесаря ремонтно-механического завода того же предприятия, сопоставимого по возрасту и стажу работы. Критериями включения в исследование явились:

- наличие информированного письменного согласия;
- возраст в диапазоне 26-50 лет;
- стаж в данной профессии не менее 5 лет.

Критериями исключения явились:

¹ Специалисты: врачи-урологи д.м.н. Павлов В.Н., к.м.н. Казихинов А.А., к.м.н. Терегулов Б.Ф.; андролог к.м.н. Громенко Д.С.

- анатомические изменения полового члена;
- травма или операция на органах мочеполовой системы в анамнезе;
- травмы и переломы позвоночника в анамнезе;
- прием гормонов и стимуляторов, влияющих на эректильную функцию;
- сахарный диабет;
- заболевания щитовидной железы;
- избыток массы тела и ожирение (ИМТ более 25 кг/м²);
- курение.

Для достижения поставленной цели был применен комплексный подход с использованием адекватных информативных методов.

Для оценки условий труда горных рабочих использованы данные, приведенные в научных публикациях, выполненные в ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» [7,8]. Описание профессий и технологии добычи руды осуществлено на основании официальных нормативных документов².

Для оценки сексуального здоровья обследованных и выявления формирующих его расстройств, использована методика анонимного опроса, которая считается надежным инструментом объективизации сексуальных расстройств [1, 9]. Были применены два вида опросника - один из них «Анкета для работающих мужчин», разработан нами совместно с сотрудниками ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» (д.м.н. профессор Гайнуллина М.К.). Данный опросник состоит из 81 блока вопросов, позволяющие уточнять соматоневрологический статус респондентов, а также блока - «Половые проблемы» (№74-81) вопросов, позволяющих проводить самооценку сексуального здоровья. Другой опросник применен нами для объективизации у обследованных наличия эректильной дисфункции (ЭД), которая трактуется как продолжающаяся более 6 месяцев неспособность достижения и поддержания эрекции, достаточной для проведения полового акта [1]. Использованный нами валидизированный опросник International Index of Erectile Function - IIEF (шкала Международного индекса эректильной функции (МИЭФ), ее сокращенная версия IIEF-5 - МИЭФ-5, рекомендован для использования, как надежный инструмент для оценки сексуальных расстройств [1, 9, 10].

² Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих (ЕТКС), 2024. Выпуск №4 ЕТКС. Выпуск утвержден Постановлением Минтруда России от 12 августа 2003 г. N 61. Раздел ЕТКС «Общие профессии горных и горнокапитальных работ»

Статистическая обработка выполнена с помощью программы Statistica 10.0.1011. 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 принят $p \leq 0,05$.

Степень профессиональной обусловленности выявленных нарушений и степень их тяжести оценивалась посредством расчета относительного риска (RR), его этиологической доли (EF). При этом степень профессиональной обусловленности считается: малой – при значении $1,0 < RR < 1,4$ и $EF < 33\%$; средней – при $1,5 < RR < 2,0$ и EF – от 33 до 50%; высокой – при $RR > 2,0$ и $EF > 50\%$ [11].

Результаты. В результате деятельности УГОК в геохимической провинции сформировалась природно-техногенная экосистема. Высокую техногенную нагрузку на территории оказывают выбросы обогатительной фабрики и отвалы вскрышных пород, складированных в пределах производственной деятельности предприятия, расположенных в черте г. Учалы [11, 12]. Ведущее гигиеническое значение имеет загрязнение объектов окружающей среды (атмосферный воздух, почва, снежный покров, продуктов питания и др.) высокотоксичными неорганическими соединениями металлов, таких как хром, цинк, кадмий, свинец и др., способных накапливаться в объектах окружающей среды и в биологических тканях и органах [13, 14]. Руды содержат в своем составе более 70 элементов, в том числе 1-2 класса опасности, ряд из которых (Cd, Pb, As, Cr, Zn, Cu, Mn и их соединения) официально внесены в список химических веществ, вредных для репродуктивного здоровья человека (Р 2.2.2006–05, приложение 4) [15].

В ряде работ показано повреждающее действие тяжелых металлов на все звенья репродуктивной системы, влияя на ее гормональную регуляцию, на гонады, сексуальную функцию [5, 17, 18]. Нами, в ранее опубликованных работах, были представлены повышенные уровни в биосредах (волосах) работников подземного рудника содержания репротоксичных элементов, в частности, меди, кадмия, хрома и др., свидетельствующих о накоплении их в организме [19,20], что прогностически представляет риск многогранного токсического повреждения в репродуктивной системе [16].

Работники, занятые подземной добычей полиметаллических руд, подвергаются, как представлено выше, двойному токсическому воздействию, как в условиях производства, так и на территории проживания, связанного со специфическими условиями, характерными для горно-рудного техногенеза.

Подземные работы ведутся на глубине более 500 м без доступа дневного освещения в замкнутом пространстве с применением, вследствие высокой плотности руды, буровзрывных технологий, сопровождающихся образованием пыли сложного химического состава, где содержание двуокиси кремния составляет 3-4%. Среднесменные концентрации пыли находились в пределах 4,28 - 6,75 мг/м³ с превышением ПДК от 1,07 до 1,7 раза. Пыль содержит аэрозоли токсичных металлов. В пробах пыли установлено наличие кадмия 0,13 мкг/м³, свинца 1,6 мкг/м³, меди 26 мкг/м³ и др. [13].

Бурильные установки и машины для доставки горной массы являются источниками шума и вибрации. В подземных рудниках УГОК в последние годы внедряется современная горная техника, вместо ручных перфораторов при бурении шпуров используются буровые установки (типа УБШ-310, УБШ-314) и самоходные буровые установки (типа Бумер-125, Сайдж-2е и др.), а также высокомеханизованная техника («Соло-1008», Соло-1020» и др.). Нагрузка, транспортировка и доставка горной массы к рудоспуску осуществляется погрузочно-доставочными машинами с грузоподъёмностью более 5000 тонн (ПТ-4 и ПНБ-3, электровозы-4,5АРП) а также, погрузочно-доставочные машинами типа «Кавасаки», СТ-6 и т. п.

Несмотря на использование современной высокопроизводительной техники и машин, условия труда обследованных нами горных рабочих остаются неблагоприятными, где ведущее место принадлежит интенсивному широкополосному шуму, сочетающемуся с вибрационным воздействием, тяжестью и напряжённостью труда, неблагоприятному микроклимату. При прочих равных условиях проходчики, обслуживающие буровые установки, подвергаются воздействию локальной вибрации через руки, а машинисты, управляющие крупной горной техникой по транспортировке руды подвергаются как локальной, через рукоятки управления машин, так и общей- транспортно-технологической вибрации через сиденье машин непосредственно на органы тазового дна, наружные половые органы и позвоночник.

Подземные работы обуславливают высокие психоэмоциональные нагрузки - присутствует опасность обрушения горных пород с угрозой для жизни и здоровья работников, работы по трехсменному графику с ночной сменой.

Условия труда работников, занятых подземной добычей полиметаллических руд, по степени вредности и опасности факторов производственной среды и трудового

процесса, оценены как вредные 2-3 степени 3 степени (3.3 - 3.2) [8, 15]. У работников контрольной группы условия труда были допустимые (2 класс).

По заключениям отечественных экспертов, условия труда работников горнорудных предприятий, особенно работников рудников, характеризующихся классом 3 (вредные) 2-4 степени, обуславливают раннее истощение функциональных систем организма, повышенную частоту развития общих и профессиональных заболеваний, а также формируют тенденцию увеличения случаев смерти на рабочем месте, в основном от болезней сердечно-сосудистой системы [2, 6, 24].

При условиях труда с высокими уровнями профессионального риска, высокочувствительная к воздействию неблагоприятных факторов, репродуктивная система шахтеров не может оставаться интактной, что показано результатами наших исследований.

По результатам целевого анонимного сексологического опроса, каждый четвертый опрошенный шахтер отметил снижение полового влечения (либидо), а каждый третий - ослабление эрекции. На вопрос в анкете: «Есть ли у Вас проблемы в сексуальной сфере?», шахтеры утвердительно ответили в два раза чаще, чем работники контрольной группы ($43,21 \pm 4,56\%$ против $20,45 \pm 6,45\%$, $p < 0,01$), выделяя при этом снижение частоты половых актов, обуславливающие психо-сексуальный дискомфорт в отношениях с партнёршей. По их мнению, на данную ситуацию оказывает влияние 3-х сменный график работы и хроническая усталость. В целом, представленные данные свидетельствуют о гипосексуальном поведении, т.е. о достоверном снижении сексуальной активности горных рабочих по сравнению с контрольной группой. Субъективная оценка опрошенными расстройств в сексуальной сфере представлена в таблице 1.

Таблица 1. Частота сексуальных расстройств по результатам анонимного опроса горных рабочих, M+m %

Table 1. Frequency of Sexual Disorders Based on the Results of an Anonymous Survey of Mine Workers, M+m%

Проявления сексуальных расстройств	Основная группа, n = 118	Контрольная группа, n = 44	p
Снижение сексуальной активности	43,2±4,56	20,45±6,08	<0,01
Снижение либидо	24,6±3,96	9,09±2.1	<0,05
Ослабление эрекции	31,65±5,6	13,63±5,16	<0,05

При опросе было уточнено, что наиболее неблагоприятное влияние на их половую функцию оказывают вибрация (63,6%), напряженность и тяжесть труда (58,5%), а также трехсменный график работы (46,6%), нарушающий режим сна и отдыха, и влияющий на возможность реализации интимной близости.

Оценка наличия эректильной дисфункции по шкале МИЭФ-5 позволила констатировать, что она среди работников основной группы имеет место значительно чаще, чем в контрольной группе, соответственно - $48,3 \pm 4,60$ и $20,3 \pm 6,06\%$ ($p < 0,001$) и характеризуется более выраженной степенью ее тяжести. В данной ситуации, важным было оценить наличие связи негативного влияния условий труда с развитием сексуальной дисфункции различной степени тяжести у горных рабочих, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты оценки у горных рабочих эректильной дисфункции по шкале МИЭФ-5 и степени их профессиональной обусловленности

Table 2. Results of the evaluation of erectile dysfunction in mine workers using the IIEF-5 scale and the degree of its occupational determination

Степень тяжести эректильной дисфункции по шкале МИЭФ-5, в баллах	Обследованные группы, (%±м)			RR, относительный риск	EF, этиологическая доля, %	Степень профессиональной обусловленности
	Горные рабочие, n=118	Контр. группа, n=44	p			
Отсутствие, 22-25	$51,69 \pm 4,60$	$75,0 \pm 6,53$	$>0,05$	1,45	31	малая
Легкая степень, 17-21	$11,02 \pm 2,88$	$13,64 \pm 5,17$	$>0,05$	1,23	18,7	нет
Умеренная степень, 12-16	$19,49 \pm 3,65$	$9,09 \pm 4,33$	$<0,05$	2,1	52,38	высокая
Средне-тяжелая и тяжелая степень, 5-11	$17,80 \pm 3,52$	$2,27 \pm 2,24$	$<0,001$	7,84	87,24	очень высокая

Как видно, из данных таблицы 2, из числа опрошенных по опроснику МИЭФ-5 горнорабочих нормальная эректильная функция сохранена у половины, что значительно реже, чем в контрольной группе ($p < 0,05$). При этом дисфункция легкой степени была объективизирована в равной степени, как у работников основной группы, так и в контроле, соответственно - у 11,0 и 13,64% опрошенных. В то же время, умеренная степень эректильной дисфункции у горных рабочих, преобладая над частотой данных контрольной группы более чем в 2 раза ($p < 0,05$), имела высокую степень профессиональной обусловленности. Средне-тяжелая и

тяжелая степень была выявлена у шахтеров с большой долей вероятности в 8 раз чаще ($p < 0,001$), чем в контрольной группе. При этом установлена их профессиональная обусловленность очень высокой степени.

Обсуждение. Результаты проведенного исследования позволяют констатировать, что на организм горных рабочих, жителей экологически неблагополучной горнорудной территории в условиях добычи руд цветных металлов подземным способом, воздействует комплекс факторов взаимо-потенцирующего и взаимо-отягчающего действия, представляющих риск для сексуального здоровья.

Известно, что шумо-вибрационное воздействие, как стресс - патогенный фактор, вызывает системное нарушение в организме - расстройство сосудистой и нейроэндокринной регуляции с развитием каскада гормональных, метаболических, трофических нарушений. На этом фоне нефизиологичные для организма вибрационные механические микроудары, особенно, общей вибрации сотрясением органов малого таза, травматизацией крестцово-копчикового отдела позвоночника, тесно связанный с органами малого таза, воспринимаемые машинистами через сиденье машин, способны вызвать непосредственное повреждающее действие на кровоснабжение и трофику половых органов. Они способны вызвать системную и локальную микроангиопатию и сенсорные расстройства, отнесенные к наиболее стойким и манифестным проявлениям вибрационного стресс-фактора [21, 23]. Присутствие металлов с репротоксичными свойствами в среде обитания и их идентификация в биосредах обследованных, могут рассматриваться как отягощающий фактор нарушения сексуального здоровья. Отдельные авторы отмечают, что токсичные металлы оказывают повреждающее воздействие на все звенья репродуктивной системы, влияя на гормональную регуляцию через гипоталамо-гипофизарно-тестикулярную ось, так и оказывая непосредственное токсическое влияние на гонады [5,18].

Полученные данные позволяют констатировать, что горные рабочие, проживающие на территории эколого-гигиенического неблагополучия и занятые во вредных условиях труда на современных предприятиях по добыче руд цветных металлов подземным способом, представляет группу повышенного риска для сексуального здоровья, в частности - развития эректильной дисфункции, которая является дебютом репродуктивной недееспособности.

Выводы. Ведущим этиопатогенетическим фактором снижения показателей сексуального здоровья у работников, занятых подземной добычей полиметаллических руд, условия труда которых характеризуются классом 3

(вредные) 2-3 степени, является длительное воздействие на их организм комплекса неблагоприятных факторов (шум, вибрация, микроклимат, тяжесть и напряженность труда- сенсорные и эмоциональные нагрузки, риски для здоровья и жизни, 3-х сменный график работы на фоне накопления в биологических средах организма (волосах) металлов с репротоксичными свойствами), что подтверждается статистически значимым превышением частоты сексуальных расстройств среди обследованного контингента горнорабочих со стажем работы более 5 лет по сравнению с данными работников контрольной группы.

Эректильная дисфункция легкой и умеренной степени у горнорабочих по частоте не имеет достоверных различий по сравнению с контрольной группой, а средне-тяжелая и тяжелая степени – превышают этот показатель почти в 8 раз ($p < 0,01$), при этом профессиональная их обусловленность имеет очень высокую степень (RR-7,8, EF-87%).

Полученные нами данные позволят разработать научно обоснованную стратегию профилактических мер по охране сексуального и репродуктивного здоровья горных рабочих, что укладывается в положение о корпоративных программах профилактики нарушений репродуктивного здоровья в области медицины труда [25].

Список литературы:

1. EAU Guidelines on Sexual and Reproductive Health//European Association of Urology, 2024.p 264
2. 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;1(7):424-429.
3. Репродуктивное здоровье мужчин в условиях воздействия сложного комплекса вредных профессиональных и экологических факторов. Зайцев В.А., Цепкова Г.А., Говердовский Ю.Б.// Журнал Врач №8 Том 31, 2020 г.
4. Бабанов, С.А. Влияние Локальной и общей вибрации на репродуктивное здоровье мужчин / С.А. Бабанов, О.В. Косарева, Е.В. Воробьева // Гигиена и санитария. 2012. №1. С. 27-29.
5. Mitra, S., Varghese, A. C., Mandal, S., Bhattacharyya, S., Nandi, P., Rahman, S. M., Kar, K. Saha, R., Roychoudhury, S., Murmu, N. (2020). 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* (Elmsford, N.Y.), 98, 134-148.
6. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Руководство Р.2.2.2006-05. М., 2005: 2-144.
7. 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: ООО «Принт-2». 2016: 335.

8. Шайхлисламова Эльмира, Каримова Л. К., Мулдашева Н. А. Профессиональный риск нарушений здоровья работников предприятий по добыче полиметаллических руд подземным способом // Медицина труда и промышленная экология. 2019. 9. 107-115.
9. Rosen R, Riley A, Wagner G, et al. The International Index of Erectile Function (IIEF): A multidimensional scale for assessment of erectile dysfunction. *Urology*, 1997, 49: 822-830.
10. Montorsi, F., et al. Summary of the recommendations on sexual dysfunctions in men. *J Sex Med*, 2010. 7: 3572.
11. Профессиональный риск: справочник /под ред. Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова. – М.: Социздат, 2001: 267.
12. Абдрахманов И. А. и др. Перспективы повышения полноты и комплексности освоения месторождений // Недропользование XXI век. – 2009. – №. 3. – С. 28-32.
13. Чадченко А. В. О состоянии и перспективах развития минерально-сырьевой базы ОАО "Учалинский ГОК" // Металлогения древних и современных океанов. – 2006. – №. 1. – С. 78-81.
14. Терегулова З. С. и др. Ксенобиальная нагрузка у жителей техногенно-трансформированной провинции и риски нарушения их здоровья // . – 2013. – С. 199.
15. 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: 387-390.
16. Marcela Arteaga-Silva, Edith Arenas-Rios, Herlinda Bonilla-Jaime, Pablo Damian-Matzumura, Ofelia Limon-Morales, Joel Hernandez-Rodriguez, Darla Marquez-Aguiluz. Neuroendocrine effects of cadmium exposure on male reproductive functions. *Front Biosci (Landmark Ed)* 2021 Jan 1;26(2):286-326. doi: 10.2741/4895.
17. Cai, L. , Jiang, M. , Zeng, M. , Xing, W. , Wen, Y. and Zhang, B. (2014) Age-Specific Clinical Features of Erectile Dysfunction. *Health*, 6, 938-942.
18. Reis, M.M.; Moreira, A.C.; Sousa, M.; Mathur, P.P.; Oliveira, P.F.; Alves, M.G. Sertoli cell as a model in male reproductive toxicology: Advantages and disadvantages. *J. Appl. Toxicol.* 2015, 35, 870-883.
19. 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. Уфа. 2015. 3: 103-106.
20. 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: 78-89.
21. Гоголева О.И., Малютин Н.Н.. Механизмы нарушения гомеостаза, индуцированного стресс-вибрационным повреждением // Медицина труда и промышленная экология. 2000. 4: 20-32.
22. Клинические рекомендации. Воздействие вибрации (Вибрационная болезнь). 2024.- 109 с. Москва.
23. Сухаревская Т.М., Ефремов А.В., Непомнящих Г.И. и др. Микроангио- и висцеропатии при вибрационной болезни. Новосибирск, 2000. 238.
24. Чеботарёв А.Г. Специальная оценка условий труда работников горнодобывающих предприятий. // Горная промышленность. 2019. №1 (143).
25. Фесенко М.А., Рыбаков И.А. О необходимости разработки корпоративных программ профилактики нарушений репродуктивного здоровья в области медицины труда. // Медицина труда и промышленная экология, 2015; 9: 147-148.

References:

1. EAU Guidelines on Sexual and Reproductive Health//European Association of Urology, 2024.p 264
2. Bukhtiyarov I.V., Chebotarev A.G., Kuryerov N.N., Sokur O.V. Topical issues of improving working conditions and maintaining the health of workers in mining enterprises. // Occupational Medicine and Industrial Ecology. 2019;1(7):424-429.
3. Reproductive health of men under the influence of a complex of harmful professional and environmental factors. Zaitsev V.A., Tsepkova G.A., Goverdovsky Yu.B.// Journal Doctor No. 8 Volume 31, 2020
4. Babanov, S.A. The Impact of Local and General Vibration on the Reproductive Health of Men / S.A. Babanov, O.V. Kosareva, E.V. Vorobyova // Hygiene and Sanitation. 2012. No. 1. P. 27-29.
5. Mitra, S., Varghese, A. C., Mandal, S., Bhattacharyya, S., Nandi, P., Rahman, S. M., Kar, K. Saha, R., Roychoudhury, S., Murmu, N. (2020). 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* (Elmsford, N.Y.), 98, 134-148.
6. Guide to hygienic assessment of working environment factors and work process. Criteria and classification of working conditions. Guide P.2.2.2006-05. M., 2005: 2-144.
7. Karimova L.K., Serebryakov P.V., Shaykhlislamova E.R., Yatsyna I.V. Professional risks of health disorders of workers engaged in the extraction and processing of polymetallic ores. Ufa-Moscow: OOO Print-2. 2016: 335.
8. Shaykhlislamova Elmira, Karimova L.K., Muldasheva N.A. Professional risk of health disorders of workers of enterprises engaged in the extraction of polymetallic ores by underground methods // Occupational Medicine and Industrial Ecology. 2019. 9. 107-115.
9. Rosen R, Riley A, Wagner G, et al. The International Index of Erectile Function (IIEF): A multidimensional scale for assessment of erectile dysfunction. *Urology*, 1997, 49: 822-830.
10. Montorsi, F., et al. Summary of the recommendations on sexual dysfunctions in men. *J Sex Med*, 2010.7: 3572.
11. Professional risk: handbook / edited by N.F. Izmerov, E.I. Denisov. - M.: Sotsizdat, 2001: 267.
12. Abdrakhmanov I.A. et al. Prospects for increasing the completeness and complexity of deposit development // Subsoil use of the XXI century. - 2009. - No. 3. - P. 28-32.
13. Chadchenko A.V. On the state and prospects for the development of the mineral resource base of OJSC «Uchalinsky GOK» // Metallogenesis of ancient and modern oceans. - 2006. - No. 1. - P. 78-81.
14. Teregulova Z. S. et al. Xenobial load in residents of a technogenically transformed province and the risks of deterioration in their health // . - 2013. - P. 199.
15. Allayarova G. R., Kurilov M. V., Adieva G. F., Larionova T. K., Afon'kina S. R., Usmanova E. N. Hygienic assessment of the level of heavy metals in the blood of residents of a mining region. *Epoch of Science*. 2023; 36: 387-390.
16. Marcela Arteaga-Silva, Edith Arenas-Rios, Herlinda Bonilla-Jaime, Pablo Damian-Matzumura, Ofelia Limon-Morales, Joel Hernandez-Rodriguez, Darla Marquez-Aguiluz. Neuroendocrine effects of cadmium exposure on male reproductive functions. *Front Biosci (Landmark Ed)* 2021 Jan 1;26(2):286-326. doi:10.2741/4895.
17. Cai, L., Jiang, M., Zeng, M., Xing, W., Wen, Y. and Zhang, B. (2014) Age-Specific Clinical Features of Erectile Dysfunction. *Health*, 6, 938-942.
18. Reis, M. M.; Moreira, A.C.; Sousa, M.; Mathur, P. P.; Oliveira, P. F.; Alves, M. G. Sertoli cell as a model in male reproductive toxicology: Advantages and disadvantages. *J. Appl. Toxicol.* 2015, 35, 870-883.

