

Учредитель
Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей
и благополучия человека

Ежемесячный научно-практический журнал

ГИГИЕНА И САНИТАРИЯ

GIGIENA I SANITARIYA
(Hygiene & Sanitation, Russian Journal)

Основан в 1910 году
Established in 1910

Том / Volume 105 • 2026

№ 8

Журнал входит в Единый государственный перечень научных изданий (ЕГПНИ, «Белый список», уровень 1) и рекомендованный Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации (ВАК) Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук.

Журнал зарегистрирован в Ульрихском международном каталоге периодики (США).

Журнал представлен в следующих международных индексах цитирования:
Chemical Abstracts, Scopus, EBSCO, ПИНЦ, Russian Science Citation Index, VINITI RAN Referativnyi Zhurnal.

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ГИГИЕНЫ ИМЕНИ Ф.Ф. ЭРИСМАНА

Москва • 2026

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

РАКИТСКИЙ В.Н., главный редактор

доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (г. Мытищи Московской обл., Россия)

КУЗЬМИН С.В., заместитель главного редактора

доктор медицинских наук, профессор, ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (г. Мытищи Московской обл., Россия)

СУХОВА А.В., ответственный секретарь

доктор медицинских наук, профессор, ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (г. Мытищи Московской обл., Россия)

АБИЛЕВ С.К.	доктор биол. наук, профессор, Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова (Москва, Россия)
АКИМКИН В.Г.	доктор мед. наук, профессор, академик РАН, ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора (Москва, Россия)
АЛИКБАЕВА Л.А.	доктор мед. наук, профессор, ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова МЗ РФ (Санкт-Петербург, Россия)
БЕРЕЗНЯК И.В.	доктор мед. наук, профессор, ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (г. Мытищи Московской обл., Россия)
БУХТИЯРОВ И.В.	доктор мед. наук, профессор, академик РАН, ФГБНУ НИИ медицины труда им. акад. Н.Ф. Измерова (Москва, Россия)
ДОДИНА Н.С. (научный редактор)	кандидат мед. наук, ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (г. Мытищи Московской обл., Россия)
ЖУРАВЛЁВ П.В.	доктор мед. наук, ФБУН РостовНИИМП Роспотребнадзора (Ростов-на-Дону, Россия)
ЗАЙЦЕВА Н.В.	доктор мед. наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, ФБУН «ФНЦГ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора (Пермь, Россия)
ЗВЕРЕВ В.В.	академик РАН, доктор биол. наук, Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, НИИ вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова (Москва, Россия)
ИЗМЕРОВА Н.И.	доктор мед. наук, профессор, ФГБНУ НИИ медицины труда им. акад. Н.Ф. Измерова (Москва, Россия)
ИЛЮШИНА Н.А.	доктор биол. наук, ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (г. Мытищи Московской обл., Россия)
КАПЦОВ В.А. (научный редактор)	доктор мед. наук, профессор, член-корреспондент РАН, ВНИИ гигиены транспорта Роспотребнадзора (Москва, Россия)
КУЧМА В.Р. (научный редактор)	доктор мед. наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (Москва, Россия)
МЕЛЬНИЧЕНКО П.И.	доктор мед. наук, профессор (Москва, Россия)
МИКАИЛОВА О.М.	кандидат мед. наук, Управление Роспотребнадзора по Московской области, ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» МЗ РФ (Москва, Россия)
ОНИЩЕНКО Г.Г.	доктор мед. наук, профессор, академик РАН, заслуженный врач РФ, зам. президента Российской академии образования (Москва, Россия)
ПАЛЬЦЕВ Ю.П.	доктор мед. наук, профессор, ФГБНУ НИИ медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова (Москва, Россия)
ПОПОВА А.Ю.	доктор мед. наук, профессор, заслуженный врач РФ, Роспотребнадзор, ФГБОУ ВО РМАНПО МЗ РФ (Москва, Россия)
РАХМАНИН Ю.А.	доктор мед. наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России (Москва, Россия)
РЕВАЗОВА Ю.А.	доктор биол. наук, профессор, ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (г. Мытищи Московской обл., Россия)
РОМАНОВИЧ И.К.	доктор мед. наук, профессор, академик РАН, ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева Роспотребнадзора (Санкт-Петербург, Россия)
РУМЯНЦЕВА Л.А.	доктор биол. наук, профессор, ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (г. Мытищи Московской обл., Россия)
РУСАКОВ Н.В.	доктор мед. наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России (Москва, Россия)
САВЕЛЬЕВ С.И.	доктор мед. наук, профессор, заслуженный врач РФ, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области» (Липецк, Россия)
СЕРГИЕВ В.П.	доктор мед. наук, профессор, академик РАН, Институт медицинской паразитологии, тропических и трансмиссивных заболеваний им. Е.И. Марциновского Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия)
СИНЦЫНА Т.А.	доктор мед. наук, профессор, член-корр. РАН, ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (г. Мытищи Московской обл., Россия)
СИНЦЫНА О.О. (научный редактор)	доктор мед. наук, профессор, член-корр. РАН, ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (г. Мытищи Московской обл., Россия)
СКУПНЕВСКИЙ С.В.	доктор биол. наук, Институт биомедицинских исследований ВНИЦ РАН и Правительства РСО-А (г. Владикавказ, Россия)
СТЁПКИН Ю.И.	доктор мед. наук, профессор, заслуженный врач РФ, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России (Воронеж, Россия)
ТРУХИНА Г.М.	доктор мед. наук, профессор, ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (г. Мытищи Московской обл., Россия)
ТСАТСАКИС А.М.	доктор мед. наук, профессор, иностранный член РАН, Критский университет (г. Ираклион, о. Крит, Греция)
УШАКОВ И.Б.	доктор мед. наук, профессор, академик РАН, ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна (Москва, Россия)
ФЁДОРОВА Н.Е. (научный редактор)	доктор мед. наук, профессор, ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (г. Мытищи Московской обл., Россия)
ХОТИМЧЕНКО С.А.	доктор мед. наук, профессор, член-корр. РАН, Институт профессионального образования ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия)
ЧУЙКОВ Ю.С.	доктор биол. наук, профессор, Астраханский государственный университет (Астрахань, Россия)
ЧХВИРКИЯ Е.Г. (научный редактор)	доктор мед. наук, профессор, ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (г. Мытищи Московской обл., Россия)
ШЕВЕЛЁВА С.А.	доктор мед. наук, ФГБНУ «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Россия)
ШЕСТОПАЛОВ Н.В.	доктор мед. наук, профессор, РМАНПО (Москва, Россия)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

АВETИСЯН Л.	доктор мед. наук, профессор (Ереван, Армения)
БАРДОВ В.Г.	доктор мед. наук, профессор, член-корр. НАМН Украины (Киев, Украина)
БЕРУАШВИЛИ Ц.А.	доктор биол. наук, член-корр. АЭН Грузии (Тбилиси, Грузия)
БРОДИ М.	PhD, профессор, международный эколог-консультант Федерального агентства США по защите окружающей среды (Вашингтон, США)
КАМБУРОВА В.С.	кандидат мед. наук, доцент (София, Болгария)
КАМИЛОВА Р.Т.	доктор мед. наук, профессор (Ташкент, Узбекистан)
КАСЫМОВ О.Т.	доктор мед. наук, профессор (Бишкек, Кыргызстан)
КЕНЕСАРИЕВ У.И.	доктор мед. наук, профессор, академик ЕАЕН и РАЕН (Алматы, Казахстан)
ЛИ ДЖУНХУА	доктор мед. наук, профессор (провинция Хайнань, Китай)
ОДИНАЕВ Ф.И.	доктор мед. наук, профессор, иностранный член РАН (Душанбе, Таджикистан)
ОЮУНЫЛТЭЖ Ж.	доктор мед. наук, профессор, академик МАМН (Улан-Батор, Монголия)
ПОЛОВИНКИН Л.В.	доктор мед. наук, доцент (Минск, Беларусь)
ТЫМИНСКИЙ В.Г.	канд. геолого-минералогических наук, доктор философии, профессор, академик ЕАЕН (Ганновер, Германия)