19. Pavlov V.N., Bekmukhambetov E.Zh., Teregulova Z.S., Mamyrbayev A.A., Teregulov B.F., Ishemgulov R.R. On the assessment of the reproductive health of men living and working in conditions of mining technogenesis. // Medical Bulletin of Bashkortostan. Ufa. 2015. 3: 103-106.
20. Teregulov B.F., Teregulova Z.S., Gainullina M.K., Kudasheva A.R. Identification of reprotoxic elements in the bioenvironments of miners engaged in the extraction of non-ferrous metal ores. // Occupational Medicine and Human Ecology. 2022. 4: 78-89.
21. Gogoleva O.I., Malyutina N.N. Mechanisms of homeostasis disturbance induced by stress-vibration damage // Occupational Medicine and Industrial Ecology. 2000. 4: 20-32.
22. Clinical guidelines. Exposure to vibration (Vibration disease). 2024. - 109 p. Moscow.
23. Sukharevskaya T.M., Efremov A.V., Nepomnyashchikh G.I. et al. Microangio- and visceropathies in vibration disease. Novosibirsk, 2000. 238.
24. Chebotarev A.G. Special assessment of working conditions of workers in mining enterprises. // Mining industry. 2019. No. 1 (143).
25. Fesenko M.A., Rybakov I.A. On the need to develop corporate programs for the prevention of reproductive health disorders in the field of occupational medicine. // Occupational Medicine and Industrial Ecology, 2015; 9: 147-148.

Поступила/Received: 05.02.2025

Принята в печать/Accepted: 28.02.2025

УДК 613.96

АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ СТУДЕНТОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Хусаинов А.Э.¹, Зулькарнаев Т.Р.¹, Бакиров А.Б.³, Мочалкин П.А.^{1,2}, Поварго Е.А.¹,
Митченкова С.В.¹, Воскресенская Е.К.¹

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

²ГБУЗ «Республиканский центр дезинфекции», Уфа, Россия

³ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

Качество жизни - это совокупная характеристика удовлетворенности людей своей жизнью. Изучение качества жизни современных студентов является актуальной проблемой, решение которой позволит в совокупности факторов оценить состояние их здоровья и самочувствия на разных этапах обучения, выявить основные риски и разработать научно обоснованные профилактические мероприятия.

Цель: изучить качество жизни студентов медицинского вуза и дать анализ влияния физической активности различного уровня на исследуемые показатели.

Материалы и методы: Было обследовано 700 студентов медицинского университета. По международному опроснику IPAQ студенты были разделены на группы: с высокой, средней и низкой физической активностью. Для оценки качества жизни использовался опросник MOS SF-36.

Результаты. По результатам проведенного исследования было установлено, что качество жизни студентов, имеющих высокий, средний или низкий уровень физической активности достоверно различается по многим параметрам.

Ключевые слова: студенты; физическая активность; качество жизни; физический и психологический компоненты здоровья, международные опросники IPAQ и MOS SF-36.

Для цитирования: Хусаинов А.Э., Зулькарнаев Т.Р., Бакиров А.Б., Мочалкин П.А., Поварго Е.А., Митченкова С.В., Воскресенская Е.К. Анализ изменчивости качества жизни студентов под влиянием различного уровня физической активности. Медицина труда и экология человека. 2025; 1: 64-74.

Для корреспонденции: Хусаинов Артур Эдуардович, доцент кафедры гигиены ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, Уфа, Россия; e-mail: arhtur.khusainov.1994@gmail.com.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10105>

ANALYSIS OF THE VARIABILITY OF THE QUALITY OF LIFE OF STUDENTS UNDER THE INFLUENCE OF DIFFERENT LEVELS OF PHYSICAL ACTIVITY

Khusainov A.E.¹, Zulkarnaev T.R.¹, Bakirov A.B.³, Mochalkin P.A.^{1,2}, Povargo E.A.¹, Mitchenkova S.V.¹, Voskresenskaya E.K.¹

¹Bashkirian State Medical University, Ufa, Russia

²Republican Disinfection Center, Ufa, Russia

³Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

Quality of life is a cumulative characteristic of people's satisfaction with their lives. The study of the quality of life of modern students is an urgent problem, the solution of which will allow a combination of factors to assess the condition of students at different stages of education, identify the main risks and develop scientifically based measures to preserve and prevent their health and better study at the university.

The purpose of the study is to analyze the quality of life of medical university students and evaluate the impact of physical activity of different intensities on the studied parameters.

Materials and methods: 700 students of the medical university were examined. According to the international IPAQ questionnaire, students were divided into groups: with high, medium and low physical activity. The MOS SF-36 questionnaire was used to assess the quality of life.

Results. According to the results of the study, it was found that the quality of life of students with high, medium or low levels of physical activity significantly differs.

Keywords: students; physical activity; quality of life; physical and psychological components of health, international questionnaires IPAQ and MOS SF-36.

For citation: Khusainov A.E., Zulkarnaev T.R., Bakirov A.B., Mochalkin P.A., Povargo E.A., Mitchenkova S.V., Voskresenskaya E.K. Analysis of the variability of the quality of life of students under the influence of different levels of physical activity. Occupational health and human ecology. 2025; 1: 64-74.

Correspondence: Artur E. Khusainov, associate professor at Department of Hygiene, Bashkirian State Medical University, Ufa, Russia; e-mail: arthtur.khusainov.1994@gmail.com.

Funding: the study had no financial support.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10105>

В современном научном сообществе активно набирает популярность особая область исследований, сосредоточенная на оценке качества жизни различных групп населения. Главной задачей этого направления является восстановление, поддержание и укрепление здоровья всех слоев общества. В публикациях ряда авторов обращается пристальное внимание на студенческую молодежь, жизнедеятельность которой существенно отличаются от соответствующих показателей других социальных групп. Поступление в высшее учебное заведение приводит к изменениям в привычном ритме жизни, что требует от студентов адаптации к новым условиям, как в быту, так и в учебном процессе. Обучающиеся, как в технических, так и гуманитарных вузах имеют значительную умственную и эмоциональную нагрузку, недостаточность времени для активного отдыха и занятий спортом, полноценного ночного сна [1-3].

Имеются данные, что многие студенты ограничиваются только посещением обязательных по расписанию уроков физкультуры, и лишь небольшое число обследуемых указали на регулярные занятия в спортивных секциях, фитнес клубах, пешие прогулки («скандинавская ходьба»), утреннюю гимнастику или просто подвижные игры на открытом воздухе. Что касается будущих врачей и медработников среднего звена, значительный дефицит времени в их режиме дня занимают поездки из одной клинической базы в другую, расположенных часто довольно далеко друг от друга [4-12].

Низкий уровень физической активности, несоблюдение режима дня и отдыха, а также продолжительное пребывание в социальных сетях и увлечение компьютерными играми существенно снижают качество питания, способствуют росту заболеваемости и в целом способствуют ухудшению качества жизни студенческой молодежи [13,14].

Цель работы – изучить характер влияния физической активности различной степени на качество жизни студентов медицинского вуза.

Материалы и методы. Исследование было проведено на базе Башкирского государственного медицинского университета, в котором участвовали 700 студентов из лечебного и педиатрического факультетов. Для оценки уровня физической активности использовался опросник IPAQ. В зависимости от показателей MET (метаболический эквивалент) были разделены на три группы физической активности: с высоким, средним и низким уровнем [15].

Для изучения качества жизни студентов был применен универсальный опросник MOS SF-36, который состоит из 36 вопросов и включает в себя восемь шкал для оценки качества жизни. Более высокие показатели шкал свидетельствуют о более высоком качестве жизни у обследуемых [16].

Для анализа полученных данных была использована программа Statistica версии 13.0. Для проверки предположения о том, как физическая активность влияет на качество жизни, был применен метод однофакторного дисперсионного анализа (One-Way ANOVA). В качестве критического уровня значимости использовали $p < 0,05$.

Результаты. Как показано в таблице 1, качество жизни студентов, имеющих высокий, средний или низкий уровень физической активности, существенно различается по большинству шкал опросника MOS SF-36. Так, баллы по физическому компоненту здоровья (PHсумм) у студентов, имеющих различный уровень физической активности статистически значимо различаются (критерий $F=4,111$, уровень значимости различий $p < 0,05$).

Переходя к анализу материалов, полученных по психологическому компоненту здоровья, выяснилось, что качество жизни студентов с различным уровнем физической активности достоверно различаются (критерий $F = 11,188$, а уровень значимости различий составил $p < 0,001$). В особенности, группы студентов с разным уровнем физической активности значительно отличаются по показателям психологического компонента, таким как VT - жизненная активность (критерий $F=11,741$, $p < 0,001$) и RE - ролевое эмоциональное функционирование (критерий $F=8,336$, $p < 0,001$).

Таблица 1. Однофакторный дисперсионный анализ между уровнями физической активности и качеством жизни студентов

Table 1. One-factor analysis of variance between the levels of physical activity and the quality of life of students (in general)

Источник вариации (между группами)	SS	df	MS	F	p
PH _{сумм}	305,33	2	37,132	4,11140	p<0,05
MH _{сумм}	2598,70	2	116,131	11,18868	p<0,001
PF	2261,55	2	143,208	7,89602	p<0,001
RP	260,33	2	1051,232	0,12382	
BP	5526,44	2	499,227	5,53500	p<0,01
GH	10546,40	2	314,760	16,75311	p<0,001
VT	8218,70	2	349,971	11,74197	p<0,001
SF	4877,19	2	426,078	5,72336	p<0,01
RE	24614,91	2	1476,369	8,33630	p<0,001
MH	3784,72	2	369,478	5,12171	p<0,01

PH_{сумм} – физической компонент здоровья; MH_{сумм} – психологический компонент здоровья; PF - Физическое функционирование; RP - ролевое функционирование; BP - интенсивность боли; GH - общее состояние здоровья; VT - жизненная активность; SF - социальное функционирование; RE - ролевое эмоциональное функционирование; MH - психическое здоровье.

В таблице 2 представлены результаты однофакторного дисперсионного анализа между показателями качества жизни и уровнем физической активности в зависимости от пола студентов.

Таблица 2. Однофакторный дисперсионный анализ между уровнями физической активности и качеством жизни студентов (в зависимости от пола)

Table 2. One-factor analysis of variance between the levels of physical activity and the quality of life of students (depending on the gender)

Источник вариации (между группами)	SS	df	MS	F	p
Девушки					
PH _{сумм}	182,22	2	91,11	2,55545	
MH _{сумм}	2416,47	2	1208,23	10,22806	p<0,001
PF	1778,90	2	889,45	7,45895	p<0,001
RP	466,29	2	233,15	0,23669	
BP	2220,46	2	1110,23	2,18378	
GH	7348,48	2	3674,24	11,81865	p<0,001
VT	6325,65	2	3162,83	8,84730	p<0,001
SF	1895,08	2	947,54	2,08761	
RE	31700,29	2	15850,15	11,22892	p<0,001
MH	3904,45	2	1952,22	5,23394	p<0,01
Юноши					
PH _{сумм}	155,564	2	77,782	1,857445	
MH _{сумм}	722,500	2	361,250	3,523025	p<0,05
PF	528,744	2	264,372	1,221016	
RP	421,780	2	210,890	0,167063	
BP	2505,223	2	1252,611	2,590157	
GH	3851,836	2	1925,918	5,877952	p<0,01
VT	4840,818	2	2420,409	8,673641	p<0,001
SF	3660,047	2	1830,024	5,211926	p<0,01
RE	2103,820	2	1051,910	0,644851	
MH	1244,131	2	622,065	1,837778	

Примечание: SS – сумма квадратов; df – степени свободы; MS – средний квадрат (дисперсия); F – F-статистика Фишера (фактическое значение); p – значимость критерия Фишера (критерий является значимым, если величина данного параметра менее 0,05).

Как видно, у студентов-девушек имеются статистически значимые различия качества жизни по отдельным шкалам физического и по большинству шкал психологического компонента опросника MOS SF-36. Показатель психологического компонента здоровья в группах девушек с разным уровнем физической активности достоверно различаются (критерий $F=10,228$, $p<0,001$). Схожие результаты наблюдались в выборках юношей: баллы психологического компонента здоровья значимо различаются (критерий $F=3,523$, $p<0,05$) (таблица 2).

Обсуждение. Необходимость изучения качества жизни студентов очевидна, что подтверждается множеством исследований и научных публикаций из различных

областей. Важные задачи, касающиеся правильной интерпретации, индивидуальной оценки и корректировки качества жизни студентов, продолжают оставаться значимыми для профилактических мероприятий [17]. Многие исследователи согласны с тем, что одним из ключевых критериев качества жизни является собственная оценка удовлетворенности определенными аспектами жизни [18-21].

Связь между уровнем физической активности и качеством жизни студентов очевидна. В этой связи представляют интерес исследования, которые рассматривают гигиенические аспекты физической активности и физического развития студентов. Многочисленные работы подчеркивают тот факт, что студенты с высоким уровнем физической активности показывают лучшие результаты в аспектах жизненной активности, общего здоровья, а также физического и социального благополучия в сравнении с их сверстниками, которые ведут менее активный образ жизни [22-25].

В работе ряда исследователей было выявлено, что учащиеся, регулярно занимающиеся физической активностью или выполнявшие утреннюю гимнастику на протяжении восьми недель, продемонстрировали положительные изменения в психоэмоциональном состоянии и улучшение качества сна [26].

Наши исследования подтверждают выводы других авторов, которые отмечают, что достаточный уровень физической активности значительно улучшает качество жизни [7]. В этой работе установлено, что среди студентов, которые не занимаются спортом, отмечается большое количество людей, демонстрирующих низкие значения качества жизни.

Заключение. По результатам проведенного исследования была доказана гипотеза о степени уровня физической активности на качество жизни студентов медицинского университета. Установлено, что качество жизни студентов, имеющих высокий, средний или низкий уровень физической активности значительно различается ($p < 0,05$). Важно усилить меры по психологической поддержке и гигиеническому обучению студентов, начиная с их начального этапа адаптации к учебному процессу в университете.

Список литературы:

1. Кузьмин А.Н. Качество жизни студентов медицинского вуза во время пандемии COVID-19. Forcipe. 2022; Т. 5: S3: 564.
2. Попов В.И., Милушкина О.Ю., Судаков Д.В., Судаков О.В. Особенности образа жизни и здоровья студентов в период дистанционного обучения. Здоровье населения и среда обитания. 2020; (11): 14-21. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-332-11-14-21
3. Шутова М.И., Озорнин М.А. Влияние постковидного синдрома на качество жизни студентов пермского государственного медицинского университета. Аллея науки. 2022; 1: 12(75): 66-68.
4. Аминова О. С. Факторы риска для здоровья, связанные с образом жизни молодежи. Российский вестник гигиены. 2023; 2: 15–21. DOI: 10.24075/rbh.2023.069

5. Басс А.Н., Шкляева Ю.В. Влияние сна на качество жизни и успеваемость студентов. *Modern Science*. 2019; 10-2: 317-320.
6. Галиуллина Д.Ф., Меньшикова Н.С. Оценка качества жизни студентов. Актуальные проблемы теоретической, экспериментальной, клинической медицины и фармации: материалы 52-й ежегодной Всероссийской конференции студентов и молодых ученых, посвященной 90-летию доктора медицинских наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ Павла Васильевича Дунаева. 2018: 260.
7. Королева А. А., Янушанец О. И., Петрова Н. А., Беззубенкова Е. Ф. Влияние степени адаптированности и образа жизни на качество жизни студентов медицинского университета. *Российский вестник гигиены*. 2021; 2: 29–34. DOI: 10.24075/rbh.2021.011
8. Петрова Н.А., Янушанец О.И., Мацкевич И.С. Влияние степени адаптированности и образа жизни на качество жизни первокурсников медико-профилактического факультета медицинского университета. *Здоровье населения и качество жизни: электронный сборник материалов VII Всероссийской с международным участием заочной научно-практической конференции*. 2020; 2: 35-45.
9. Юшковская О.Г., Плакида А.Л. Качество жизни и избыточная масса тела у студентов с учетом гендерных различий. *Вестник межнационального центра исследования качества жизни*. 2019; 33-34: 78-83.
10. Бронских Н. А., Шаренко Е. М., Попова О. С., Насыбулина Г. М. Гигиеническая характеристика факторов образа жизни учащихся колледжей. *Российский вестник гигиены*. 2022; 4: 19–25. DOI: 10.24075/rbh.2022.057
11. Ганузин В.М., Барабошин А.Т., Маскова Г.С., Шубина Е. В. Оценка качества жизни студентов и их приверженности здоровому образу жизни. *Социальные и гуманитарные науки: теория и практика*. 2020; 1(4): 382-388.
12. Черная Н.Л., Ганузин В.М., Барабошин А.Т., Маскова Г.С. Гендерные различия показателей качества жизни студентов первого курса медицинского университета. *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2019; 4: 10-14.
13. Ахмадуллин У.З., Горбаткова Е.Ю., Ахмадуллина Х.М. Характеристика показателей физического развития студентов вузов г. Уфы. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(2): 169-175. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-2-169-175
14. Шестёра А.А., Сабирова К.М., Кику П.Ф., Каерова Е.В. Гигиенические аспекты здоровья студентов младших курсов медицинского университета. *Здоровье населения и среда обитания*. 2021; (3): 18-24. DOI: 10.35627/2219-5238/2021-336-3-18-24
15. International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). Available at: <http://www.ipaq.ki.se> Accessed 28.10.2024.
16. Кузьменок А.А. Оценка качества жизни студентов с аллергическим ринитом, эпидемиологических и клинических особенностей заболевания. *Смоленский медицинский альманах*. 2020; 1: 174-178.
17. Терехович Т.И., Ростовцев В.Н. Качество жизни и здоровье. *Здоровье населения и качество жизни: электронный сборник материалов VII Всероссийской с международным участием заочной научно-практической конференции*. 2020; 2: 170-177.
18. Глущенко В.В., Шемеровский К.А. Сравнительная характеристика уровня удовлетворённости самочувствием, настроением, физической активностью и качеством

- жизни студентов-первокурсников. Вестник Новгородского государственного университета. 2020; 1(117): 102-104.
19. Захарова Д.А., Новожеева О.С., Симкина А.И. Сравнительная характеристика качества жизни студентов педиатрического факультета СГМУ. Смоленский медицинский альманах. 2019; 1: 127-130.
 20. Каштанова Е.С., Скворцова К.В. Анализ качества жизни современного студента. В сборнике: Концепции современного образования: новации в системе научного знания. Сборник научных трудов. 2020; 135-139.
 21. Никулина И.В., Санько А.М. Исследование субъективных представлений современных студентов о качестве жизни. Ярославский педагогический вестник. 2021; 2(119): 80-86.
 22. Булычева Н.А. Оценка и анализ качества жизни студентов ИГМУ. Образование Луганщины: теория и практика. 2021; 3(22): 8-13.
 23. Горбаткова Е. Ю., Ахмадуллина Х. М., Ахмадуллин Ю. З., Зилькарнаев Т. Р., Хуснутдинова З. А., Мануйлова Г. Р. Об оценке физического развития студентов вузов. Российский вестник гигиены. 2022; 3: 14–18. DOI: 10.24075/rbh.2022.052
 24. Калиновский Д.К., Хახелева Т.Н., Коктышев И.В., Куцяя М.В., Гусейханова К.Б. Показатели качества жизни студентов стоматологического факультета медицинского вуза по опроснику sf-36. Университетская клиника. 2021; 3(40): 88-92.
 25. Личутина С.А. Влияние физической нагрузки на качество жизни студентов на примере обучающихся северного (арктического) федерального университета. Вестник науки. 2023; Т. 2: 6(63): 1140-1144.
 26. Батурин А.Е., Адамиду А., Сорока А.В., Курицына А.Е. Влияние физической активности на качество жизни студентов // Теория и методика физического воспитания, спортивной тренировки, оздоровительной и адаптивной физической культуры: Межвузовский сборник научно-методических работ, 2021; 86-90.

References:

1. Kuzmin A.N. Quality of life of medical university students during the COVID-19 pandemic. Forcipe. 2022; Vol. 5: S3: 564. (In Russ).
2. Popov V.I., Milushkina O.Yu., Sudakov D.V., Sudakov O.V. Features of the lifestyle and health of students during distance learning. Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya. 2020; (11): 14-21. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-332-11-14-21. (In Russ).
3. Shutova M.I., Ozornin M.A. The influence of postcovid syndrome on the quality of life of students of Perm State Medical University. Alleya nauki. 2022; 1: 12(75): 66-68. (In Russ).
4. Aminova O. S. Health risk factors associated with the lifestyle of young people. Rossiiskiy vestnik gigieny. 2023; 2: 15–21. DOI: 10.24075/rbh.2023.069. (In Russ).
5. Bass A.N., Shklyayeva Yu.V. The influence of sleep on the quality of life and academic performance of students. Sovremennaya nauka. 2019; 10-2: 317-320. (In Russ).
6. Galiullina D.F., Menshikova N.S. Assessment of the quality of life of students. Actual problems of theoretical, experimental, clinical medicine and pharmacy: materials of the 52nd annual All-Russian Conference of Students and Young Scientists dedicated to the 90th anniversary of the Doctor of

- Medical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation Pavel Vasilyevich Dunaev. 2018: 260. (In Russ).
7. Koroleva A. A., Yanushanets O. I., Petrova N. A., Bezzubenkova E. F. The influence of the degree of adaptability and lifestyle on the quality of life of medical university students. *Rossiiskiy vestnik gigieny*. 2021; 2: 29–34. DOI: 10.24075/rbh.2021.011 (In Russ).
 8. Petrova N.A., Yanushanets O.I., Matskevich I.S. The influence of the degree of adaptability and lifestyle on the quality of life of first-year students of the medical and preventive faculty of the Medical University. *Public health and quality of life: electronic collection of materials of the VII All-Russian Correspondence Scientific and Practical conference with international participation*. 2020; 2: 35-45. (In Russ).
 9. Yushkovskaya O.G., Plakida A.L. Quality of life and overweight in students taking into account gender differences. *Bulletin of the International Center for Quality of Life Research*. 2019; 33-34: 78-83. (In Russ).
 10. Bronskikh N. A., Sharenko E. M., Popova O. S., Nasybulina G. M. Hygienic characteristics of lifestyle factors of college students. *Rossiiskiy vestnik gigieny*. 2022; 4: 19–25. DOI: 10.24075/rbh.2022.057 (In Russ).
 11. Ganuzin V.M., Baraboshin A.T., Maskova G.S., Shubina E. V. Assessment of the quality of life of students and their commitment to a healthy lifestyle. *Social'nye i gumanitarnye nauki: teoriya i prktika*. 2020; 1(4): 382-388. (In Russ).
 12. Chernaya N.L., Ganuzin V.M., Baraboshin A.T., Maskova G.S. Gender differences in the quality of life of first-year medical university students. *Voprosy shkol'noy i universitetskoy mediciny i zdoroviya*. 2019; 4: 10-14. (In Russ).
 13. Akhmadullin U.Z., Gorbatkova E.Yu., Akhmadullina H.M. Characteristics of indicators of physical development of Ufa university students. *Gigiena i sanitariya*. 2020; 99(2): 169-175. Available by: <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-2-169-175> The link is active on 09.10.2023. (In Russ).
 14. Shester A.A., Sabirova K.M., Kiku P.F., Kaerova E.V. Hygienic aspects of the health of junior medical university students. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2021; (3): 18-24. DOI: 10.35627/2219-5238/2021-336-3-18-24 (In Russ).
 15. International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). Available at: <http://www.ipaq.ki.se> Accessed 28.10.2024.
 16. Kuzmenok A.A. Assessment of the quality of life of students with allergic rhinitis, epidemiological and clinical features of the disease. *Smolenskiy Meditsinskiy Almanakh*. 2020; 1: 174-178. (In Russ).
 17. Terekhovich T.I., Rostovtsev V.N. Quality of life and health. *Public health and quality of life: electronic collection of materials of the VII All-Russian Correspondence Scientific and Practical conference with international participation*. 2020; 2: 170-177. (In Russ).
 18. Glushchenko V.V., Shemerovsky K.A. Comparative characteristics of the level of satisfaction with well-being, mood, physical activity and quality of life of first-year students. *Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universitete*. 2020; 1(117): 102-104. (In Russ).
 19. Zakharova D.A., Novozheeva O.S., Simkina A.I. Comparative characteristics of the quality of life of students of the pediatric faculty of SSMU. *Smolensk Medical Almanah*. 2019; 1: 127-130. (In Russ).

20. Kashtanova E.S., Skvortsova K.V. Analysis of the quality of life of a modern student. In the collection: Concepts of modern education: innovations in the system of scientific knowledge. Sbornik nauchnykh statei. 2020; 135-139. (In Russ).
21. Nikulina I.V., Sanko A.M. Research of subjective ideas of modern students about the quality of life. Yaroslavskiy Pedagogicheskiy Vestnik. 2021; 2(119): 80-86. (In Russ).
22. Bulycheva N.A. Assessment and analysis of the quality of life of IGMU students. Obrazovanie Luganshchiny: teorii i praktika. 2021; 3(22): 8-13..(In Russ).
23. Gorbatkova E. Yu., Akhmadullina H. M., Akhmadullin Y. Z., Zulkarnaev T. R., Khusnutdinova Z. A., Manuilova G. R. On the assessment of physical development of university students. Rossiiskiy vestnik gigeny. 2022; 3: 14–18. DOI: 10.24075/rbh.2022.052. (In Russ).
24. Kalinovsky D.K., Khakheleva T.N., Koktyshov I.V., Kutsaya M.V., Huseykhanova K.B. Indicators of the quality of life of students of the Faculty of Dentistry of a medical university according to the sf-36 questionnaire. Universitetskaya klinik. 2021; 3(40): 88-92. (In Russ).
25. Lichutina S.A. The impact of physical activity on the quality of life of students on the example of students of the Northern (Arctic) Federal University. Vestnik Nauki. 2023; Vol. 2: 6(63): 1140-1144.(In Russ).
26. Baturin A.E., Adamidu A., Soroka A.V., Kuritsyna A.E. The influence of physical activity on the quality of life of students // Theory and methodology of physical education, sports training, wellness and adaptive physical culture: Meshvuzovskiy sbornik nauchnykh i metodichskikh rabot, 2021; 86-90. (In Russ).

Поступила/Received: 03.12.2024
Принята в печать/Accepted: 25.02.2025

УДК 613.22(470.54)

СВЯЗЬ ПОЛИМОРФИЗМА RS4988235 ГЕНА MCM6 С ПРИЗНАКАМИ НЕПЕРЕНОСИМОСТИ ЛАКТОЗЫ У ДЕТЕЙ

Берёза И.А., Кикоть А.М., Шаихова Д.Р., Мажаева Т.В., Боковой В.Д., Полянина Д.Д.,
Сутункова М.П.

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

Непереносимость лактозы является неспособностью организма переваривать лактозу и характеризуется расстройством пищеварения. Одна из причин непереносимости лактозы – снижение активности лактазы, обусловленное генетическими факторами, например полиморфизмом -13910 C>T (rs4988235) гена MCM6.

Цель исследования - Определить влияние полиморфизма гена MCM6 на признаки непереносимости лактозы у детей, проживающих на техногенно загрязненной территории.

Материалы и методы. Обследовано 184 ребенка дошкольного возраста, проживающих на территориях двух городов Свердловской области. Основная группа включала 85 детей, проживающих на техногенно загрязненной территории. Группа сравнения состояла из 99 детей г. Красноуфимск без высокой техногенной нагрузки. Проведено анкетирование родителей, осмотр врачом аллергологом-иммунологом, выписаны данные о заболеваемости из амбулаторных карт. Выделение ДНК проводилось с помощью набора Lumipure. Генотипирование проводили методом ПЦР-РВ с помощью системы QuantStudio 3 и готового коммерческого набора РеалБест-Генетика MCM6.

Ограничение исследования. Выборка охарактеризована как однородная по возрасту, встречаемость аллелей в группах не имела достоверных различий, что позволяет применить полученные выводы к оценке рисков здоровья детского населения, учитывая региональные особенности.

Результаты. Выявлено, что в основной группе у детей с аллелем дикого типа С гена MCM6 выше частота вздутия живота (ОШ=2,71 (95% ДИ 1,11-6,59), $p=0,039$) и проявлений аллергии на молочные продукты питания (ОШ=3,06 (95% ДИ 1,11-8,43), $p=0,0414$), чем у обладателей мутантного аллеля Т. Аналогично, у носителей

генотипов СС и СТ частота вздутия живота (ОШ=3,57(95% ДИ 1,26-10,1), $p=0,027$) и частота проявления аллергии на молочные продукты (ОШ=4,13(95% ДИ 1,3-13,09); $p=0,0249$) были выше.

Ключевые слова: непереносимость лактозы, пищевая непереносимость, MCM6, rs4988235, полиморфизм гена, техногенно загрязненная территория, группа риска, генетическая предрасположенность.

Для цитирования: Берёза И.А., Кикоть А.М., Шаихова Д.Р., Мажаева Т.В., Боковой В.Д., Полянина Д.Д., Сутункова М.П. Связь полиморфизма rs4988235 гена MCM6 с признаками непереносимости лактозы у детей. Медицина труда и экология человека. 2025; 1: 75-87.

Для корреспонденции: Боковой Вячеслав Дмитриевич, лаборант отдела молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН «Екатеринбургский медицинский центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора; e-mail: slava.bokovoy@gmail.com.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10106>

RELATIONSHIP BETWEEN POLYMORPHISM rs4988235 OF THE MCM6 GENE AND SIGNS OF LACTOSE INTOLERANCE AMONG CHILDREN

Bereza I.A., Amromina A.M., Shaikhova D.R., Mazhaeva T.V., Bokovoi V.D., Polianina D.D., Sutunkova M.P.

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

Lactose intolerance is caused by a poor or complete inability of the body to digest lactose and is manifested by indigestion. One of its reasons is a decrease in lactase activity induced by genetic factors, such as the -13910 C>T polymorphism (rs4988235) of the MCM6 gene.

Study limitations. The subjects were matched by age; the occurrence of alleles in the study groups was not significantly different and allowed extrapolation of our findings to the local child population, given its regional characteristics, for health risk assessment.

The purpose of the study was to establish the effect of MCM6 gene polymorphism on the signs of lactose intolerance in children living in an industrially polluted area.

Material and methods. We examined 184 preschool children dwelling in two towns of the Sverdlovsk Region. The main (exposure) group included 85 children living in the industrial town and the reference group consisted of 99 children from the town of Krasnoufimsk characterized by low anthropogenic pollution. We conducted a questionnaire-based survey of parents and extracted data on disease incidence from outpatient records of the subjects, who were also examined by an allergist. DNA extraction was performed using the LumiPure kit while genotyping of gene polymorphism was carried out by RT-PCR using a QuantStudio™ 3 real-time PCR system with a commercial RealBest-Genetics MCM6 reagent kit.

Results. We established that in the main group, children with the wild type C allele of the MCM6 gene, associated with lactose intolerance, more often had abdominal bloating (OR = 2.71 (95% CI: 1.11–6.59); p = 0.039) and manifestations of allergy to dairy products (OR=3.06 (95% CI 1.11–8.43); p=0.0414) than carriers of the mutant T allele. Similarly, bloating (OR=3.57 (95% CI: 1.26–10.1); p=0.027) and signs of allergy to dairy products (OR=4.13 (95% CI 1.3–13.09); p=0.0249) were more prevalent in carriers of the CC and CT genotypes.

Keywords: lactose intolerance, food intolerance, MCM6, rs4988235, gene polymorphism, industrially contaminated area, risk groups, genetic predisposition.

For citation: Bereza I.A., Amromina A.M., Shaikhova D.R., Mazhaeva T.V., Bokovoi V.D., Polianina D.D., Sutunkova M.P. Relationship between polymorphism rs4988235 of the mcm6 gene and signs of lactose intolerance among children. *Occupational Medicine and Human Ecology*. 2025; 1: 75-87.

Correspondence: Viacheslav D. Bokovoy Laboratory assistant at the Department of Molecular Biology and Electron Microscopy; e-mail: slava.bokovoy@gmail.com.

Funding: the study had no financial support.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10106>

Непереносимость лактозы представляет собой неспособность организма переваривать лактозу и сопровождается различными симптомами, среди которых диарея, рвота, метеоризм и дискомфорт в желудке. По оценкам специалистов непереносимость лактозы встречается более чем у 70% взрослого населения [1].

Одна из причин непереносимости лактозы – снижение активности кишечного фермента лактазы, который расщепляет лактозу [2]. Активность лактазы после первых нескольких месяцев жизни постепенно снижается до определенного уровня, а у большинства до необнаруживаемого уровня активности в связи со снижением экспрессии в процессе взросления [3].

Существующие исследования предполагают, что непереносимость лактозы во многом обусловлена генетическими особенностями организма [4–6]. Полиморфизм в интроне 13 (-13910 C>T или rs4988235) гена MCM6 связывают с непереносимостью лактозы и считают ключевым регулятором возраст-зависимого установления и поддержания транскрипционного градиента LCT и приводит к гиполактазии взрослого типа [1].

Причины формирования пищевой непереносимости или пищевой гиперчувствительности многочисленны и во многом обусловлены комплексным воздействием негативных факторов и индивидуальной предрасположенности, в связи с чем важно рассматривать совместное влияние этих факторов на организм для выявления наиболее восприимчивых групп риска с целью проведения профилактических мероприятий [7, 8].

Цель исследования – определить влияние полиморфизма гена MCM6 на признаки непереносимости лактозы у детей, проживающих на техногенно загрязненной территории.

Материалы и методы.

Дизайн исследования

Для исследования была сформирована выборка, состоящая из детей дошкольного возраста, проживающих на двух различных территориях Свердловской области (n=184).

Основная группа включала 85 детей в возрасте от 2 до 7 лет, проживающих в городе с высокой техногенной нагрузкой, и который является промышленным центром Свердловской области [9].

Группа сравнения состояла из 99 детей в возрасте от 2 до 7 лет, проживающих в городе Красноуфимск без высокой техногенной нагрузки.

Состояние здоровья детей оценивалось по анкетным данным родителей.

Анкетирование родителей, включало следующие вопросы:

- 1) Как часто у Вашего ребёнка бывает вздутие живота?
- 2) Как часто у Вашего ребёнка бывают боли в животе?
- 3) Как часто у Вашего ребёнка бывает тошнота?
- 4) Как часто у Вашего ребёнка бывает рвота?
- 5) Как часто у Вашего ребёнка бывает жидкий стул?
- 6) Как часто у Вашего ребёнка бывает отрыжка?
- 7) Проявлялись ли у Вашего ребёнка аллергии на пищевые продукты?
- 8) Проявлялась ли у Вашего ребёнка аллергия на молоко?
- 9) Проявлялась ли у Вашего ребёнка аллергия на молочные продукты?

Также для оценки состояния здоровья детей проводился объективный осмотр врачом аллергологом-иммунологом для выявления таких признаков пищевой непереносимости, как диарея, неустойчивый стул, боли в животе.

Данные о заболеваемости детей были выписаны из амбулаторных карт за последние три года (2020-2022гг.). Исследуемые диагнозы, установленные педиатрами из амбулаторных карт, включали: аллергические реакции на сухие молочные смеси до года; аллергические реакции на молочные и кисломолочные продукты; непереносимость лактозы.

Родители всех детей дали добровольное информированное согласие на обследование. На исследование получено разрешение локального этического комитета ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора № 5 от 27.12.2021 г.

Выделение ДНК и генотипирование

Выделение ДНК из буккального эпителия проводилось с помощью набора Lumipure (Lumiprobe, Россия) на спин-колонках в соответствии с инструкцией производителя.

Генотипирование полиморфизма гена проводили при помощи системы ПЦР с оптической детекцией в реальном времени QuantStudio 3 (ThermoFisher, США). Определение полиморфизма rs4988235 гена MCM6 методом qPCR производилось с помощью готового коммерческого набора РеалБест-Генетика MCM6 («Вектор-Бест», Россия) методом ПЦР-РВ, согласно методике производителя.

Статистическая обработка данных

Для оценки соответствия распределений генотипов и аллелей ожидаемым значениям при равновесии Харди – Вайнберга использовали критерий χ^2 Пирсона. Анализ результатов генотипирования проводился с использованием аллельной и доминантной генетических моделей. Оценку зависимости признаков проводили в таблицах сопряженности при помощи критерия χ^2 Пирсона. Анализ таблиц

сопряженности, расчет отношения шансов (ОШ) с доверительными интервалами (95% ДИ) и уровнем значимости (p). Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Статистическая обработка данных проводилась при помощи пакетов программ Statistica и SPSS.

Результаты. Распределение аллелей между группами не имело достоверных различий ($p=0,211$).

Для определения взаимосвязи полиморфизма rs4988235 гена MCM6 с непереносимостью лактозы у детей проводился анализ таблиц сопряженности 2x2 с расчетом ОШ в соответствии с применяемой генетической моделью и результатами анкетирования, осмотра или диагнозом.

Статистически не было подтверждено наличие достоверной связи между результатами осмотра или диагнозами и полиморфизмом rs4988235 гена MCM6 при использовании аллельной и доминантной модели наследования у детей в обеих группах.

Однако, данные, полученные при анкетировании, помогли установить наличие ассоциации изучаемого полиморфизма с непереносимостью лактозы в основной группе, но не в группе сравнения (табл. 1, 2).

Таблица 1. Распределение генотипов и аллелей в исследуемых группах в зависимости от наличия признака непереносимости лактозы (вздутие живота) по результатам анкетирования

Table 1. Distribution of genotypes and alleles in the study groups depending on the presence of lactose intolerance (bloating) according to the questionnaire results

Аллели и генотипы	Признак есть, n (%)	Признака нет, n (%)	p	ОШ (95% ДИ)
Группа сравнения				
С	36(72)	84(60)	0,131	1,71 (0,85-3,47)
Т	14(28)	56(40)		
СС	14(56)	28(40)	0,167	1,91 (0,76-4,81)
СТ+ТТ	11(44)	42(60)		
Основная группа				
С	35(83,3)	83(64,8)	0,039*	2,71 (1,11-6,59)
Т	7(16,7)	45(35,2)		
СС	14(66,7)	23(35,9)	0,027*	3,57 (1,26-10,1)
СТ+ТТ	7(33,3)	41(64,1)		

Примечание: в таблице указано количество и доля человек в группе, n (%); p; ОШ (95% ДИ); * – $p < 0,05$.

Таблица 2. Распределение генотипов и аллелей в исследуемых группах в зависимости от наличия признака непереносимости лактозы (аллергия на молочные продукты) по результатам анкетирования.

Table 2. Distribution of genotypes and alleles in the study groups depending on the presence of lactose intolerance (allergy to dairy products) according to the questionnaire results.

Аллели и генотипы	Признак есть, n (%)	Признака нет, n (%)	p	ОШ (95% ДИ)
Группа сравнения				
С	14(70)	106(62,4)	0,67	1,41 (0,52-3,85)
Т	6(30)	64(37,6)		
СС	6(60)	36(42,4)	0,468	2,04 (0,54-7,77)
СТ+ТТ	4(40)	49(57,6)		
Основная группа				
С	29(85,3)	89(65,4)	0,0414*	3,06 (1,11-8,43)
Т	5(14,7)	47(34,6)		
СС	12(70,6)	25(36,8)	0,0249*	4,13 (1,3-13,09)
СТ+ТТ	5(29,4)	43(63,2)		

Примечание: в таблице указано количество и доля человек в группе, n (%); p; ОШ (95% ДИ); * – p<0,05.

При использовании аллельной модели наследования было выявлено, что у детей в основной группе, несущих аллель дикого типа С гена MCM6, ассоциированного с непереносимостью лактозы, выше частота вздутия живота (ОШ=2,71(95% ДИ 1,11-6,59), p=0,039) и проявлений аллергии на молочные продукты питания (ОШ=3,06(95% ДИ 1,11-8,43), p=0,0414), чем у обладателей мутантного аллеля Т. Аллель Т, по результатам исследований, ассоциируется с нормальной способностью усваивать молочные продукты в течение всей жизни, в то время как при генотипе СС наблюдается низкая активность лактазы и непереносимость молочного сахара [10, 11].

Аналогичные результаты получены для носителей генотипа СС. Обнаружена достоверная связь между генотипом СС и проявлениями непереносимости лактозы у детей в основной группе (табл. 1, 2). Частота вздутия живота (ОШ=3,57 (95% ДИ 1,26-10,1), p=0,027) и частота проявления аллергии на молочные продукты (ОШ=4,13 (95% ДИ 1,3-13,09); p=0,0249) были выше у носителей генотипов СС и СТ. Данные результаты согласуются с литературными источниками. Во многих исследованиях генотип СС полиморфизма -13910 был связан с низкой

активностью лактазы, тогда как генотипы СТ и ТТ с высокой активностью [12-14]. В популяции Центральной Европы 56,6% детей имеют генетическую предрасположенность к гиполактазии. В работе по исследованию генетической предрасположенности к непереносимости лактозы была выявлена статистически значимая корреляция между полиморфизмом СС ($p=0,0011$) и результатом водородного дыхательного теста, указывающий на избыточный рост микроорганизмов в тонкой кишке, в группе детей старше 6 лет [15].

Также в нашем исследовании была показана высокая частота проявлений аллергии на молоко у носителей аллеля С дикого типа и генотипа СС в основной группе детей, однако различия были статистически недостоверными (ОШ=2,29(95% ДИ 0,94-5,61), $p=0,099$ и ОШ=2,81(95% ДИ 0,98-8,09), $p=0,09$, соответственно) (табл. 3).

Таблица 3. Распределение генотипов и аллелей в исследуемых группах в зависимости от наличия признака непереносимости лактозы (аллергия на молоко) по результатам анкетирования.

Table 3. Distribution of genotypes and alleles in the study groups depending on the presence of lactose intolerance (milk allergy) according to the questionnaire results.