RAKITSKII V.N., Editor-in-Chief

MD, PhD, DSc, Prof., Academician of RAS, Honored Scientist of the Russian Federation, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erismann (Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation)

KUZ'MIN S.V., Deputy Chief Editor

MD, PhD, DSc, Prof., Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erismann (Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation)

SUKHOVA A.V., Executive Editor

MD, PhD, DSc, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erismann (Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation)

ABILEV S.K.	Dr. Sci. Biol, Prof., N.I. Vavilov Institute of General Genetics (Moscow, Russian Federation)
AKIMKIN V.G.	MD, PhD, DSc, Prof., Academician of the RAS, Central Research Institute of Epidemiology (Moscow, Russian Federation)
ALIKBAEVA L.A.	MD, PhD, DSc, Prof., North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov (St. Petersburg, Russian Federation)
BEREZNYAK I.V.	MD, PhD, DSc, Prof., Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erismann (Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation)
BUKHTIYAROV I.V.	MD, PhD, DSc, Prof., Academician of RAS, Honored Scientist of the Russian Federation, Izmerov Research Institute of Occupational Health (Moscow, Russian Federation)
DODINA N.S. (Scientific Editor)	MD, PhD, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erismann (Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation)
ZHURAVLEV P.V.	MD, Ph.D., DSc, Rostov Research Institute of Microbiology and Parasitology, Rostov-on-Don (Rostov-on-Don, Russian Federation)
ZAYTSEVA N.V.	MD, PhD, DSc, Prof., Academician of RAS, Honored Scientist of the Russian Federation, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Technologies for Managing Public Health Risks (Perm', Russian Federation)
ZVEREV V.V.	MD, Ph.D., DSc, Academician of RAS, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Research Institute of Vaccines and Serums named after I.I. Mechnikov (Moscow, Russian Federation)
IZMEROVA N.I.	MD, PhD, DSc, Prof., Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow (Moscow, Russian Federation)
ILYUSHINA N.A.	MD, Ph.D., DSc, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erismann (Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation)
KAPTSOV V.A. (Scientific Editor)	MD, PhD, DSc, Prof., Corresponding Member of the RAS, All-Russian Scientific Research Institute of Transport Hygiene (Moscow, Russian Federation)
KUCHMA V.R. (Scientific Editor)	MD, PhD, DSc, Prof., Corresponding Member of the RAS, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erismann (Moscow, Russian Federation)
MELNICHENKO P.I.	MD, PhD, DSc, Prof. (Moscow, Russian Federation)
MIKAILOVA O.M.	MD, PhD, Rospotrebnadzor for the Moscow Region, Moscow State Medical and Dental University (Moscow, Russian Federation)
ONISHCHENKO G.G.	MD, PhD, DSc, Prof., Academician of RAS, Honoured Doctor of the Russian Federation, Russian Academy of Education (Moscow, Russian Federation)
PALTSEV Yu.P.	MD, PhD, DSc, Prof., Honored Scientist of the Russian Federation, Izmerov Research Institute of Occupational Medicine (Moscow, Russian Federation)
POPOVA A.Yu.	MD, PhD, DSc, Prof., Honored Doctor of the Russian Federation, Rospotrebnadzor, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (Moscow, Russian Federation)
RAKHMANIN Yu.A.	MD, PhD, DSc, Prof., Academician of RAS, Honored Scientist of the Russian Federation, Center for Strategic Planning (Moscow, Russian Federation)
REVAZOVA Yu.A.	Dr. Sci. Biol, Prof., Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erismann (Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation)
ROMANOVICH I.K.	MD, PhD, DSc, Prof., Academician of RAS, St. Petersburg Research Institute of P.V. Ramzaev Radiation Hygiene (St. Petersburg, Russian Federation)
RUMYANTSEVA L.A.	Dr. Sci. Biol, Prof., Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erismann (Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation)
RUSAKOV N.V.	MD, PhD, DSc, Prof., Academician of RAS, Honored Scientist of the Russian Federation, Center for Strategic Planning (Moscow, Russian Federation)
SAVELEV S.I.	MD, PhD, DSc, Prof., Honoured Doctor of the Russian Federation, Center for Hygiene and Epidemiology in Lipetsk Region (Lipetsk, Russian Federation)
SERGIEV V.P.	MD, PhD, DSc, Prof., Academician of RAS, V.I. Martynovskiy Institute of Medical Parasitology, Tropical and Transmissible Diseases of the I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russian Federation)
SINITSKAYA T.A.	MD, PhD, DSc, Prof., Corresponding Member of the RAS, Honored Scientist of the Russian Federation, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erismann (Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation)
SINITSYNA O.O. (Scientific Editor)	MD, PhD, DSc, Prof., Corresponding Member of the RAS, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erismann (Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation)
SKUPNEVSKII S.V.	Dr. Sci. Biol., Institute for Biomedical Research – branch of the Federal Scientific Center «Vladikavkaz Scientific Center» of the RAS (Vladikavkaz, Russian Federation)
STYOPKIN Yu.I.	MD, PhD, DSc, Prof., Honoured Doctor of the Russian Federation, Center for Hygiene and Epidemiology in the Voronezh Region (Voronezh, Russian Federation)
TRUKHINA G.M.	MD, PhD, DSc, Prof., Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erismann (Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation)
TSATSAKIS A.M.	MD, PhD, DSc, Prof., foreign member of the RAS, Center for Toxicology and Forensic Medicine, University of Crete (Heraklion, Crete, Greece)
USHAKOV I.B.	MD, PhD, DSc, Prof., Academician of RAS, A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center (Moscow, Russian Federation)
FYODOROVA N.E. (Scientific Editor)	MD, PhD, DSc, Prof., Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erismann (Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation)
KHOTIMCHENKO S.A.	MD, PhD, DSc, Prof. Corresponding Member of the RAS, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russian Federation)
CHUIKOV Yu.S.	MD, Ph.D., DSc, Astrakhan State University (Astrakhan, Russian Federation)
CHKHVRKIYA E.G. (Scientific Editor)	MD, PhD, DSc, Prof., Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erismann (Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation)
SHEVELEVA S.A.	MD, PhD, DSc, Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology (Moscow, Russian Federation)
SHESTOPALOV N.V.	MD, PhD, DSc, Prof., Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (Moscow, Russian Federation)