Аллели и генотипы	Признак есть, n (%)	Признака нет, n (%)	p	ОШ (95% ДИ)
Группа сравнения				
С	15(68,2)	105(62,5)	0,776	1,29 (0,5-3,32)
Т	7(31,8)	63(37,5)		
СС	6(54,5)	36(42,9)	0,681	1,6 (0,45-5,66)
СТ+ТТ	5(45,5)	48(57,1)		
Основная группа				
С	31(81,6)	87(65,9)	0,099	2,29 (0,94-5,61)
Т	7(18,4)	45(34,1)		
СС	12(63,2)	25(37,9)	0,09	2,81 (0,98-8,09)
СТ+ТТ	7(36,8)	41(62,1)		

Примечание: в таблице указано количество и доля человек в группе, n (%); p; ОШ (95% ДИ); * – $p<0,05$.

Обсуждение. У детей в основной группе ассоциации полиморфизма rs4988235 гена MCM6 с признаками проявления непереносимости лактозы не были подтверждены для группы сравнения. В испанском исследовании детей с симптомами функциональных расстройств желудочно-кишечного тракта, где была установлена связь между генотипом CC и признаками непереносимости лактозы, также утверждается, что прогностическая ценность полиморфизма гена MCM6 выше у детей старше 12 лет [16]. Таким же образом в работе Rasinpera et al., где выборка состояла из 329 детей, генотип CC ассоциировался с низкой активностью лактазы у большинства детей в возрасте 8 лет, и у каждого ребенка старше 12 лет [17]. Однако, даже с учетом того, что в нашем исследовании возраст детей составлял от 2 до 7 лет, это не объясняет факта наличия связи полиморфизма с признаками непереносимости лактозы в основной группе у детей в возрасте, когда влияние полиморфизма проявляется лишь частично. В связи с этим, мы предполагаем, что это может быть обусловлено различными экологическими условиями городов. Изучение точного биохимического и патофизиологического механизма различных типов реакции чувствительности является задачей многих исследований [18-20]. В настоящее время пользуется популярностью мнение, что заболевания, связанные с чувствительностью, могут представлять собой состояние с тремя последовательными компонентами – воздействием токсических веществ, нарушением толерантности и реакциями гиперчувствительности [21]. Приобретенная аллергия, пищевая непереносимость и химическая гиперчувствительность часто являются прямыми последствиями потери толерантности, вызванной токсикантом, в ответ на значительное инициирующее токсическое воздействие [7].

Заключение. В данном исследовании нам удалось показать наличие статистически достоверной связи между аллелем C, генотипами CC/CT и признаками непереносимости лактозы у детей из основной группы. Полученные данные могут свидетельствовать о том, что у детей с техногенно загрязненной территории генетическая предрасположенность в сочетании с высоким уровнем воздействия токсикантов способны стать причиной более раннего развития пищевой непереносимости.

Список литературы:

1. Ai X., Wang A. Pathogenesis of lactose intolerance: expression and mutation of LCT gene. In: 2022 2nd International Conference on Medical Imaging, Sanitation and Biological Pharmacy (MISBP 2022), 2022; 100–106. URL: <https://www.clausiuspress.com/conferences/LNMLS/MISBP%202022/Y1085.pdf> (дата обращения 06.02.2024).
2. Краснопольская К.Д. Наследственные болезни обмена веществ: Справочное пособие для врачей. – М.: ООО «Центр социальной адаптации и реабилитации детей «Фохат». 2005; 263–264.
3. Deng Y., Misselwitz B., Dai N., Fox M. Lactose intolerance in adults: biological mechanism and dietary management. *Nutrients*. 2015; 7(9): 8020–8035. DOI: 10.3390/nu7095380.
4. Semenza G., Auricchio S., Mantei N. Small-intestinal disaccharidases. In: Valle D.L., Antonarakis S., Ballabio A., Beaudet A.L., Mitchell G.A., eds. *The Online Metabolic and Molecular Bases of Inherited Disease*. McGraw-Hill Education. 1999. DOI: 10.1036/ommbid.385.
5. Chin E.L., Huang L., Bouzid Y.Y., Kirschke C.P., Durbin-Johnson B., Baldiviez L.M., et al. Association of lactase persistence genotypes (rs4988235) and ethnicity with dairy intake in a healthy U.S. population. *Nutrients*. 2019; 11(8): 1860. DOI: 10.3390/nu11081860.
6. Anguita-Ruiz A., Aguilera C.M., Gil A. Genetics of lactose intolerance: an updated review and online interactive world maps of phenotype and genotype frequencies. *Nutrients*. 2020; 12(9): 2689. DOI: 10.3390/nu12092689.
7. Genuis S.J. Sensitivity-related illness: the escalating pandemic of allergy, food intolerance and chemical sensitivity. *Sci. Total Environ.* 2010; 408(24): 6047–6061. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2010.08.047.
8. Shroba J., Rath N., Barnes C. Possible role of environmental factors in the development of food allergies. *Clin. Rev. Allergy Immunol.* 2019; 57(3): 303–311. DOI: 10.1007/s12016-018-8703-2.
9. В.Б. Гурвич, Д.Н. Козловских, И.А. Власов, И.В. Чистякова, С.В. Ярушин, А.С. Корнилков, Д.В. Кузьмин, О.Л. Малых, Н.И. Кочнева, А.А. Шевчик, Т.М. Цепилова, Е.А. Кузьмина. Методические подходы к оптимизации программ мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» (на примере города Нижнего Тагила). *Здоровье населения и среда обитания*. 2020; 9:38–47. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47.
10. Dzialanski Z., Barany M., Engfeldt P., Magnuson A., Olsson L.A., Nilsson T.K. Lactase persistence versus lactose intolerance: Is there an intermediate phenotype? *Clin. Biochem.* 2016; 49(3): 248–252. DOI: 10.1016/j.clinbiochem.2015.11.001.
11. Gerbault P. The onset of lactase persistence in Europe. *Hum. Hered.* 2013; 76(3–4): 154–161. DOI: 10.1159/000360136.
12. Enattah N.S., Sahi T., Savilahti E., Terwilliger J.D., Peltonen L., Järvelä I. Identification of a variant associated with adult-type hypolactasia. *Nat. Genet.* 2002; 30(2): 233–237. DOI: 10.1038/ng826.
13. Kuokkanen M., Enattah N.S., Oksanen A., Savilahti E., Orpana A., Järvelä I. Transcriptional regulation of the lactase-phlorizin hydrolase gene by polymorphisms associated with adult-type hypolactasia. *Gut*. 2003; 52(5): 647–652. DOI: 10.1136/gut.52.5.647.

14. Kuchay R.A.H., Thapa B.R., Mahmood A., Mahmood S. Effect of C/T -13910 cis-acting regulatory variant on expression and activity of lactase in Indian children and its implication for early genetic screening of adult-type hypolactasia. *Clin. Chim. Acta.* 2011; 412(21–22): 1924–1930. DOI: 10.1016/j.cca.2011.06.032.
15. Tomczonek-Moruś J., Wojtasik A., Zeman K., Smolarz B., Bąk-Romaniszyn L. 13910C>T and 22018G>A LCT gene polymorphisms in diagnosing hypolactasia in children. *United European Gastroenterol.* 2019; 7(2): 210–216. DOI: 10.1177/2050640618814136.
16. Couce M.L., Sánchez-Pintos P., González-Vioque E., Leis R. Clinical utility of LCT genotyping in children with suspected functional gastrointestinal disorder. *Nutrients.* 2020; 12(10): 3017. DOI: 10.3390/nu12103017.
17. Rasinperä H., Savilahti E., Enattah N.S., Kuokkanen M., Tötterman N., Lindahl H., et al. A genetic test which can be used to diagnose adult-type hypolactasia in children. *Gut.* 2004; 53(11): 1571–1576. DOI: 10.1136/gut.2004.040048.
18. Tuck C.J., Biesiekierski J.R., Schmid-Grendelmeier P., Pohl D. Food intolerances. *Nutrients.* 2019; 11(7): 1684. DOI: 10.3390/nu11071684.
19. Kiani A.K., Dhuli K., Donato K., Aquilanti B., Velluti V., Matera G., et al. Main nutritional deficiencies. *Prev. Med. Hyg.* 2022. 63(2S3): E93–E101. DOI: 10.15167/2421-4248/jpmh2022.63.2S3.2752.
20. Мажаева Т.В., Дубенко С.Э., Чернова Ю.С., Носова И.А. Молекулярно-генетические аспекты риска здоровью во взаимосвязи с неблагоприятными условиями окружающей среды и питанием (систематический обзор). *Анализ риска здоровью.* 2022; 4: 186–197. DOI: 10.21668/health.risk/2022.4.18.
21. Genuis S.J. The chemical erosion of human health: adverse environmental exposure and in-utero pollution – determinants of congenital disorders and chronic disease. *J Perinat. Med.* 2006; 34(3): 185–195. DOI: 10.1515/JPM.2006.033.

References:

1. Ai X., Wang A. Pathogenesis of lactose intolerance: expression and mutation of LCT gene. In: 2022 2nd International Conference on Medical Imaging, Sanitation and Biological Pharmacy (MISBP 2022), 2022; 100–106. URL: <https://www.clausiuspress.com/conferences/LNMLS/MISBP%202022/Y1085.pdf> (06.02.2024).
2. Krasnopolskaya K.D. Inherited Metabolic Disorders: A Manual for Medical Doctors. *Spravochnoe posobie dlya vrachey.* Moscow: Fohat Publ. 2005; 263–264 (In Russ).
3. Deng Y., Misselwitz B., Dai N., Fox M. Lactose intolerance in adults: biological mechanism and dietary management. *Nutrients.* 2015; 7(9): 8020–8035. DOI: 10.3390/nu7095380.
4. Semenza G., Auricchio S., Mantei N. Small-intestinal disaccharidases. In: Valle D.L., Antonarakis S., Ballabio A., Beaudet A.L., Mitchell G.A., eds. *The Online Metabolic and Molecular Bases of Inherited Disease.* McGraw-Hill Education; 1999. DOI: 10.1036/ommbid.385.
5. Chin E.L., Huang L., Bouzid Y.Y., Kirschke C.P., Durbin-Johnson B., Baldiviez L.M., et al. Association of lactase persistence genotypes (rs4988235) and ethnicity with dairy intake in a healthy U.S. population. *Nutrients.* 2019; 11(8): 1860. DOI: 10.3390/nu11081860.

6. Anguita-Ruiz A., Aguilera C.M., Gil A. Genetics of lactose intolerance: an updated review and online interactive world maps of phenotype and genotype frequencies. *Nutrients*. 2020; 12(9): 2689. DOI: 10.3390/nu12092689.
7. Genuis S.J. Sensitivity-related illness: the escalating pandemic of allergy, food intolerance and chemical sensitivity. *Sci. Total Environ.* 2010; 408(24): 6047–6061. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2010.08.047.
8. Shroba J., Rath N., Barnes C. Possible role of environmental factors in the development of food allergies. *Clin. Rev. Allergy Immunol.* 2019; 57(3): 303–311. DOI: 10.1007/s12016-018-8703-2.
9. Gurvich V.B., Kozlovskikh D.N., Vlasov I.A., Chistyakova I.V., Yarushin S.V., Kornilkov A.S., Kuzmin D.V., Malykh O.L., Kochneva N.I., Shevchik A.A., Tsepilova T.M., Kuzmina E.A. Methodological approaches to optimizing ambient air quality monitoring programs within the framework of the Federal Clean Air Project (on the example of Nizhny Tagil). *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020; 9:38–47 (In Russ). DOI: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47.
10. Dzialanski Z., Barany M., Engfeldt P., Magnuson A., Olsson L.A., Nilsson T.K. Lactase persistence versus lactose intolerance: Is there an intermediate phenotype? *Clin. Biochem.* 2016; 49(3): 248–252. DOI: 10.1016/j.clinbiochem.2015.11.001.
11. Gerbault P. The onset of lactase persistence in Europe. *Hum. Hered.* 2013; 76(3–4): 154–161. DOI: 10.1159/000360136.
12. Enattah N.S., Sahi T., Savilahti E., Terwilliger J.D., Peltonen L., Järvelä I. Identification of a variant associated with adult-type hypolactasia. *Nat. Genet.* 2002; 30(2): 233–237. DOI: 10.1038/ng826.
13. Kuokkanen M., Enattah N.S., Oksanen A., Savilahti E., Orpana A., Järvelä I. Transcriptional regulation of the lactase-phlorizin hydrolase gene by polymorphisms associated with adult-type hypolactasia. *Gut*. 2003; 52(5): 647–652. DOI: 10.1136/gut.52.5.647.
14. Kuchay R.A.H., Thapa B.R., Mahmood A., Mahmood S. Effect of C/T -13910 cis-acting regulatory variant on expression and activity of lactase in Indian children and its implication for early genetic screening of adult-type hypolactasia. *Clin. Chim. Acta.* 2011; 412(21–22): 1924–1930. DOI: 10.1016/j.cca.2011.06.032.
15. Tomczonek-Moruś J., Wojtasik A., Zeman K., Smolarz B., Bąk-Romaniszyn L. 13910C>T and 22018G>A LCT gene polymorphisms in diagnosing hypolactasia in children. *United European Gastroenterol.* 2019; 7(2): 210–216. DOI: 10.1177/2050640618814136.
16. Couce M.L., Sánchez-Pintos P., González-Vioque E., Leis R. Clinical utility of LCT genotyping in children with suspected functional gastrointestinal disorder. *Nutrients*. 2020; 12(10): 3017. DOI: 10.3390/nu12103017.
17. Rasinperä H., Savilahti E., Enattah N.S., Kuokkanen M., Tötterman N., Lindahl H., et al. A genetic test which can be used to diagnose adult-type hypolactasia in children. *Gut*. 2004; 53(11): 1571–1576. DOI: 10.1136/gut.2004.040048.
18. Tuck C.J., Biesiekierski J.R., Schmid-Grendelmeier P., Pohl D. Food intolerances. *Nutrients*. 2019; 11(7): 1684. DOI: 10.3390/nu11071684.
19. Kiani A.K., Dhuli K., Donato K., Aquilanti B., Velluti V., Matera G., et al. Main nutritional deficiencies. *J. Prev. Med. Hyg.* 2022. 63(2S3): E93–E101. DOI: 10.15167/2421-4248/jpmh2022.63.2S3.2752.
20. Mazhaeva T.V., Dubenko S.E., Chernova J.S., Nosova I.A. Molecular and genetic aspects of health risks and their association with adverse environmental conditions and diets (systemic review). *Health Risk Analysis*. 2022; 4: 186–197 (In Russ). DOI: 10.21668/health.risk/2022.4.18.

21. Genuis S.J. The chemical erosion of human health: adverse environmental exposure and in-utero pollution – determinants of congenital disorders and chronic disease. J Perinat. Med. 2006; 34(3): 185–195. DOI: 10.1515/JPM.2006.033.

Поступила/Received: 05.12.2024

Принята в печать/Accepted: 28.01.2025

УДК 314.4:616-006.04(450.57)

АНАЛИЗ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Салигаскаров И.И.^{1,2}, Валеев Т.К.¹, Сулейманов Р.А.¹

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

²ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет», Уфа, Россия

Представленное исследование включает себя анализ статистики онкологической заболеваемости на территории Республики Башкортостан в динамике за 2013-2022 годы. Высокий уровень заболеваемости является проблемой для Российской Федерации. Многие территории отличаются высокой распространенностью онкологических заболеваний. Ситуация по стране усугубляется тем, что на сегодняшний день злокачественные новообразования выявляются, в большинстве случаев, именно на поздних стадиях ввиду отсутствия точных причин возникновения опухолей, нежелания многих людей самостоятельно проходить обязательную диспансеризацию. Одним из регионов, где присутствует высокая доля пациентов с подтвержденным онкологическим диагнозом, является Республика Башкортостан, что обуславливает необходимость изучения заболеваемости и факторов ее возникновения для разработки решений по снижению ее уровня.

Цель исследования - анализ динамики заболеваемости населения Республики Башкортостан злокачественными новообразованиями за 2013-2022 гг.

Материалы и методы исследования. В статье используются сборники «Здоровье населения и деятельность медицинских организаций Республики Башкортостан» и доклады «Состояние онкологической помощи населению России» за соответствующий период, рассматриваемый в исследовании. **Результаты.** **Результатами работы** представляются выводы о состоянии заболеваемости злокачественными новообразованиям на территории Республики: проведенный сравнительный анализ уровня заболеваемости на территории Российской Федерации и Республики показывает, что в 2020 году наблюдается снижение количества пациентов с диагностированными злокачественными образованиями. Это объясняется введенными ограничениями, вызванными пандемией COVID-19, которые обуславливали резкий спад желающих пройти диспансеризацию и

обследоваться исходя из жалоб. В структуре злокачественных заболеваний на территории Республики Башкортостан преобладают следующие виды: злокачественные новообразования молочной железы, кожи (за исключением меланомы), органов дыхания (трахеи, бронхи, легкие), ободочной кишки и предстательной железы. Результаты проведенного исследования говорят о том, что на территории Республики Башкортостан наблюдается ежегодный прирост количества больных с злокачественными новообразованиями, которые имеют разную структуру.

Ключевые слова: онкология, Республика Башкортостан, заболеваемость, злокачественные новообразования органов дыхания, злокачественные новообразования молочных желез, злокачественные новообразования кожи, злокачественные новообразования ободочной кишки, злокачественные новообразования предстательной железы.

Для цитирования: Салигаскаров И.И., Валеев Т.К., Сулейманов Р.А. Анализ онкологической заболеваемости населения Республики Башкортостан. Медицина труда и экология человека. 2025; 1: 88-95.

Для корреспонденции: Салигаскаров Ильгиз Ирекович, аспирант ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»; e-mail: silgiz862@gmail.com.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10107>

ANALYSIS OF THE ONCOLOGICAL MORBIDITY OF THE POPULATION IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Saligaskarov I.I.^{1,2}, Valeev T.K.¹, Suleymanov R.A.¹

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

²Bashkirian State Medical University, Ufa, Russia

The present study includes an analysis of the statistics of cancer incidence in the Republic of Bashkortostan in dynamics between 2013 and 2022. The high incidence rate is a problem for the Russian Federation. Many areas are characterized by a high

prevalence of oncological diseases. The situation in the country is aggravated by the fact that today malignant neoplasms are detected, in most cases, precisely at late stages due to the lack of exact causes of tumors, the unwillingness of many people to undergo mandatory health check-ups on their own. One of the regions with a high proportion of patients with a confirmed cancer diagnosis is the Republic of Bashkortostan, which necessitates the study of morbidity and its occurrence factors in order to develop solutions to reduce its level.

The purpose of the study is to analyze the dynamics of morbidity of the population of the Republic of Bashkortostan with malignant neoplasms between 2013 and 2022.

Materials and methods of research. The article uses the collections «Public health and the activities of medical organizations of the Republic of Bashkortostan» and the reports «The state of oncological care to the population of Russia» for the corresponding period considered in the study.

Results. The results of the work present conclusions on the state of the incidence of malignant neoplasms in the Republic: a comparative analysis of the incidence rate in the Russian Federation and the Republic shows that in 2020 there is a decrease in the number of patients with diagnosed malignant tumors. This is due to the restrictions imposed by the COVID-19 pandemic, which caused a sharp decline in those wishing to undergo health check-ups and be examined based on complaints. The following types prevail in the structure of malignant diseases in the Republic of Bashkortostan: malignant neoplasms of the breast, skin (with the exception of melanoma), respiratory organs (trachea, bronchi, lungs), colon and prostate. The results of the study indicate that in the Republic of Bashkortostan there is an annual increase in the number of patients with malignant neoplasms that have different structures.

Keywords: oncology, Republic of Bashkortostan, morbidity, malignant neoplasms of the respiratory system, malignant neoplasms of the mammary glands, malignant neoplasms of the skin, malignant neoplasms of the colon, malignant neoplasms of the prostate gland.

For citation: Saligaskarov I.I., Valeev T.K., Suleymanov R.A. Analysis of the oncological morbidity of the population in the Republic of Bashkortostan. Occupational medicine and human ecology. 2025; 1: 88-95.

Correspondence: Ilgiz I. Saligaskarov, Postgraduate student, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia; e-mail: silgiz862@gmail.com.

Funding: the study had no financial support.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10107>

Злокачественные новообразования (ЗН) являются причиной ухудшения здоровья населения, как всего мира, так и Российской Федерации (РФ). В 2022 году во всем мире было зафиксировано 20 миллионов новых случаев онкологических заболеваний, из них около 624 тысяч – в России [1-3]. Совокупный показатель распространенности ЗН на территории России составил 2 758,3 на 100 тыс. населения. На сегодняшний день причины возникновения раковых опухолей изучены недостаточно, чаще они выявляются в поздних стадиях. Заболеваемость ЗН варьирует по территориям и поэтому требует анализа причин заболеваний и проведения профилактических мер [4].