INTERNATIONAL EDITORIAL COUNCIL

AVETISYAN L.	MD, PhD, DSc, Prof., (Yerevan, Armenia)
BARDOV V.G.	MD, PhD, DSc, Prof., Corresponding Member of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine (Kiev, Ukraine)
BERUASHVILI Ts.A.	Dr.Sci.Biol., Corresponding Member of the Academy of Environmental Sciences of Georgia (Tbilisi, Georgia)
BRODY M.	PhD, Prof. (Washington, USA)
KAMBUROVA V.S.	PhD, Associate Professor (Sofia, Bulgaria)
KAMILOVA R.T.	MD, PhD, DSc, Prof. (Tashkent, Uzbekistan)
KASYMOV O.T.	MD, PhD, DSc, Prof. (Bishkek, Kyrgyzstan)
KENESSARIYEV U.I.	MD, PhD, DSc, Prof., Academician of the EANS and RANS (Almaty, Kazakhstan)
LI JUNHUA	MD, PhD, DSc, Prof. (Hunan, China)
ODINAEV F.I.	MD, PhD, DSc, Prof., Foreign Member of the RAS (Dushanbe, Tajikistan)
OYUNBILEG Zh.	MD, PhD, DSc, Prof., Academician of Mongolian Academy of Medical Sciences (Ulaanbaatar, Mongolia)
POLOVINKIN L.V.	MD, PhD, DSc, Associate Professor (Minsk, Belarus)
TYMINSKIY V.G.	PhD Geological and Mineralogical Sciences, PhD., Prof., Academician of European Academy of Natural Sciences (Hannover, Germany)

**Адрес редакции**141014, Московская область,
г. Мытищи, улица Семашко, д. 2**Заведующая редакцией**Серебренникова Светлана Леонидовна
E-mail: gigan@list.ru**Сайт журнала:**<https://www.rjhas.ru><https://www.гигиенаисанитария.рф>**Электронная версия журнала:**https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=7769<https://cyberleninka.ru/journal/n/gigiena-i-sanitariya>**Издатель**ФБУН «Федеральный научный
центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана»
Роспотребнадзора.141014, Московская область,
г. Мытищи, улица Семашко, д. 2

Телефон: +7 495 586 11 44

<https://фнцг.рф>

Литературный редактор Е.С. Нерсесова

Web-редактор Н.Е. Люблев

Переводчик Л.Д. Шакина

Корректор М.В. Козлова

Вёрстка, обработка графического
материала С.М. Мешкорудникова

ISSN 0016-9900 (Print).

ISSN 2412-0650 (Online).

Гигиена и санитария. 2026. 105(8).

С. 823–942.

Сдано в набор 20.08.2026.

Подписано в печать 23.09.2026.

Опубликовано 28.09.2026.

Формат 60 × 90 1/8. Печать офсетная.

Печ. л. 15,0. Усл. печ. л. 13,95.

Уч.-изд. л. 8,2.

Тираж 1000 экз. Цена свободная.

Отпечатано в типографии

ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора,

117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 19 А

© ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана»

Роспотребнадзора, 2026

ГИГИЕНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Бузинов Р.В., Мясников И.О., Новикова Ю.А., Склизкова Н.А., Федоров В.Н., Кизеев А.Н., Леванчук А.В. Анализ заболеваемости населения пунктов-портов Северного морского пути. 828
- Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н., Скляр Д.Н., Волчкова О.В., Плеханов В.П. Методические аспекты измерения напряжённости электростатических полей полимерных строительных материалов. 835
- Клепиков О.В., Куропат С.А., Молоканова Л.В., Кульнев В.В., Кизеев А.Н., Никанов А.Н. Гигиеническая оценка качества воды в реках Донского бассейна на территории Воронежской области. 840
- Федоров В.Н., Новикова Ю.А., Мясников И.О., Склизкова Н.А., Леванчук Л.А. Применение инструментов пространственного анализа при оценке вариабельности показателей качества питьевой воды в разрезе населённых пунктов субъекта Российской Федерации. 847
- Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н., Шмаров И.А., Волчкова О.В. К вопросу о нормировании инсоляции помещений жилых и общественных зданий (нарративный обзор литературы). 855

МЕДИЦИНА ТРУДА

- Сюрин С.А., Ковшов А.А. Профессиональное здоровье медицинских работников Мурманской области. 863
- Астахова С.Г., Берёза И.А., Шаихова Д.Р., Кикоть А.М., Сутункова М.П., Потатурко А.В., Полянина Д.Д., Боковой В.Д., Федорук А.А. Темпы старения работников конвертерного цеха и роль полиморфизма rs7069102 гена SIRT1. 869
- Панков В.А., Кулешова М.В. Алекситимия и эмоциональное выгорание у медицинских работников. 874
- Сюрин С.А. Возраст как фактор риска для здоровья горняков подземных рудников Кольского полуострова. 881
- Иконникова Н.В., Гребеньков С.В., Бойко И.В., Никанов А.Н. Условия труда и состояние здоровья работников газотранспортных предприятий (нарративный обзор литературы). 888

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

- Полунина Н.В., Абдрахманов А.Р., Солтамакова Л.С., Петров И.И. Особенности пищевого поведения пациентов с гипертонической болезнью. 894

ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

- Калинина Н.И., Дубровская Е.Н., Сладкова Ю.Н., Крийт В.Е. Междисциплинарный подход к оценке безопасности детских игрушек (нарративный обзор литературы) 900

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ И ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

- Никогосян К.М., Минигалиева И.А., Сутункова М.П., Дубровин Д.А. Дефицит железа и уязвимость организма для токсического действия тяжёлых металлов: персонализированный подход к биопрофилактике в превентивной медицине (обзор литературы). 905
- Степанян А.А., Ковшов А.А., Исаев Д.С., Шилов В.В. Токсиколого-гигиеническая характеристика мышьяка в питьевой воде (нарративный обзор литературы). 911

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ

- Абрамова В.А., Васюхина П.О., Алексеенко А.Н., Вокина В.А., Соседова Л.М. Анализ цито- и генотоксичности водных экстрактов торфяного дыма *in vitro*. 918

ОЦЕНКА РИСКОВ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ

- Исаев Д.С., Ковшов А.А., Степанян А.А., Фунтусова О.А., Суханова А.В. Оценка риска для здоровья населения Южно-Сахалинска по результатам мониторинга качества атмосферного воздуха. 926
- Плеханов В.П., Скляр Д.Н., Калинина Н.И. Оценка риска для здоровья работников экранированных помещений (ретроспективное исследование). 933

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

- К 75-летию члена-корреспондента РАН Владислава Ремировича Кучмы. 939
- К 80-летию со дня рождения Георгия Яковлевича Липатова (1946–2023 гг.). 941

НЕКРОЛОГИ

- Памяти профессора Александра Викторовича Истомина. 942

12 times a year.
Founded in 1910.

Media Registration Certificate
PI N 77–37884 from 02.10.2009.

All rights reserved.

No part of the publication
can be reproduced without
the written consent of editorial office.

Any reprint of publications with consent
of editorial office should obligatory contain
the reference to the "Gigiena
i Sanitaria" provided the work
is properly cited.

The content of the advertisements
is the advertiser's responsibility.

Address of the editorial office

Semashko street, 2, Mytishchi, Moscow
Region, 141014, Russian Federation

Head of the editorial office

Svetlana L. Serebrennikova
E-mail: gigan@list.ru

The journal's website:

<https://www.rjhas.ru>
<https://www.гигиенаисанитария.рф>

Electronic journal version:

https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=7769
<https://cyberleninka.ru/journal/n/gigiena-i-sanitariya>

Publisher

Federal Scientific Center of Hygiene named
after F.F. Erisman of the Federal Service
for Supervision in Protection
of the Rights of Consumer
and Man Wellbeing

Semashko street, 2, Mytishchi, Moscow
Region, 141014, Russian Federation

Phone: +7 495 586 11 44
<https://фнцг.рф>

Literary Editor: E.S. Nersesova

Web Editor: N.E. Lyublev

Translator: L.D. Shakina

Proofreader: M.V. Kozlova

Layout Editor: S.M. Meshkorudnikova

ISSN 0016-9900 (Print).
ISSN 2412-0650 (Online).
Gig. Sanit. 2026. 105(8).
Pp. 823–942.

Put in a set: August 20, 2026

Signed to the press: September 23, 2026

Published: September 28, 2026

Format 60 × 90 1/8. Offset printing.

Printed sheet 15.0.

Circulation of 1000 copies. Free price.

Printed in the printing house
of FBUZ FCGiE Rospotrebnadzor,
Varshavskoe highway, 19 A, Moscow, 117105,
Russian Federation

© F.F. Erisman Federal Scientific Hygiene Center,
Federal Service for Surveillance on Consumer
Rights Protection and Human Wellbeing, 2026