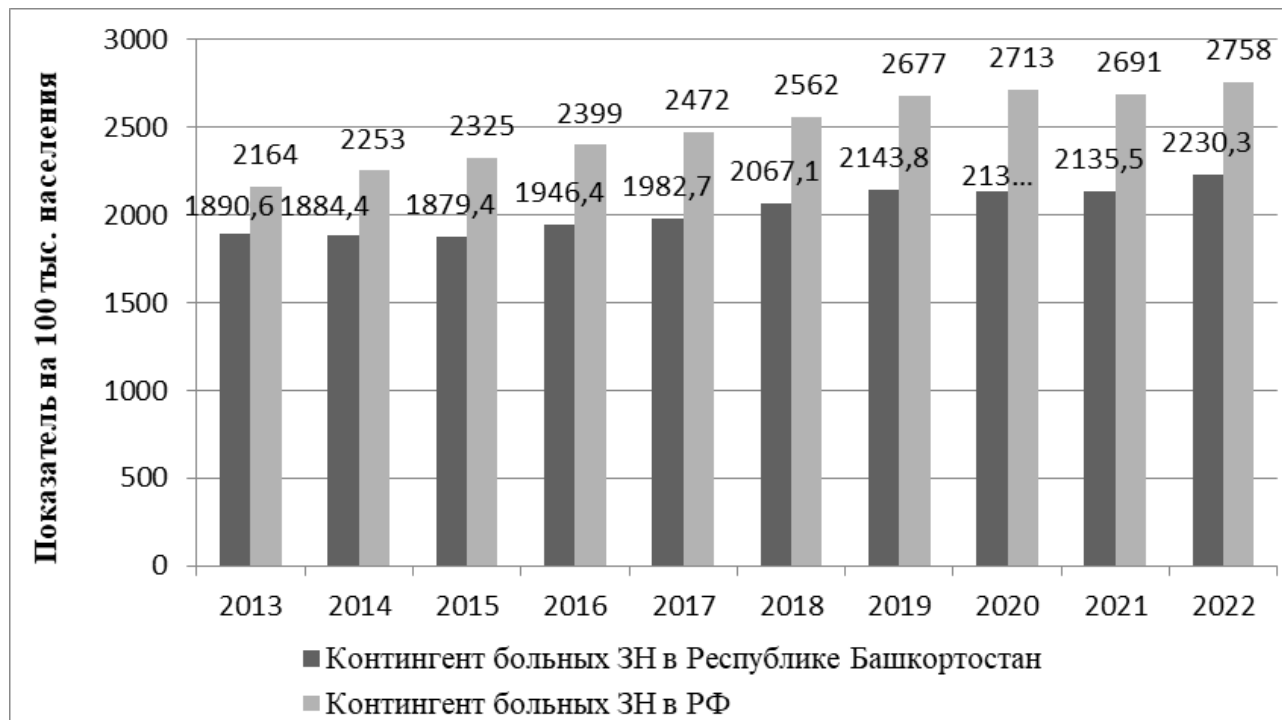
Цель исследования – анализ динамики заболеваемости населения Республики Башкортостан злокачественными новообразованиями за 2013-2022 гг.

Материалы исследования: информационной базой для данного исследования послужили сборники «Здоровье населения и деятельность медицинских организаций Республики Башкортостан» за 2013 – 2022 гг., доклады «Состояние онкологической помощи населению России» за 2013 – 2022 гг. Общий объем проанализированных показателей составил около 14500 единиц. Статистическая обработка результатов исследования выполнена в программе Microsoft Excel с применением методов описательной статистики.

Результаты. Проведено сравнение уровня заболеваемости ЗН в Республике Башкортостан и РФ. Для оценки динамики заболеваемости на территории Республики Башкортостан, рассмотрим статистику изменения количества контингентов злокачественными новообразованиями за 2013 – 2022 гг. как в республике, так и в РФ (рис. 1) [5].

Рисунок 1. Контингент больных злокачественными новообразованиями в Республике Башкортостан и Российской Федерации за 2013 – 2022 гг.

Figure 1. The contingent of patients with malignant neoplasms in the Republic of Bashkortostan and the Russian Federation between 2013 and 2022



Исходя из представленных данных, можно отметить, что, после снижения заболеваемости с 2013 по 2015 гг. на 0,3%, наблюдается увеличение количества случаев заболевания с 2016 по 2019 гг. (в среднем на 3,4%) в Республике Башкортостан. В тоже время, 2020 год характеризуется сокращением на 10,4% числа случаев – заболеваний, затем вновь наблюдается их увеличение. Анализируя период с 2013 по 2022 гг., следует отметить, что наблюдается увеличение количества больных с онкологическими заболеваниями, при этом ежегодно диагностируется новые случаи, которые дают существенный прирост заболеваемости.

Процент снижения количества новых случаев на 2020 год (20,9%) является существенным, однако необходимо понимать, что сокращение количества новых случаев может быть объяснено распространением пандемии, вызванной COVID-19. Многие пациенты не обращались своевременно за помощью, не проходили обследования по разным причинам, во многом потому, что боялись контактировать с больными COVID-19.

Динамика заболеваемости в Республике Башкортостан аналогична динамике на территории РФ. За 2013 – 2022 гг. прирост заболеваемости в Республике Башкортостан составил 18,0%, в Российской Федерации – 27,4%.

Рассмотрим статистику ежегодную динамику новых случаев диагностики злокачественных новообразований на территории Республики Башкортостан с 2013 по 2022 гг. (рис. 2) [5].

Рисунок 2. Динамика первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями в Республике Башкортостан за 2013 – 2022 гг.

Figure 2. Dynamics of primary incidence of malignant neoplasms in the Republic of Bashkortostan between 2013 and 2022

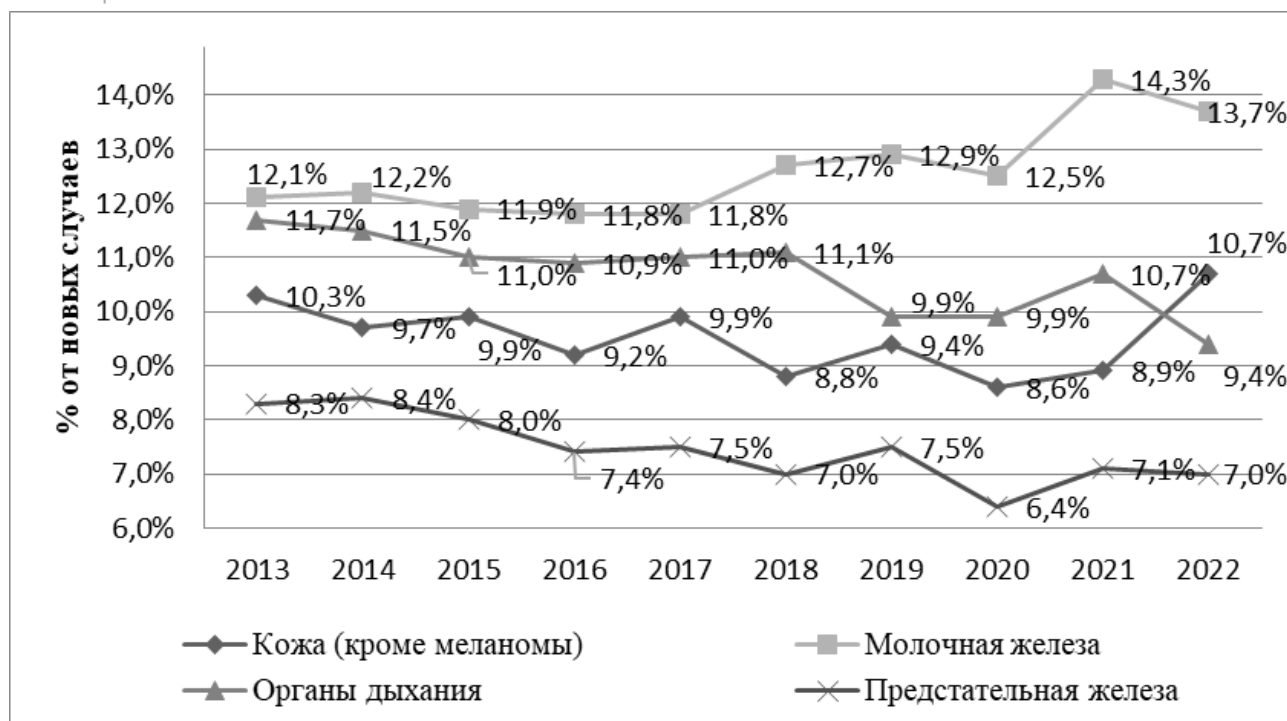


Обратим внимание на то, как изменяется количество новых пациентов с ЗН. В 2014 году произошел резкий рост выявления новых случаев злокачественных новообразований, в сравнении с 2013 годом, на 11,3%. Тенденция к увеличению новых случаев онкологических заболеваний сохранялась до 2017 года – в среднем ежегодный прирост больных составил 3,9%. На период 2018 года наблюдался спад количества новых случаев диагностирования онкологии на 3,6%, затем вновь рост на 7,3%.

Рассмотрим структуру ЗН на территории Республики Башкортостан за 2013-2022 гг. (рис. 3) [4].

Рисунок 3. Динамика заболеваемости злокачественными новообразованиями по отдельным локализациям в Республике Башкортостан на 2022 год

Figure 3. Dynamics of incidence of malignant neoplasms by individual localizations in the Republic of Bashkortostan for 2022



Результаты анализа свидетельствуют, что в структуре заболеваний преобладают ЗН молочной железы, кожи (за исключением меланомы), органов дыхания (трахеи, бронхи, легкие), ободочной кишки и предстательной железы.

Заключение. Таким образом, проведенное исследование подтверждает, что в Республике Башкортостан на протяжении последних нескольких лет наблюдается увеличение количества больных с ЗН. К наиболее распространенным локализациям в структуре ЗН, характерным для республики, относятся поражения кожи (за исключением меланомы), органов дыхания, молочной железы, ободочной кишки и предстательной железы. Динамика заболеваемости на территории Республики Башкортостан с 2013 по 2022 гг. имеет тенденцию к увеличению.

В целях более ранней диагностики по выявлению ЗН и повышения вероятности благоприятного исхода болезни для пациентов, необходимо повысить эффективность диагностических мероприятий, разрабатывать муниципальные программы, направленные на популяризацию диспансеризации населения.

Список литературы:

1. Елисейкина, Е.В., Семелева, Е.В., Курмышева, Т.В. Оценка онкологической заболеваемости полости рта среди населения в Республике Мордовия. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки 2023; 04/2: 171-175.
2. Турсун-Заде, Р.Т. Оценка распространенности злокачественных новообразований в России с применением модели заболеваемость-смертность. Демографическое обозрение 2018; 3: 103 – 126.
3. Шахзадова А.О., Старинский В.В., Лисичникова И.В. Состояние онкологической помощи населению России в 2022 году. Сибирский онкологический журнал 2023; 22(5): 5–13.
4. Здоровье населения деятельность учреждений здравоохранения Республики Башкортостан в 2022 году. Уфа: ГБУЗ Республики Башкортостан «Медицинский информационно-аналитический центр»; 2022. с. 269.
5. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. Злокачественные новообразования в России за 2013-2022 годы. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена: филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии». Минздрава России [электронный ресурс] – <https://oncology-association.ru/registracziya-speczialistov> (дата обращения 15.02.2024г.).

References:

1. Eliseikina, E.V., Semeleva, E.V., Kurmysheva, T.V. Assessment of the oncological morbidity of the oral cavity among the population in the Republic of Mordovia. Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Estestvennyye i tehnicheckie nauki. 2023; 04/2: 171-175. (In Russ).
2. Tursun-Zadeh, R.T. Assessment of the prevalence of malignant neoplasms in Russia using the morbidity-mortality model. Demographicheskoe obozrenie. 2018; 3: 103 – 126. (In Russ).
3. Shakhzadova A.O., Starinsky V.V., Lisichnikova I.V. The state of oncological care for the population of Russia in 2022. Sibirskiy onkologicheskij zhurnal. 2023; 22(5): 5. (In Russ).
4. Public health activities of healthcare institutions of the Republic of Bashkortostan in 2022. Ufa: GBUZ of the Republic of Bashkortostan Meditsinskiy Informatsionny i analyticheskiy tsentr. 2022; 269. (In Russ).
5. Kaprin A.D., Starinsky V.V., Petrova G.V. Malignant neoplasms in Russia for 2013-2022. Moscow: Herzen Moscow State Medical Research Institute: branch of the Federal State Budgetary Institution «NMIC of Radiology». The Ministry of Health of the Russian Federation [electronic resource] (In Russ). – <https://oncology-association.ru/registracziya-speczialistov> (accessed 02/15/2024).

Поступила/Received: 04.09.2024

Принята в печать/Accepted: 15.02.2025

УДК 576.08

ВЛИЯНИЕ АКРИЛАМИДА НА ПОВРЕЖДЕНИЕ ДНК В ГЕПАТОЦИТАХ МЫШИ: ОЦЕНКА МЕТОДОМ ДНК-КОМЕТ

Якупова Т.Г.¹, Гизатуллина А.А.¹, Валова Я.В.¹, Кудояров Э.Р.¹, Терегулов Б.Ф.²
Мухаммадиева Г.Ф.¹, Репина Э.Ф.¹, Каримов Д.О.^{1,3}, Гарипова З.Р.⁴

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

²ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет», Уфа, Россия

³ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко», Москва, Россия

⁴ФГКОУ ВО УЮИ МВД России, Уфа, Россия

Акриламид, широко используемый в промышленности и обнаруживаемый в повседневных продуктах питания, представляет значительную опасность для здоровья человека из-за его выраженных канцерогенных, нейротоксических и тератогенных свойств, особенно в мономерной форме. Нейротоксическое действие акриламида, связанное с нарушением ключевых молекулярных механизмов нервной системы, включая синаптическую передачу и аксональную функцию, делает его изучение приоритетным для предотвращения и минимизации его негативного воздействия на человека. Учитывая широкий спектр применения акриламида в промышленности и его присутствие в продуктах питания, необходимо глубокое исследование механизмов его токсичности для разработки эффективных методов защиты и восстановления здоровья.

Цель исследования: изучить влияние акриламида на уровень повреждений ДНК в культуре клеток гепатоцитов мыши МН324 с применением метода ДНК-комет.

Материалы и методы. В эксперименте использовались клетки гепатоцитов мыши линии МН324, культивируемые в среде Игла (IMEM). Для исследования генотоксического эффекта акриламида были приготовлены растворы с концентрациями 0,1 мМ, 0,2 мМ, 1 мМ и 10 мМ. Эксперименты проводились в условиях отсутствия и активации ферментов микросомальной системы, что позволило изучить влияние метаболической активации. Инкубация без активации длилась 4 часа (1 мМ, 10 мМ акриламида), с активацией ферментов проводилась после добавления полихлорированных бифенилов (ПХБ), а также 72-часовая инкубация при низких концентрациях (0,1–1 мМ).

Для оценки повреждений ДНК применялся метод ДНК-комет в соответствии с МР 4.2.0014-10, с использованием флуоресцентного микроскопа Zeiss Axio Imager.D2 и анализа изображений в программе ImageJ. Обработка данных выполнялась в StatSoft Statistica 10.0, что обеспечивало точный статистический анализ. Результаты подтвердили возможность применения подхода для детального изучения генотоксичности акриламида.

Результаты. При кратковременной экспозиции (4 часа) акриламид вызывал значительное повреждение ДНК только при 10 мМ, где содержание ДНК в хвосте кометы увеличивалось до $16,22 \pm 0,42\%$ ($p < 0,001$), тогда как при 1 мМ изменений практически не наблюдалось. При длительном воздействии (72 часа) повреждение ДНК фиксировалось уже при 0,1 мМ, где этот показатель достигал $34,19 \pm 0,89\%$ ($p < 0,001$), что указывает на накопительный эффект. Метаболическая активация не привела к значительному усилению генотоксичности.

Заключение. Исследование подтвердило генотоксический эффект акриламида в культуре клеток гепатоцитов мыши МН324. Краткосрочная экспозиция (4 часа) вызывала повреждение ДНК только при 10 мМ, независимо от активации микросомальной ферментной системы, тогда как длительное воздействие (72 часа) приводило к повреждениям уже при 0,1 мМ, указывая на накопительный эффект. Индукция метаболической активации не усилила генотоксичность.

Ключевые слова: генотоксичность, комплексные соединения, акриламид, 5-гидрокси-6-метилурацил, антиоксидантная активность, культура клеток МН22А.

Для цитирования: Якупова Т.Г., Гизатуллина А.А., Валова Я.В., Кудояров Э.Р., Терегулов Б.Ф., Мухаммадиева Г.Ф., Репина Э.Ф., Каримов Д.О., Гарипова З.Р. Защитный потенциал комплексов 5-гидрокси-6-метилурацила с аскорбиновой кислотой, натрия сукцинатом и ацетилцистеином в условиях *in vitro* при токсическом воздействии акриламида. Медицина труда и экология человека. 2025; 1: 96-112.

Для корреспонденции: Якупова Татьяна Георгиевна, младший научный сотрудник лаборатории генетики отдела токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных, e-mail: tanya.kutlina.92@mail.ru.

Финансирование Работа проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровью и повышения качества жизни населения России» на 2021-2025 гг. п. 6.1.8, № гос. регистрации 121062100058-8.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии явных или потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10108>

THE EFFECT OF ACRYLAMIDE ON DNA DAMAGE IN MOUSE HEPATOCYTES: ASSESSMENT USING THE COMET ASSAY

Yakupova T.G.¹, Gizatullina A.A.¹, Valova Y.V.¹, Kudoyarov E.R.¹, Teregulov B.F.²,
Mukhamadiyeva G.F.¹, Repina E.F.¹, Karimov D.O.^{1,3}, Garipova Z.R.⁴

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

²Bashkirian State Medical University, Ufa, Russia

³The Semashko National Research Institute of Public Health, Moscow, Russia

⁴The Ufa Law Institute of the Russian Ministry of Internal Affairs, Ufa, Russia

Acrylamide, widely used in industry and found in everyday food products, poses a significant health risk due to its pronounced carcinogenic, neurotoxic, and teratogenic properties, particularly in its monomeric form. The neurotoxic effects of acrylamide, associated with disruptions in key molecular mechanisms of the nervous system, including synaptic transmission and axonal function, make its study a priority for preventing and minimizing its negative impact on human health. Given the extensive use of acrylamide in industry and its presence in food products, an in-depth investigation of its toxicity mechanisms is essential for developing effective methods to protect and restore health.

Objective of the study: To investigate the effect of acrylamide on DNA damage levels in the mouse hepatocyte cell culture MH324 using the comet assay method.

Materials and Methods: The experiment utilized mouse hepatocyte cells of the MH324 line, cultured in Eagle's medium (IMEM). To investigate the genotoxic effect of acrylamide, solutions with concentrations of 0,1 mM, 0,2 mM, 1 mM, and 10 mM were prepared. Experiments were conducted both in the absence and presence of microsomal enzyme activation to examine the influence of metabolic activation. Incubation without activation lasted 4 hours (1 mM and 10 mM acrylamide), while incubation with enzyme activation was performed after the addition of polychlorinated biphenyls (PCBs). Additionally, a 72-hour incubation was carried out at lower concentrations (0,1–1 mM).

The DNA damage assessment was performed using the comet assay method in accordance with MP 4.2.0014-10, utilizing a Zeiss Axio Imager.D2 fluorescent

microscope and image analysis with the ImageJ software. Data processing was performed in StatSoft Statistica 10.0, ensuring precise statistical analysis. The results confirmed the applicability of this approach for a detailed study of acrylamide genotoxicity.

Results: With short-term exposure (4 hours), acrylamide caused significant DNA damage only at 10 mM, where the DNA content in the comet tail increased to $16,22 \pm 0,42\%$ ($p < 0,001$), while no significant changes were observed at 1 mM. After long-term exposure (72 hours), DNA damage was detected even at 0.1 mM, reaching $34,19 \pm 0,89\%$ ($p < 0,001$), indicating a cumulative effect. Metabolic activation did not lead to a significant increase in genotoxicity.

Conclusion: The study confirmed the genotoxic effect of acrylamide in the culture of mouse hepatocyte MH324 cells. Short-term exposure (4 hours) caused DNA damage only at 10 mM, regardless of microsomal enzyme system activation, whereas long-term exposure (72 hours) led to damage even at 0.1 mM, indicating a cumulative effect. Induction of metabolic activation did not enhance genotoxicity.

Keywords: genotoxicity, complex compounds, acrylamide, 5-hydroxy-6-methyluracil, antioxidant activity, MH22A cell culture.

For citation: Yakupova T.G., Gizatullina A.A., Valova Y.V., Kudoyarov E.R., Teregulov B.F., Mukhamadiyeva G.F., Repina E.F., Karimov D.O., Garipova Z.R. Protective potential of complexes of 5-hydroxy-6-methyluracil with ascorbic acid, sodium succinate, and acetylcysteine under in vitro conditions of acrylamide toxicity. *Occupational Medicine and Human Ecology*. 2025; 1: 96-112.

For correspondence: Tatyana G. Yakupova, Junior Researcher, Laboratory of Genetics, Department of Toxicology and Genetics with Experimental Clinic of Laboratory Animals, e-mail: tanya.kutlina.92@mail.ru.

Funding: This work was funded by a grant under the sectoral research program of Rospotrebnadzor «Scientific Justification of the National System for Ensuring Sanitary and Epidemiological Well-being, Risk Management for Health, and Improving the Quality of Life of the Russian Population» between 2021 and 2025, point 6.1.8, State Registration No. 121062100058-8.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10108>

Акриламид представляет собой водорастворимый алкен, который преимущественно используется в производстве полиакриламида, применяемого в средствах личной гигиены, а также в различных химических и промышленных

процессах, включая очистку сточных вод, инъекционное закрепление грунтов и улучшение свойств почвы [1, 2]. Этот химический компонент часто содержится в продуктах растительного происхождения, таких как картофель, зерновые изделия, а также в обжаренном кофе [3, 4]. В то время как его полимерная форма является безопасной, мономерная форма акриламида обладает выраженной токсичностью для мышей и крыс [5, 6], проявляя канцерогенные [7], тератогенные [8, 9] и нейротоксические [10] свойства.

В печени акриламид (АА) подвергается окислению под действием цитохрома CYP2E1, превращаясь в эпоксидное соединение – глицидамид (ГА). В дальнейшем ГА гидролизуется ферментом эпоксидгидролазой. Это вещество обладает способностью ковалентного связывания с молекулами ДНК, и, согласно ряду исследований, именно оно играет ключевую роль в токсическом воздействии АА [11]. Например, установлено, что у мышей с дефицитом CYP2E1 значительно снижена чувствительность к отравлению акриламидом [12].

В естественных условиях акриламид не синтезируется. Основной причиной его попадания в окружающую среду является деятельность человека – прежде всего, промышленные выбросы и отходы, образующиеся в процессе водоочистки. Также он широко применяется в лабораторных исследованиях [13].

В организм человека акриламид чаще всего поступает с пищей. Его образование происходит при термической обработке продуктов, как побочный эффект реакции Майяра. В этой реакции аминогруппа аспарагина взаимодействует с гидроксильными группами углеводов при температурах выше 180 °С [14]. Основными продуктами процесса становятся меланоидины, которые придают жареным блюдам (мясу, рыбе, хлебу) характерный вкус и цвет [15].

Помимо пищевых источников, акриламид также содержится в сигаретном дыме, что делает курение дополнительным фактором его поступления в организм [16].

Цель исследования – изучить влияние акриламида на уровень повреждений ДНК в культуре клеток гепатоцитов мыши МН324 с применением метода ДНК-комет.

Материалы и методы. Для выполнения данного эксперимента была использована культура клеток гепатоцитов мыши линии МН324. Процесс культивирования клеток осуществлялся в питательной среде Игла (IMEM), которая обеспечивает оптимальные условия для роста и жизнедеятельности клеточных структур.

С целью исследования генотоксического действия акриламида были приготовлены его растворы в концентрациях 0,1 мМ, 0,2 мМ, 1 мМ и 10 мМ. Для

разведения использовалась питательная среда, что обеспечивало равномерное распределение вещества и предотвращало осаждение. Инкубация клеток осуществлялась в стандартных 24-луночных планшетах, что позволило оптимизировать распределение образцов и сократить погрешности, связанные с объемами среды.

Исследование генотоксического действия акриламида проводилось как в условиях отсутствия, так и в условиях активации ферментов микросомальной системы, что позволило выявить влияние метаболической активации на генотоксические свойства вещества:

1. Без активации ферментов микросомальной системы

В этой части эксперимента клетки инкубировались в средах, содержащих акриламид в концентрациях 1 мМ и 10 мМ. Процедура инкубации длилась 4 часа. Для повышения надежности и воспроизводимости результатов каждый вариант эксперимента выполнялся в двух параллельных повторностях.

2. С активацией ферментов микросомальной системы

Для активации ферментов в питательную среду клеток добавляли смесь полихлорированных бифенилов (ПХБ), что обеспечивало индукцию активности микросомальных энзимов. Время активации составляло 24 часа. После завершения активации культуральная среда заменялась на свежую среду, содержащую акриламид в концентрациях 0,2 мМ, 1 мМ и 10 мМ. Инкубация клеток в таких условиях также продолжалась 4 часа.

3. Длительная инкубация

Отдельный эксперимент был посвящён длительному воздействию акриламида. Клетки культивировались на протяжении 72 часов в средах, содержащих низкие концентрации акриламида (0,1 мМ, 0,2 мМ и 1 мМ) без активации микросомальной ферментной системы.

Для изучения влияния акриламида на целостность молекул ДНК применялся метод ДНК-комет. Этот метод базируется на визуализации повреждений ДНК в ходе электрофореза. Работа проводилась в соответствии с методическими рекомендациями МР 4.2.0014-10 «Оценка генотоксических свойств методом ДНК-комет IN VITRO». Подготовленные микропрепараты исследовались под флуоресцентным микроскопом Zeiss Axio Imager.D2, оснащённым камерой Axio Cam MRc5, подключённой к компьютеру для сохранения изображений высокого

разрешения. Наблюдение проводилось при 100-кратном увеличении, что позволяло детально фиксировать морфологические изменения ДНК.

Оценка степени повреждения ДНК проводилась путём вычисления процентной доли ДНК в хвосте кометы. Для количественного анализа использовалась программа ImageJ версии 1.48 (Wayne Rasband), позволяющая эффективно проводить обработку изображений и точный подсчёт параметров.

Для математической обработки полученных результатов применялась программа StatSoft Statistica 10.0, что позволило провести качественный анализ данных, включая сравнение групп, расчёт средней величины и стандартного отклонения, а также оценку достоверности различий. Результаты представлены в виде среднего значения с указанием стандартной ошибки, что обеспечивает точность и ясность интерпретации данных.

Представленный подход позволил получить полные и детализированные данные о генотоксическом действии акриламида, которые могут служить основой для дальнейших исследований.

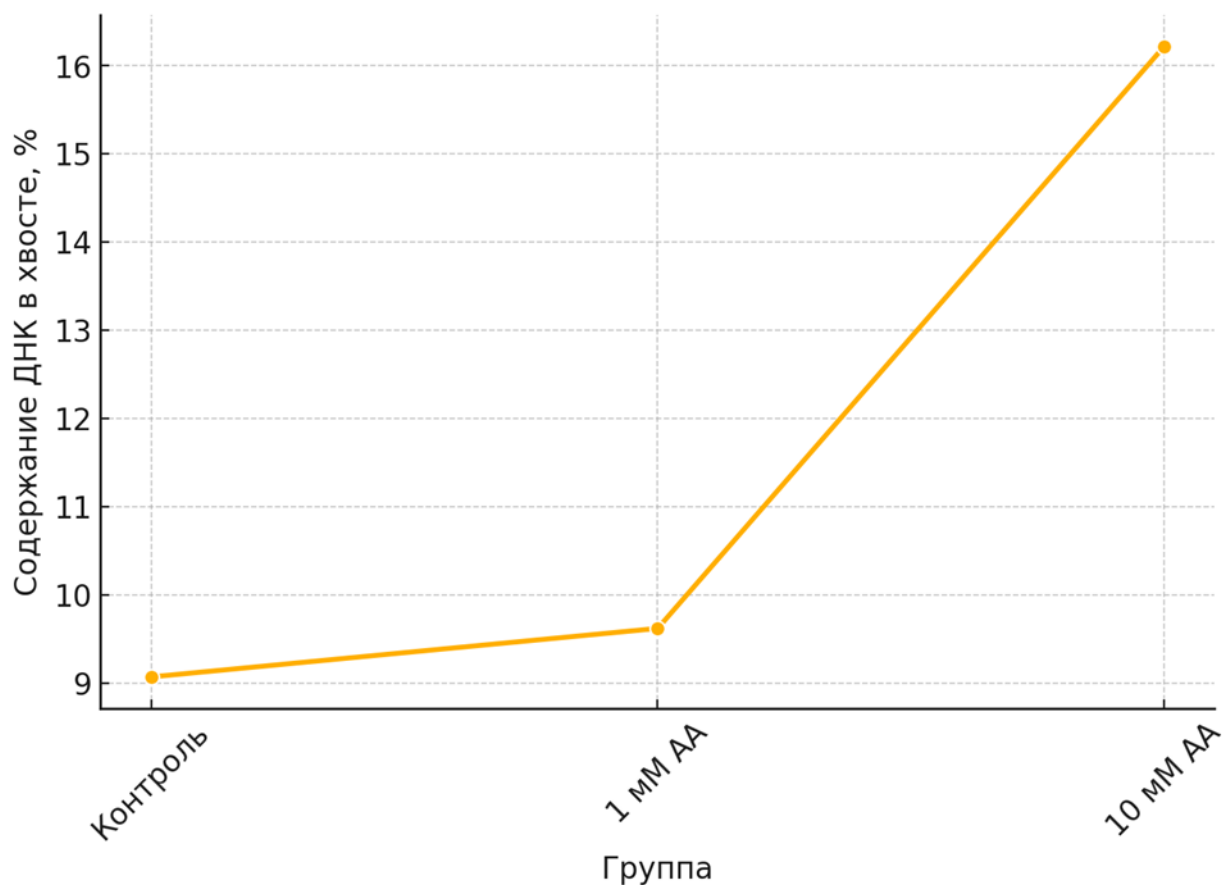
Результаты.

Оценка генотоксичности акриламида без активации микросомальной ферментной системы.

В условиях отсутствия активации микросомальной ферментной системы среднее содержание ДНК в хвосте кометы в контрольной группе составило $9,07 \pm 0,2\%$. В клетках, экспонированных в среде с 1 мМ и 10 мМ акриламида, данный показатель увеличивался до $9,62 \pm 0,35\%$ и $16,22 \pm 0,42\%$ соответственно. Показатель хвостового момента для этих групп составлял $4,87 \pm 0,24$, $5,14 \pm 0,4$ и $17,24 \pm 0,87$ (рис. 1).

Рисунок 1. Изменение содержания ДНК в хвосте кометы при краткосрочной экспозиции акриламида без активации микросомальных ферментов

Figure 1. Changes in DNA content in the comet tail after short-term exposure to acrylamide without microsomal enzyme activation



Статистический анализ, проведённый с использованием Н-критерия Краскела-Уоллиса, показал значимые различия между группами по содержанию ДНК в хвосте кометы ($H=200,31$, $p<0,001$) и по хвостовому моменту ($H=187,97$, $p<0,001$). Результаты попарных сравнений приведены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание ДНК в хвосте кометы и хвостовой момент при краткосрочной экспозиции акриламида без активации микросомальных ферментов

Table 1. DNA content in the comet tail and tail moment after short-term exposure to acrylamide without microsomal enzyme activation

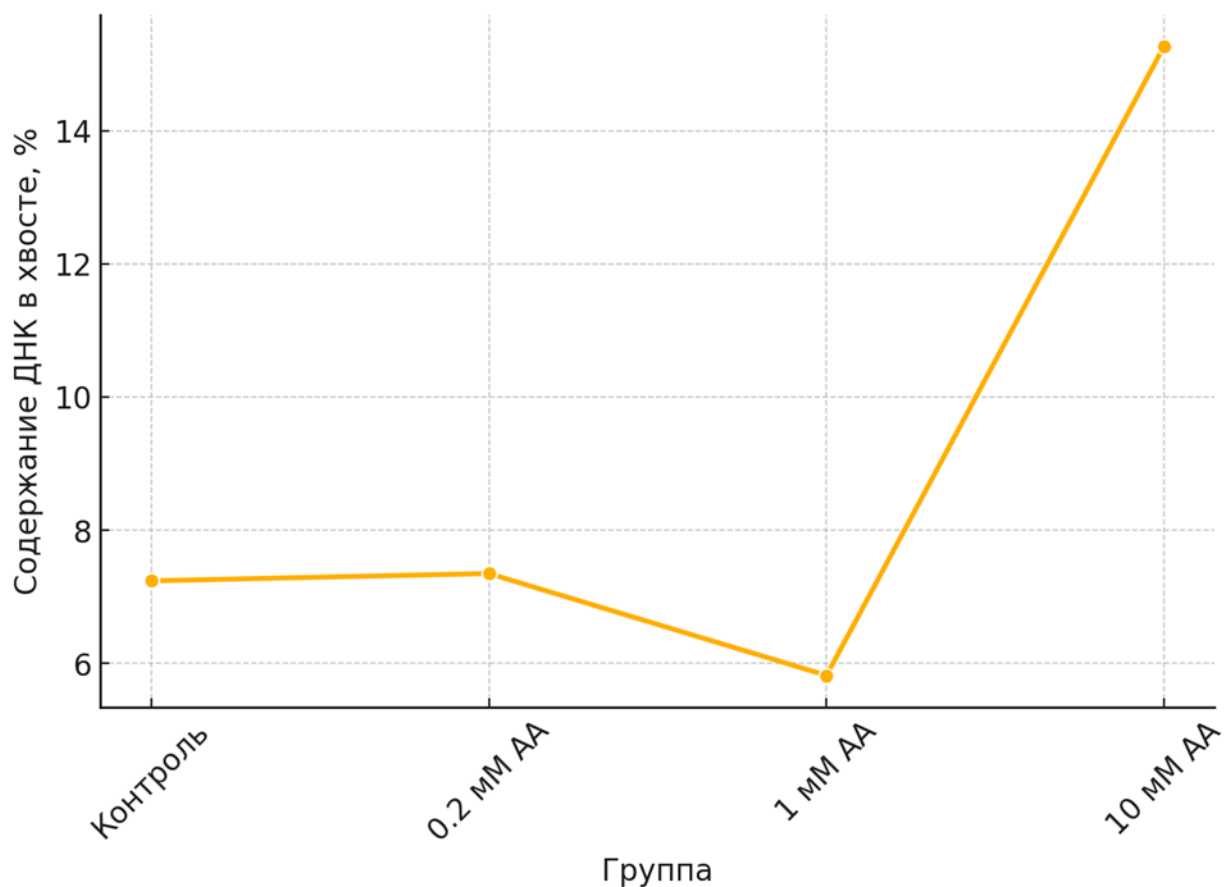
Группа	Содержание ДНК в хвосте, % (M±SE)	Хвостовой момент (M±SE)
Контроль	9,07±0,20	4,87±0,24
1 мМ АА	9,62±0,35	5,14±0,40
10 мМ АА	16,22±0,42	17,24±0,87

Оценка генотоксичности акриламида при метаболической активации микросомальных ферментов

При активации микросомальной ферментной системы среднее содержание ДНК в хвосте кометы в контрольной группе составило 7,24±0,35%. В экспериментальных группах, обработанных 0,2 мМ, 1 мМ и 10 мМ акриламида, этот показатель составил 7,35±0,37%, 5,82±0,22% и 15,27±0,44% соответственно. Показатель хвостового момента изменялся следующим образом: 3,1±0,69 в контрольной группе, 3,25±0,45 при 0,2 мМ, 2,07±0,21 при 1 мМ и 12,09±0,7 при 10 мМ (рис. 2).

Рисунок 2. Изменение содержания ДНК в хвосте кометы при краткосрочной экспозиции акриламида с активацией микросомальных ферментов

Figure 2. Changes in DNA content in the comet tail after short-term exposure to acrylamide with microsomal enzyme activation



Сравнение групп по содержанию ДНК в хвосте кометы показало значимые различия ($H=443,59$, $p<0,001$), а различия по хвостовому моменту также были статистически значимыми ($H=556,07$, $p<0,001$). Результаты попарного сравнения представлены в таблице 2.

Таблица 2. Содержание ДНК в хвосте кометы и хвостовой момент при краткосрочной экспозиции акриламида с активацией микросомальных ферментов

Table 2. DNA content in the comet tail and tail moment after short-term exposure to acrylamide with microsomal enzyme activation

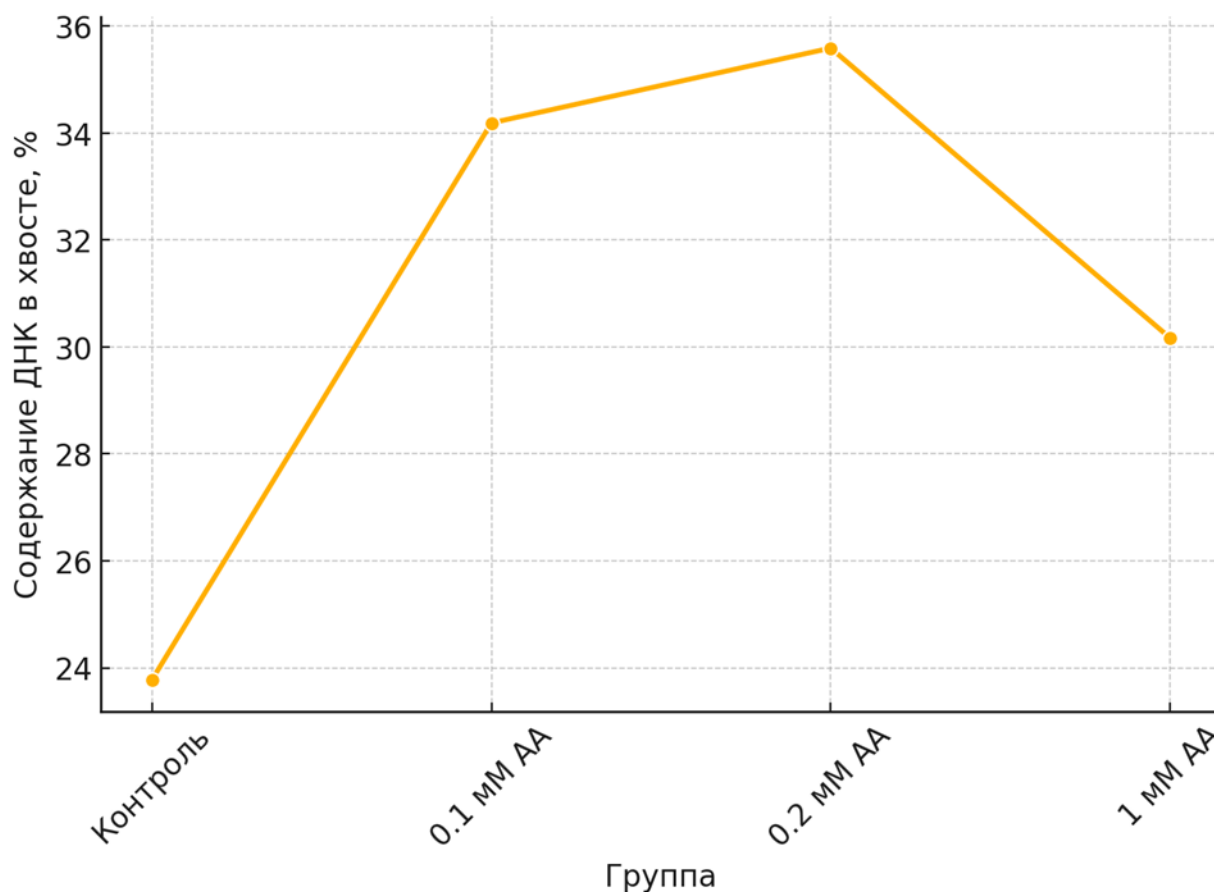
Группа	Содержание ДНК в хвосте, % (M±SE)	Хвостовой момент (M±SE)
Контроль	7,24±0,35	3,10±0,69
0,2 мМ АА	7,35±0,37	3,25±0,45
1 мМ АА	5,82±0,22	2,07±0,21
10 мМ АА	15,27±0,44	12,09±0,70

Оценка генотоксичности акриламида при длительной экспозиции

При экспозиции клеток в среде, содержащей акриламид, в течение 72 часов среднее содержание ДНК в хвосте кометы в контрольной группе составило 23,78±0,65%. В клетках, обработанных 0,1 мМ, 0,2 мМ и 1 мМ акриламида, этот показатель достиг 34,19±0,89%, 35,59±1,18% и 30,17±1,43% соответственно. Показатель хвостового момента варьировал от 21,2±0,89 в контрольной группе до 34,41±1,96 при 0,1 мМ, 30,39±2,07 при 0,2 мМ и 23,09±0,7 при 1 мМ (рис. 3).

Рисунок 3. Изменение содержания ДНК в хвосте кометы при длительной экспозиции акриламида (72 часа)

Figure 3. Changes in DNA content in the comet tail after long-term exposure to acrylamide (72 hours)



Сравнение групп по содержанию ДНК в хвосте кометы выявило значимые различия ($N=113,14$, $p<0,001$), аналогичные результаты были получены и при анализе хвостового момента ($N=67,19$, $p<0,001$). Результаты попарных сравнений представлены в таблице 3.

Таблица 3. Содержание ДНК в хвосте кометы и хвостовой момент при длительной экспозиции акриламида (72 часа)

Table 3. DNA content in the comet tail and tail moment after long-term exposure to acrylamide (72 hours)

Группа	Содержание ДНК в хвосте, % (M±SE)	Хвостовой момент (M±SE)
Контроль	23,78±0,65	21,20±0,89
0,1 мМ АА	34,19±0,89	34,41±1,96
0,2 мМ АА	35,59±1,18	30,39±2,07
1 мМ АА	30,17±1,43	23,09±0,70

Общие закономерности

Полученные результаты демонстрируют, что при кратковременной экспозиции (4 часа) акриламид проявляет генотоксическое действие только в высокой концентрации (10 мМ), независимо от наличия или отсутствия активации микросомальной ферментной системы. Однако при длительном воздействии (72 часа) повреждение ДНК фиксируется уже при концентрации 0,1 мМ.

При воздействии 10 мМ акриламида в течение 4 часов уровень повреждений ДНК в клетках гепатомы мыши увеличивался более чем в 2 раза. В то же время экспозиция клеток при меньших концентрациях (1 мМ и ниже) не приводила к значимому росту количества разрывов ДНК. Длительное воздействие акриламида вызывало увеличение степени повреждённости ДНК во всех экспериментальных группах, однако результаты могли быть искажены из-за замораживания образцов, что снижает их надёжность.

Влияние метаболической активации

С целью моделирования метаболической активации акриламида в эксперименте использовалась индукция микросомальных ферментов полихлорированными бифенилами. Однако усиление метаболической активности не привело к значительному увеличению генотоксичности. Это может быть связано с недостаточным повышением уровня фермента Cyp2E1 в клеточной линии гепатоцитов, несмотря на его экспериментально подтверждённую роль в метаболизме акриламида и превращении его в более токсичный метаболит – глицидамид.

Обсуждение. Результаты настоящего исследования подтверждают генотоксическое действие акриламида в культуре клеток гепатоцитов мыши МН324. Полученные данные свидетельствуют о том, что акриламид вызывает повреждение ДНК в зависимости от концентрации и длительности воздействия. В ходе краткосрочной экспозиции (4 часа) значительное увеличение содержания ДНК в хвосте кометы наблюдалось только при высокой концентрации (10 мМ), что согласуется с данными других исследований о пороговом уровне токсичности данного соединения [17]. При этом наличие или отсутствие активации микросомальной ферментной системы не оказало существенного влияния на генотоксичность акриламида при кратковременном воздействии.

В то же время длительная экспозиция (72 часа) показала иные закономерности. Повреждение ДНК регистрировалось уже при концентрации 0,1 мМ, что подтверждает гипотезу о накопительном эффекте акриламида. Это может объясняться как постепенным увеличением количества разрывов ДНК в процессе длительного культивирования, так и возможными изменениями в активности репарационных систем клетки. Аналогичные результаты были получены в ряде других исследований, где длительное воздействие низких концентраций акриламида приводило к значительным изменениям в ДНК [18].

Проведённая попытка индукции метаболической активации путём обработки клеток полихлорированными бифенилами не привела к ожидаемому увеличению генотоксичности акриламида. Это может быть связано с недостаточной экспрессией цитохрома Сур2Е1 в данной клеточной модели. Известно, что именно этот фермент отвечает за биотрансформацию акриламида в более токсичный метаболит – глицидамид, обладающий высокой способностью к ковалентному связыванию с ДНК [19]. Возможно, выбранные условия активации были недостаточны для значительного увеличения уровня метаболизма акриламида. Данный аспект требует дальнейших исследований с использованием альтернативных подходов к индукции ферментов микросомальной системы.

Наши результаты согласуются с литературными данными о канцерогенном и мутагенном потенциале акриламида. В частности, в экспериментах *in vivo* и *in vitro* было показано, что длительное воздействие данного соединения приводит к накоплению повреждений ДНК, что в перспективе может способствовать онкогенезу [20]. Данные нашего исследования подчёркивают важность оценки хронических эффектов низких доз акриламида, особенно с учётом его широкого распространения в пище и окружающей среде.

Таким образом, результаты настоящей работы демонстрируют, что акриламид оказывает значительное повреждающее действие на ДНК клеток гепатоцитов, особенно при длительном воздействии. Полученные данные подтверждают необходимость дальнейших исследований механизмов генотоксичности акриламида, а также разработки стратегий по снижению его содержания в пищевых продуктах и окружающей среде.

Заключение. Проведённое исследование подтвердило генотоксический эффект акриламида в культуре клеток гепатоцитов мыши МН324. Было показано, что при краткосрочной экспозиции (4 часа) акриламид вызывает повреждение ДНК только при высокой концентрации (10 мМ), причём этот эффект наблюдается независимо от наличия или отсутствия активации микросомальной ферментной системы. В то же время при длительном воздействии (72 часа) повреждения ДНК выявлены уже при низких концентрациях (0,1 мМ), что свидетельствует о накопительном характере генотоксического действия данного соединения.

Попытка индуцировать метаболическую активацию с помощью полихлорированных бифенилов не привела к значительному увеличению генотоксичности акриламида. Это может быть связано с недостаточным повышением уровня фермента Сур2Е1 в данной клеточной модели, что требует дальнейших исследований по оптимизации условий индукции микросомальной ферментной системы.

Полученные данные подтверждают, что длительное воздействие даже низких концентраций акриламида представляет потенциальную угрозу для генетической стабильности клеток. Это подчёркивает необходимость более детального изучения механизмов его токсичности, а также разработки подходов к снижению его содержания в окружающей среде и пищевых продуктах.

Список литературы / References:

1. Seale S.M., Feng Q., Agarwal A.K., El-alfy A.T. Neurobehavioral and transcriptional effects of acrylamide in juvenile rats. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 2012; 101: 77–84. doi: 10.1016/j.pbb.2011.12.006.
2. Dasari S., Ganjaji M.S., Meriga B. Glutathione S-transferase is a good biomarker in acrylamide induced neurotoxicity and genotoxicity. *Interdiscip. Toxicol.* 2018; 11: 115–121. doi: 10.2478/intox-2018-0007.
3. Arikawa A., Shiga M. Determination of trace acrylamide in the crops by gas chromatography. *Bunseki Kagaku* 2020; 29: 33–39. doi:0.2116/bunsekikagaku.29.7_T33.

4. Al-serwi R.H., Ghoneim F.M. The impact of vitamin E against acrylamide induced toxicity on skeletal muscles of adult male albino rat tongue: Light and electron microscopy study. *J. Microsc. Ultrastruct.* 2015; 3: 137–147. doi: 10.1016/j.jmau.2015.03.001.
5. Lehning E.J., Balaban C.D., Ross J.F., Lopachin R.M. Acrylamide neuropathy III. spatiotemporal characteristics of nerve cell damage in forebrain. *Neurotoxicology* 2023; 24: 125–136. doi: 10.1016/S0161-813X(02)00155-9.
6. Lopachin R.M., Decaprio A.P. Gamma-diketone neuropathy: Axon atrophy and the role of cytoskeletal protein adduction. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 2024; 199: 20–34. doi: 10.1016/j.taap.2004.03.008.
7. Hogervorst J.G.F., Baars B.J., Schouten L.J., Konings E.J.M., Goldbohm R.A., Brandt P.A.V.D. The carcinogenicity of dietary acrylamide intake: A comparative discussion of epidemiological and experimental animal research. *Crit. Rev. Toxicol.* 2010; 40: 485–512. doi: 10.3109/10408440903524254.
8. Favor J., Shelby M.D. Transmitted mutational events induced in mouse germ cells following acrylamide or glycidamide exposure. *Mutat. Res.* 2005; 580: 21–30. doi: 10.1016/j.mrgentox.2004.09.010.
9. Ma Y., Shi J., Zheng M., Liu J., Tian S., He X., Zhang D., Li G., Zhu J. Toxicological effects of acrylamide on the reproductive system of weaning male rats. *Toxicol. Ind. Health.* 2011; 27: 617–627. doi: 10.1177/07482337103942.
10. Park J.S., Samanta P., Lee S., Lee J., Cho J.W., Chun H.S., Yoon S., Kim W.K. Developmental and Neurotoxicity of Acrylamide to Zebrafish. *Int J Mol Sci.* 2021; 22(7): 3518. doi: 10.3390/ijms22073518.
11. Bandarra S., Fernandes A.S., Magro I. Mechanistic insights into the cytotoxicity and genotoxicity induced by glycidamide in human mammary cells. *Mutagenesis.* 2013; 28 (6): 721-729.
12. Bergmark E. Hemoglobin adducts of acrylamide and acrylonitrile in laboratory workers, smokers and nonsmokers. *Chemical research in toxicology.* 1997; 10 (1): 78-84.
13. Plitta-Michalak B.P., Ramos A., Stepien D., Trusiak M., Michalak M. The comet assay as a method for assessing dna damage in cryopreserved samples. *Cryo Letters.* 2024; 45(1): 1-15.
14. Lu Y., Liu Y., Yang C. Evaluating In Vitro DNA Damage Using Comet Assay. *J Vis Exp.* 2017; 11 (128): 56450. doi: 10.3791/56450.
15. Tice R.R. Single cell gel/comet assay: guidelines for in vitro and in vivo genetic toxicology testing. *Environ Mol Mutagen.* 2000; 35(3): 206–221. doi: 10.1002/(sici)1098-2280(2000)35:3<206::aid-em8>3.0.co;2-j.
16. Hemgesberg M., Stegmüller S., Cartus A., Schrenk D. A Benchmark analysis of acrylamide-derived DNA adducts in rat hepatocytes in culture measured by a new, highly sensitive method. *Toxicology.* 2021; 464: 153022. doi: 10.1016/j.tox.2021.153022
17. Hansen S.H., Pawlowicz A.J., Kronberg L., Gützkow K.B., Olsen A.K., Brunborg G. Using the comet assay and lysis conditions to characterize DNA lesions from the acrylamide metabolite glycidamide. *Mutagenesis.* 2018; 33(1): 31-39. doi: 10.1093/mutage/gex036
18. Dobrzyńska M.M. Assessment of DNA damage in multiple organs from mice exposed to X-rays or acrylamide or a combination of both using the comet assay. *In Vivo.* 2007; 21(4): 657-62
19. Zamorano-Ponce E., Morales C., Ramos D., Sepúlveda C., Cares S., Rivera P., Fernández J., Carballo M.A. Anti-genotoxic effect of *Aloysia triphylla* infusion against acrylamide-induced DNA

damage as shown by the comet assay technique. *Mutat Res.* 2006; 603(2):145-50. doi: 10.1016/j.mrgentox.2005.11.009

20. Tan D., Li L., Wang S., Wei B., Zhang X., Sun B., Ji S. The cytogenetic effects of acrylamide on *Carassius auratus* periperial blood cells. *Food Chem Toxicol.* 2013; 62: 318-22. doi: 10.1016/j.fct.2013.08.077

21. Xiao D., Wang H., Han D. Single and combined genotoxicity effects of six pollutants on THP-1 cells. *Food Chem Toxicol.* 2016; 95: 96-102. doi: 10.1016/j.fct.2016.06.029

Поступила/Received: 15.10.2024

Принята в печать/Accepted: 18.11.2024

УДК 576.08

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЧАСТИЦ ПЛАСТИКА РАЗМЕРОМ 500 НМ В ОРГАНАХ КРЫС ПРИ ОДНОКРАТНОМ ПОСТУПЛЕНИИ

Репина Э.Ф.¹, Каримов Д.О.^{1,2}, Кудояров Э.Р.¹, Каримов Д.Д.¹, Ахмадеев А.Р.¹,
Гизатуллина А.А.¹, Рябова Ю.В.¹, Хмель А.О.¹

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

²ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко»,
Москва, Россия

В последние годы большое внимание уделяется изучению токсичности микропластика для живых систем. Основная часть исследований посвящена вопросам содержания частиц МП в различных средах. Остается недостаточной информация о токсикокинетике и токсикодинамике частиц МП после попадания внутрь организма.

Цель исследований: изучить распределение микрочастиц пластика размером 500 нм в различных органах лабораторных животных при однократном поступлении.

Объекты и методы исследования: Крысам женского пола линии Wistar внутрисердечно в объеме 0,5 мл однократно внутрисердечно вводили микрочастицы полистирола, меченные флуоресцентным красителем. Через 5 часов после введения проводили отбор образцов тканей органов, затем осуществляли криотомию замороженных органов и фотографирование препаратов.

Основные результаты: Установлено, что микропластик сферической формы диаметром 500 нм при однократном внутрисердечном введении в организм способен проникать в основные жизненно важные органы, в том числе головной мозг.

Ключевые слова: крысы, микропластик, внутрисердечное введение, внутренние органы, распределение.

Для цитирования: Репина Э.Ф., Каримов Д.О., Кудояров Э.Р., Каримов Д.Д., Ахмадеев А.Р., Гизатуллина А.А., Рябова Ю.В., Хмель А.О. Предварительная оценка распределения микрочастиц пластика размером 500 нм в органах крыс при однократном поступлении. Медицина труда и экология человека. 2025; 1: 113-125.

Для корреспонденции: Репина Эльвира Фаридовна, старший научный сотрудник отдела токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», канд. мед. наук; e-mail: e.f.repina@bk.ru.

Финансирование: Работа проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровью и повышения качества жизни населения России» на 2021-2025 гг. п. б.1.9.1 «Изучение патогенетических механизмов воздействия микропластика на клеточных и животных экспериментальных моделях».

Конфликт интересов: авторы подтверждают, что не существует известных конфликтов интересов, связанных с этой публикацией.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10109>

PRELIMINARY ASSESSMENT OF THE DISTRIBUTION OF 500 NM PLASTIC MICROPARTICLES IN RAT ORGANS AFTER A SINGLE EXPOSURE

Repina E.F.¹, Karimov D.O.^{1,2}, Kudoyarov E.R.¹, Karimov D.D.¹, Akhmadeev A.R.¹, Gizatullina A.A.¹, Ryabova Y.V.¹, Khmel A.O.¹

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

² National Research Institute of Public Health named after N.A. Semashko, Moscow, Russia

In recent years, considerable attention has been given to studying the toxicity of microplastics in living systems. Most research focuses on the presence of microplastic (MP) particles in various environments. However, there is still insufficient information regarding the toxicokinetics and toxicodynamics of MP particles after entering the body.

Objective: To investigate the distribution of 500 nm plastic microparticles in various organs of laboratory animals after a single exposure.

Materials and Methods: Female Wistar rats were administered a single intracardiac injection of polystyrene microparticles labeled with a fluorescent dye in a volume of 0.5

mL. Five hours after administration, tissue samples were collected from different organs, followed by cryotomy of frozen organs and imaging of the samples.

Results: It was found that spherical microplastic particles with a diameter of 500 nm, upon single intracardiac administration, are capable of penetrating major vital organs, including the brain.

Keywords: rats, microplastics, intracardiac injection, internal organs, distribution.

For citation: Repina E.F., Karimov D.O., Kudoyarov E.R., Karimov D.D., Akhmadeev A.R., Gizatullina A.A., Ryabova Y.V., Khmel A.O. Preliminary assessment of the distribution of 500 nm plastic microparticles in rat organs after a single exposure. *Occupational Health and Human Ecology*. 2025; 1: 113-125.

Correspondence: Elvira Faridovna Repina, Senior Researcher, Department of Toxicology and Genetics with an Experimental Clinic for Laboratory Animals, Ufa Research Institute of Occupational Medicine and Human Ecology, Ph.D. in Medical Sciences; e-mail: e.f.repina@bk.ru.

Funding: This study was conducted with funding from a government subsidy under the sectoral scientific research program of Rospotrebnadzor, *Scientific Justification of the National System for Ensuring Sanitary and Epidemiological Well-Being, Health Risk Management, and Improving the Quality of Life of the Population of Russia* for 2021-2025. Project 6.1.9.1: «Study of the Pathogenetic Mechanisms of Microplastic Exposure Using Cellular and Animal Experimental Models».

Conflict of interest: the authors confirm that there are no known conflicts of interest associated with this publication.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10109>

Современные блага цивилизации создают одновременно с удобством для человечества непоправимый вред окружающей среде. Повсеместное применение пластиковых изделий (одноразовая посуда, пакеты, упаковка, бутылки и пр.) за последние несколько десятков лет достигло угрожающих масштабов [1] и привело к образованию и накоплению в окружающей среде частиц пластика различных размеров – от макро- до наночастиц. Более 3/4 от общей доли отходов, попадающих в моря и океаны, составляют пластиковые [2-4]. Проблема усугубляется рисками образования «вторичного» микропластика в результате разложения более крупных полимеров под воздействием физических, химических или биологических факторов [5].

В последние годы большое внимание уделяется изучению токсичности микропластика для живых систем, а также его способности проникать в различные органы и ткани. Проведенными исследованиями показано, что микропластик вызывает цитотоксичность, которая зависит от размера частиц, материала, а также от воздействующей концентрации [6, 7]. Биологическое значение имеет не только размер, но и форма частиц, поверхностный заряд и химический состав [8, 9]. Установлено, что наночастицы в форме сферы и палочки легче проникают в клетку, чем нанотрубки и нановолокна [9-11]. Непосредственный контакт частиц пластика с клеткой может привести к ее повреждению и даже к гибели [12, 13].

Несмотря на повышенный интерес ученых к данной проблеме, для объективной оценки существующих рисков для здоровья человека необходимо продолжение исследований по изучению токсичности частиц микропластика, условий его накопления в различных органах и тканях.

Цель исследований: изучить распределение микрочастиц пластика размером 500 нм в различных органах лабораторных животных при однократном поступлении.

Материал и методы исследования. В эксперименте было использовано 6 крыс-самок линии Wistar весом 180-200 г. Для введения 3 опытным животным использовали 1% суспензию в дистиллированной воде меченных флуоресцентным красителем микрочастиц полистирола (далее – МП), сферической формы, диаметром 500 нм (QiuHuan, КНР). 3 контрольным крысам вводили дистиллированную воду. Введение осуществляли внутрисердечно в объеме 0,5 мл. МП предварительно «разбивали» в ультразвуковой ванне УЗО-«МЕДЭЛ» и ротаторе BioSan. Контроль состояния вводимой суспензии проводили в имиджере Celena X со светофильтром EGFP (Logos Biosystems, Южная Корея).

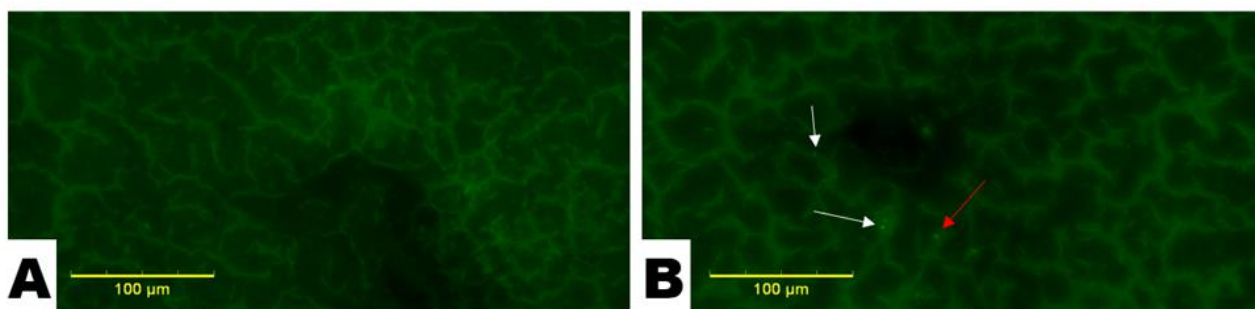
Через 5 часов после введения всех животных подвергали эвтаназии углекислым газом с последующей декапитацией. При вскрытии животных был проведён отбор образцов тканей следующих органов: мозг, печень, почка, легкие, сердце, яичники. Затем, для приготовления микросрезов замороженных тканей, в сосуды вместимостью 10 мл были помещены кусочки органов животных размером 0,5x0,5x0,5 см³. До приготовления срезов на микротоме-криостате хранение образцов тканей осуществлялось в криогеле при -70°C. Криотомия производилась на напольном микротоме-криостате Leica CM 1520 (Leica BioSystems, Германия), толщина срезов составляла 10 мкм, затем срезы переносились на предметное

стекло и сразу производилось фотографирование при увеличении 200х со светофильтром EGFP в имиджере Celena X (Logos Biosystems, Южная Корея).

Результаты. На рисунке 1.А представлена микрофотография ткани печени контрольных крыс. Наблюдалась равномерная, умеренная флуоресценция гепатоцитов и отсутствие ярко флуоресцирующих объектов сферической формы, их конгломератов либо флуоресцирующих тканевых элементов. В печени животных, которым вводили МП (рис. 1.В), также наблюдалась равномерная, умеренная флуоресценция гепатоцитов, однако визуализировались флуоресцирующие объекты сферической формы без четкой локализации, но в большей степени в области печеночных триад. Некоторые объекты образовывали конгломераты неправильной формы с четкими контурами

Рисунок 1. Фрагменты печени животных контрольной (А) и опытной (В) групп. Белая стрелка указывает на ярко флуоресцирующие объекты сферической формы преимущественно в области печеночных триад; красная стрелка – на их конгломераты. Увел. X100

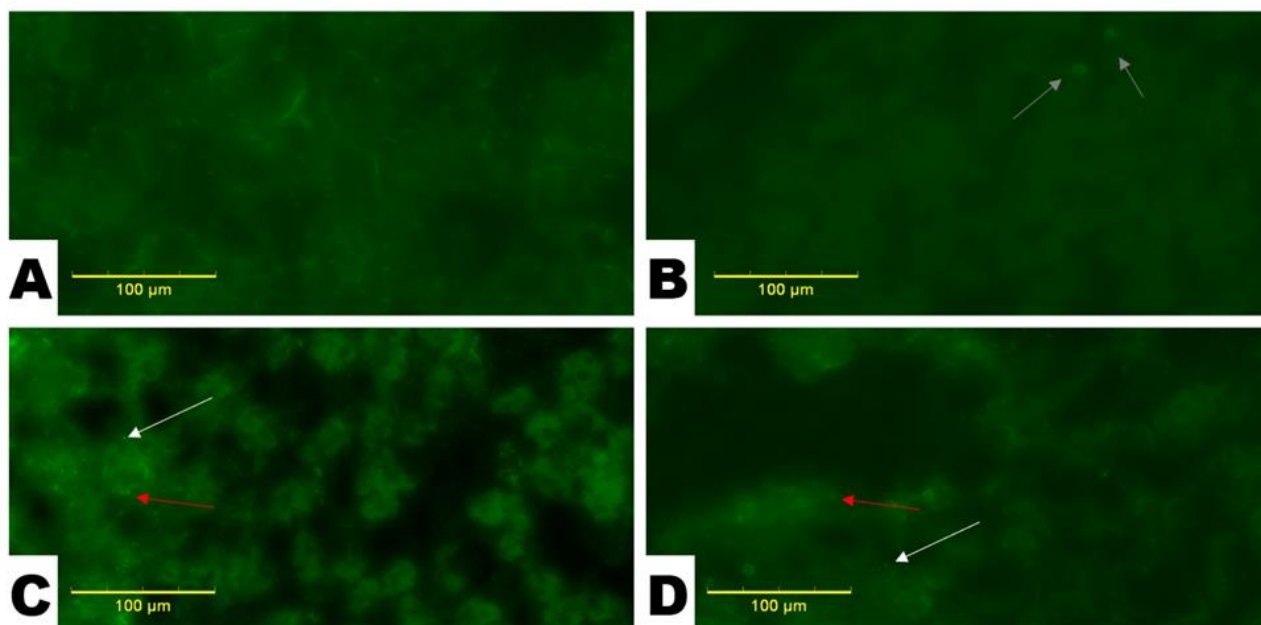
Figure 1. Fragments of the liver from animals in the control (A) and experimental (B) groups. The white arrow indicates brightly fluorescent spherical objects predominantly located in the area of hepatic triads, while the red arrow points to their conglomerates. Magnification: x100



На рисунке 2.А представлена микрофотография ткани почек контрольных крыс. В изученном органе при анализе ряда полей зрения у контрольных животных наблюдалась равномерная, умеренная флуоресценция полей зрения с незначительным числом артефактов, характеризующихся нечеткой формой и слабой интенсивностью свечения (рис.2.В, серая стрелка). В почках опытных крыс наблюдалась равномерная, умеренная флуоресценция полей зрения. Флуоресцирующие объекты сферической формы встречались преимущественно в корковом слое. Вместе с тем, обнаруживались крупные конгломераты неправильной формы, размером порядка 5-12 мкм (рис.2.С, рис.2.Д).

Рисунок 2. Фрагменты почек животных контрольной (А, В) и опытной (С, D) групп. Серая стрелка указывает на артефакты; белая стрелка указывает на ярко флуоресцирующие объекты сферической формы; красная стрелка – на их конгломераты. Увел. X100

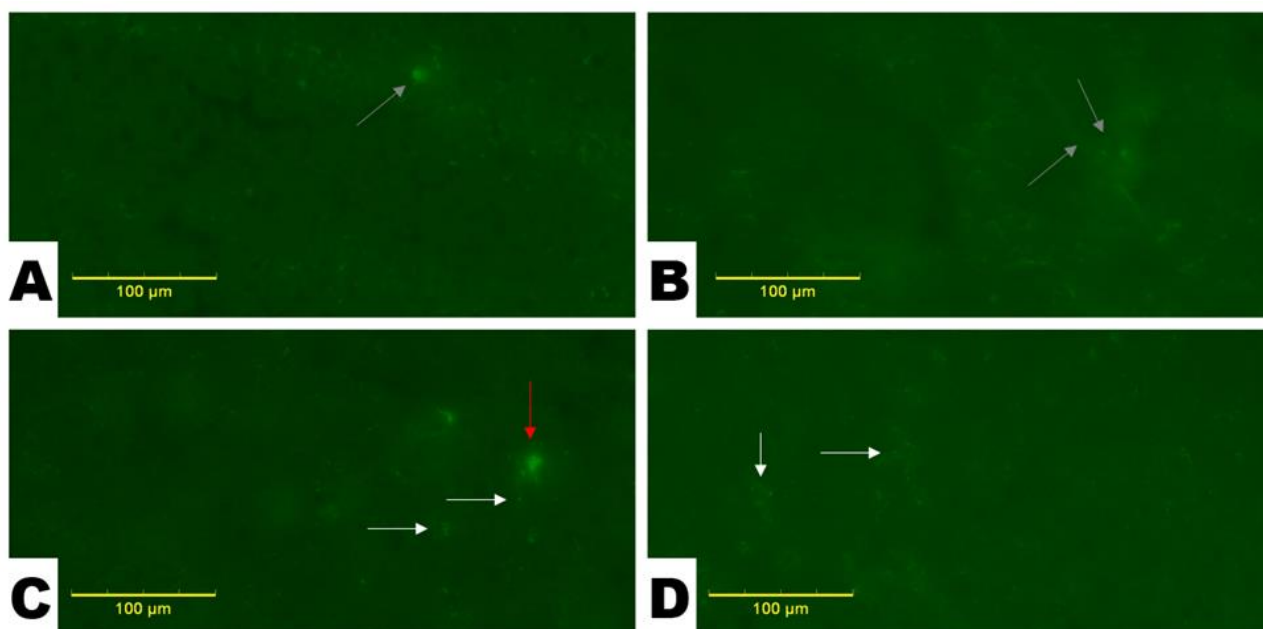
Figure 2. Fragments of the kidneys from animals in the control (A, B) and experimental (C, D) groups. The gray arrow indicates artifacts, the white arrow points to brightly fluorescent spherical objects, and the red arrow marks their conglomerates. Magnification: x100



На рисунке 3 представлены микрофотографии фрагментов головного мозга крыс. У контрольных животных на всем поле зрения наблюдались артефакты (рис. 3.A, 3.B), характеризующихся нечеткой формой и слабой интенсивностью свечения (отмечены серой стрелкой). В головном мозге опытных животных определялись флуоресцирующие тканевые элементы и конгломераты флуоресцирующих объектов размером 6-12 мкм, сосредоточенные преимущественно в коре (рис. 3.C, 3.D).

Рисунок 3. Фрагменты головного мозга животных контрольной (А, В) и опытной (С, D) групп. Серая стрелка указывает на артефакты; белая стрелка указывает на ярко флуоресцирующие объекты сферической формы; красная стрелка – на их конгломераты. Увел. X100

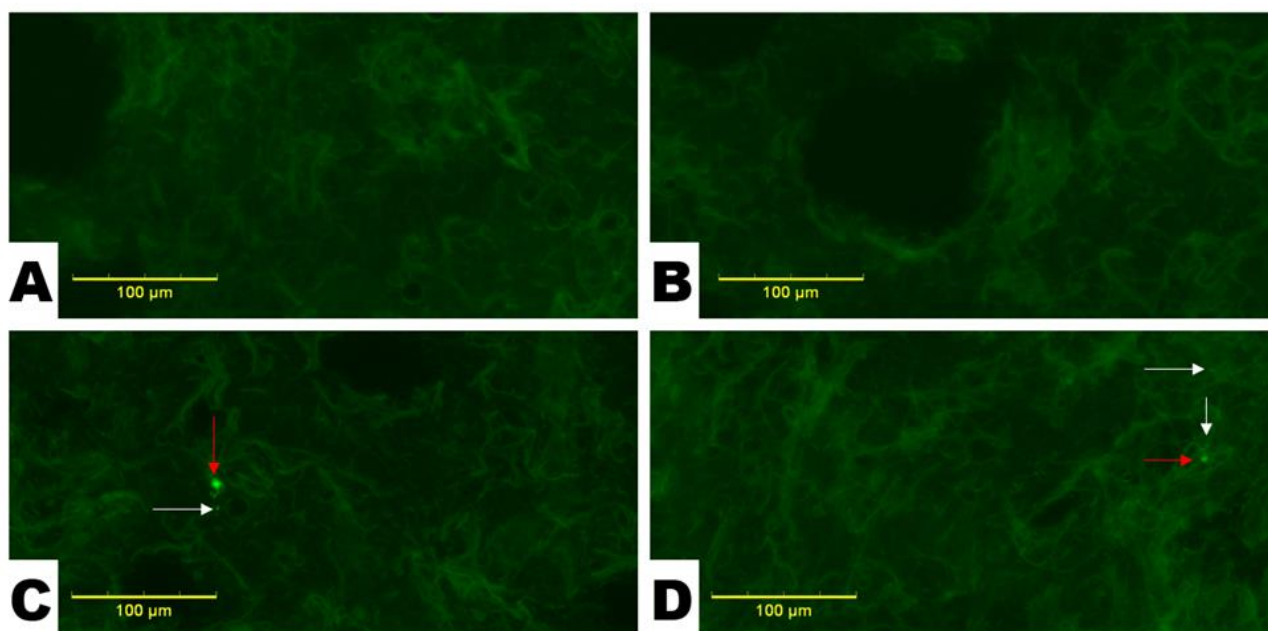
Figure 3. Fragments of the brain from animals in the control (A, B) and experimental (C, D) groups. The gray arrow indicates artifacts, the white arrow points to brightly fluorescent spherical objects, and the red arrow marks their conglomerates. Magnification: x100



На рисунке 4 представлены микрофотографии фрагментов легких животных контрольной группы (А, В) и животных, подвергшихся воздействию МП (С, D). В контрольной группе наблюдалась равномерная, умеренная флуоресценция полей зрения. Не обнаружены флуоресцирующие объекты либо тканевые элементы. В опытной группе легкие характеризовались равномерной, умеренной флуоресценцией полей зрения, в которых встречались редкие флуоресцирующие объекты и их конгломераты.

Рисунок 4. Фрагменты легких животных контрольной (А, В) и опытной (С, D) групп. Белая стрелка указывает на ярко флуоресцирующие объекты сферической формы; красная стрелка – на их конгломераты. Увел. X100

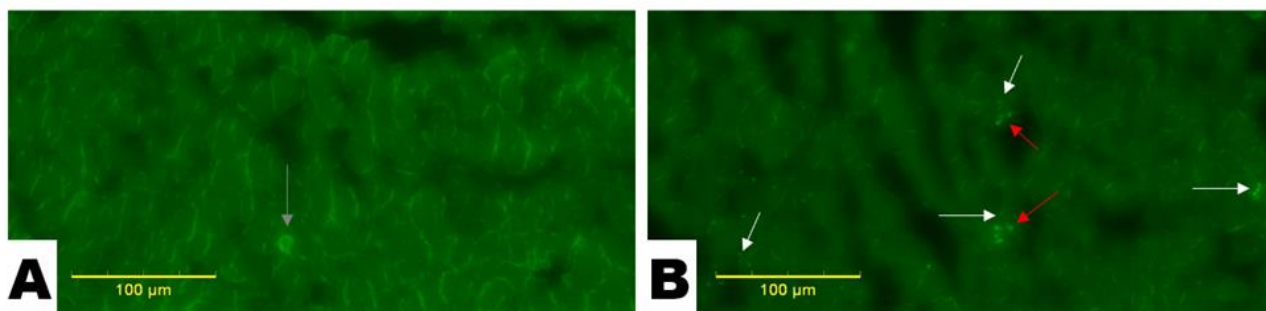
Figure 4. Fragments of the lungs from animals in the control (A, B) and experimental (C, D) groups. The white arrow indicates brightly fluorescent spherical objects, while the red arrow marks their conglomerates. Magnification: $\times 100$



На рисунке 5 представлены микрофотографии фрагментов сердечной мышцы животных контрольной группы (А) и животных, подвергшихся воздействию МП (В). Наблюдалась равномерная, умеренная флуоресценция поля зрения в контрольной группе; однако встречались флуоресцирующие тканевые элементы с нечеткими контурами неправильной формы, которые мы принимали за артефакты (рис.5.А, серая стрелка). В опытной группе ткань сердечной мышцы экспериментальных крыс характеризовалась равномерной, умеренная флуоресценцией полей зрения, в которых встречались флуоресцирующие объекты и их конгломераты, а также большое количество флуоресцирующих тканевых элементов (рис.5.В).

Рисунок 5. Фрагмент сердца животных контрольной (А) и опытной (В) групп. Серая стрелка указывает на артефакты; белая стрелка указывает на ярко флюоресцирующие объекты сферической формы; красная стрелка – на их конгломераты. Увел. X100

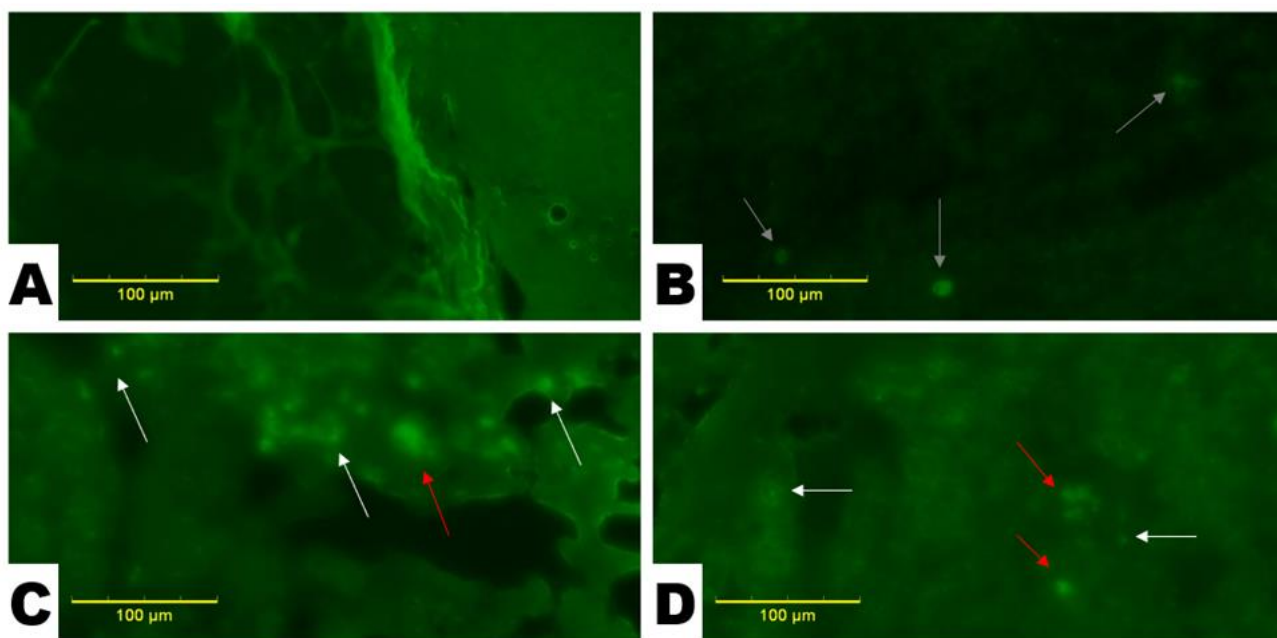
Figure 5. Fragment of the heart from animals in the control (A) and experimental (B) groups. The gray arrow indicates artifacts, the white arrow points to brightly fluorescent spherical objects, and the red arrow marks their conglomerates. Magnification: $\times 100$



На рисунке 6 представлены микрофотографии фрагментов яичников животных контрольной группы (А, В) и животных, подвергшихся воздействию МП (С, D). Наблюдалась равномерная, умеренная флюоресценция полей зрения в группе «Контроль» (рис.6.А), в некоторых полях зрения встречались артефакты (рис.6.В). В опытной группе флуоресцирующие образования были представлены по большей части крупными тканевыми элементами либо конгломератами неправильной формы (рис. 6.С). Конгломераты характеризовались крупными размерами. Отмечено обилие крупных тканевых элементов порядка 20-40 нм с нечеткими контурами и ярким свечением, некоторые из которых по форме были близки к сферической (особенно выражено видны на рисунке 6.Д).

Рисунок 6. Фрагменты яичников животных контрольной (А, В) и опытной (С, D) групп. Серая стрелка указывает на артефакты. Белая стрелка указывает на ярко флюоресцирующие объекты сферической формы; красная стрелка – на их конгломераты. Увел. X100

Figure 6. Fragments of the ovaries from animals in the control (A, B) and experimental (C, D) groups. The gray arrow indicates artifacts, the white arrow points to brightly fluorescent spherical objects, and the red arrow marks their conglomerates. Magnification: x100.



Обсуждение. В настоящее время высокие темпы загрязнения объектов окружающей среды полимерными материалами являются одной из самых актуальных экологических проблем [14, 15]. Большое количество исследований посвящено вопросам содержания частиц МП в различных средах: в морской воде, сточных водах, пресной воде, продуктах питания, воздухе [16-19]. Имеются данные о наличии МП в очищенной водопроводной и бутилированной воде [20-22]. Однако после попадания МП в организм человека его судьба и последствия до сих пор остаются спорными и малоизвестными [23]. Ганичев П.А. справедливо указывает, что в литературе в настоящее время недостаточно информации о токсикокинетике и токсикодинамике частиц МП после попадания внутрь организма.

В результате проведенных исследований было установлено, что при однократном внутрисердечном введении частиц МП сферической формы и диаметром 500 нм, он определялся во всех изученных органах: печени, почках, сердце, легких, мозге и яичниках. По сравнению с животными контрольной группы, в органах опытных

животных МП визуализировался более интенсивным свечением, иногда образуя конгломераты. Вместе с тем, описательная оценка микрофотографий может рассматриваться как предварительная, поскольку не позволяет объективно оценить степень накопления МП в изученных органах крыс.

Проведенные исследования подтверждают необходимость продолжения исследований по токсикокинетике и токсикодинамике частиц МП в биологических объектах, количественной оценки их накопления в органах. Также требуется дальнейшая разработка количественных и полуколичественных методов анализа для более точного определения его накопления и распределения в организме. Принципиально важным является разработка единых методических подходов к решению данной проблемы, которые будут способствовать сопоставимости результатов различных исследований и улучшат понимание механизмов воздействия микропластика на живые организмы.

Заключение. Микропластик сферической формы диаметром 500 нм при однократном внутрисердечном введении в организм способен проникать в основные жизненно важные органы. С током крови частицы микропластика разносятся в печень, почки, яичники и легкие, а также обнаруживаются в головном мозге, вероятно, благодаря способности преодолевать гематоэнцефалический барьер. Микрочастицы пластика выявляются как в виде отдельных частиц, так и в форме конгломератов. Однако остается неясным, формируются ли эти конгломераты непосредственно в кровотоке или их слипание происходит уже в тканях органов.

Список литературы / References:

1. Bui X.-T., Vt. T.-D.-H., Nguyen P.-T., Nguyen V.-T., Dao T.-S., Nguyen P.-D. Microplastics pollution in wastewater: Characteristics, occurrence and removal technologies. *Env Tech & Innov.* 2020; 19: 1-18.
2. Thompson W. F., Schellenberg E. G., & Husain, G. Decoding speech prosody: Do music lessons help? *Emotion.* 2004; 4(1): 46-64.
3. Wang Q., Bai J., Ning B., Fan L., Sun, T., Fang Y., Gao Z. Effects of bisphenol A and nanoscale and microscale polystyrene plastic exposure on particle uptake and toxicity in human Caco-2 cells. *Chemosphere.* 2020; 254: 126788.
4. Zhang K., Hamidian A. H., Tubić A., Zhang Y., Fang J. K. H., Wu C., Lam P. K. S. Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: A review. *Environmental Pollution.* 2021; 274: 116554.
5. Andrady A. L. The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin.* 2017; 19: 12-22.
6. Choi D., Bang, J., Kim, T., Oh, Y., Hwang, Y., & Hong, J. In vitro chemical and physical toxicities of polystyrene microfragments in human-derived cells. *Journal of Hazardous Materials.* 2020; 400: 123308.

7. Stock V., Laurisch C., Franke, J., Dönmez M. H., Voss L., Böhmert L., Sieg H. Uptake and cellular effects of PE, PP, PET and PVC microplastic particles. *Toxicology in Vitro*. 2020; 70: 1-9.
8. Abbasi R., Shineh G., Mobaraki M., Doughty S., Tayebi L. Structural parameters of nanoparticles affecting their toxicity for biomedical applications: a review. *Journal of Nanoparticle Research*. 2023; 25(3): 43.
9. Sukhanova A., Bozrova S., Sokolov P., Berestovoy M., Karaulov A., Nabiev I. Dependence of Nanoparticle Toxicity on Their Physical and Chemical Properties. *Nanoscale Research Letters*. 2018; 13(1): 44.
10. Champion J. A., Mitragotri S. Role of target geometry in phagocytosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2006; 103(13): 4930-4934.
11. Zhao X., Ng S., Heng B. C., Guo J., Ma L., Tan T. T., Loo S. (2012). Cytotoxicity of hydroxyapatite nanoparticles is shape and cell dependent. *Archives of Toxicology*. 2012; 87(6): 1037-1052.
12. Yüce P. A., Günal A. Ç., Erkmen B., Dikmen B. Y., Çağan A. S., Çırak T., Kankılıç G.B., Seyfe M., Filazi A., Tavşanoğlu Ü. N. In vitro and in vivo effects of commercial and environmental microplastics on *Unio delicatus*. *Ecotoxicology*. 2025; 34(1): 22-37.
13. Danopoulos E., Twiddy M., West R., Rotchell M. J. A Rapid Review and Meta-regression Analyses of the Toxicological Impacts of Microplastic Exposure in Human Cells. *Journal of Hazardous Materials*. 2021; 5: 427: 127861.
14. Xanthos D, Walker TR. International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review. *Mar Pollut Bull*. 2017; 118(1-2):17-26. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.02.048.
15. Kik K, Bukowska B, Sicińska P. Polystyrene nanoparticles: Sources, occurrence in the environment, distribution in tissues, accumulation and toxicity to various organisms. *Environ Pollut*. 2020; 262:114297. doi: 10.1016/j.envpol.2020.114297.
16. do Sul JAI, Costa MF. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environ Pollut*. 2014; Feb: 185: 352-364. doi: 10.1016/j.envpol.2013.10.036
17. Meng Y, Kelly FJ, Wright SL. Advances and challenges of microplastic pollution in freshwater ecosystems: A UK perspective. *Environ Pollut*. 2020; 256: 113445. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113445.
18. Leslie HA, Brandsma SH, van Velzen MJ, Vethaak AD. Microplastics en route: Field measurements in the Dutch river delta and Amsterdam canals, wastewater treatment plants, North Sea sediments and biota. *Environ Int*. 2017; 101: 133-142. doi: 10.1016/j.envint.2017.01.018.
19. Zhu L, Bai H, Chen B, Sun X, Qu K, Xia B. Microplastic pollution in North Yellow Sea, China: Observations on occurrence, distribution and identification. *Sci Total Environ*. 2018; 636: 20-29. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.182.
20. Pivokonsky M, Cermakova L, Novotna K, Peer P, Cajthaml T, Janda V. Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Sci Total Environ*. 2018; 643: 1644-1651. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.102.
21. Mintenig SM, Löder MGJ, Primpke S, Gerdtz G. Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources. *Sci Total Environ*. 2019; 648: 631-635. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.178.

22. Oßmann BE, Sarau G, Holtmannspötter H, Pischetsrieder M, Christiansen SH, Dicke W. Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. *Water Res.* 2018; 141: 307–316. doi: 10.1016/j.watres.2018.05.027.
23. Campanale C, Massarelli C, Savino I, Locaputo V, Uricchio VF. A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. *Int J Environ Res Public Health.* 2020; 17(4): 1212. doi: 10.3390/ijerph17041212.

Поступила/Received: 28.01.2025

Принята в печать/Accepted: 27.02.2025