Read
online

ENVIRONMENTAL HYGIENE

- Buzinov R.V., Myasnikov I.O., Novikova Y.A., Sklizkova N.A., Fedorov V.N., Kizeev A.N., Levanchuk A.V.* Analysis of morbidity among the population living in the populated port cities of the Northern Sea Route. **828**
- Kriyt V.E., Sladkova Yu.N., Sklyar D.N., Volchkova O.V., Plekhanov V.P.* Methodological aspects of measuring the electrostatic field strength of polymer building materials. . . . **835**
- Klepikov O.V., Kurolap S.A., Molokanova L.V., Kulnev V.V., Kizeev A.N., Nikanov A.N.* Hygienic assessment of water quality in the rivers of the Don basin in the Voronezh region. **840**
- Fedorov V.N., Novikova Y.A., Myasnikov I.O., Sklizkova N.A., Levanchuk L.A.* Application of spatial analysis tools in assessing the variability of drinking water quality indicators across populated areas of a constituent entity of the Russian Federation. **847**
- Kriyt V.E., Sladkova Yu.N., Shmarov I.A., Volchkova O.V.* On the issue of standardizing insolation in residential and public buildings (narrative literature review). **855**

OCCUPATIONAL HEALTH

- Syurin S.A., Kovshov A.A.* Occupational health in medical workers in the Murmansk region. **863**
- Astakhova S.G., Bereza I.A., Shaikhova D.R., Kikot A.M., Sutunkova M.P., Potaturko A.V., Polianina D.D., Bokovoy V.D., Fedoruk A.A.* Aging rates in converter shop workers and the contribution of the *SIRT1* rs7069102 polymorphism. **869**
- Pankov V.A., Kuleshova M.V.* Alexithymia and emotional burnout in health care workers. . . **874**
- Syurin S.A.* Age as a health risk for Kola Peninsula underground miners. **881**
- Ikonnikova N.V., Grebenkov S.V., Boyko I.V., Nikanov A.N.* Working conditions and health status in workers in gas transportation companies (narrative literature review). **888**

FOOD HYGIENE

- Polunina N.V., Abdrakhmanov A.R., Soltamakova L.S., Petrov I.I.* Features of nutritional behavior of patients with hypertension. **894**

HYGIENE OF CHILDREN AND ADOLESCENTS

- Kalinina N.I., Dubrovskaya E.N., Sladkova Ju.N., Kriyt V.E.* An interdisciplinary approach to assessing the safety of children's toys (narrative literature review). **900**

PREVENTIVE TOXICOLOGY AND HYGIENIC STANDARTIZATION

- Nikogosyan K.M., Minigalieva I.A., Sutunkova M.P., Dubrovin D.A.* Iron deficiency and body vulnerability to the toxic effect of heavy metals: a personalized approach to bioprevention in preventive medicine (literature review). **905**
- Stepanyan A.A., Kovshov A.A., Isaev D.S., Shilov V.V.* Toxicological and hygienic characteristics of arsenic in drinking water (narrative literature review). **911**

GENETIC TOXICOLOGY

- Abramova V.A., Vasyuhina P.O., Alekseenko A.N., Vokina V.A., Sosedova L.M.* Analysis of cyto- and genotoxicity of aqueous extracts of peat smoke *in vitro*. **918**

HEALTH RISKS ASSESSMENT

- Isaev D.S., Kovshov A.A., Stepanyan A.A., Funtusova O.A., Suhanova A.V.* Health risk assessment to the Yuzhno-Sakhalinsk population based on the results of atmospheric ai quality monitoring. **926**
- Plekhanov V.P., Sklyar D.N., Kalinina N.I.* Assessment of the health risk in workers in shielded rooms (a retrospective study). **933**

ANNIVERSARY DATES

- On the 75th anniversary of corresponding member of the Russian Academy of Sciences Vladislav R. Kuchma. **939**
- To the 80th anniversary of the birth of Georgy Ya. Lipatov (1946–2023). **941**

OBITUARIES

- In memory of Professor Aleksandr V. Istomin. **942**



Бузинов Р.В.¹, Мясников И.О.¹, Новикова Ю.А.¹, Склизкова Н.А.¹, Федоров В.Н.¹,
Кизеев А.Н.¹, Леванчук А.В.²

Анализ заболеваемости населения пунктов-портов Северного морского пути

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия;

²ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», 190031, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Для развития Арктического региона и Северного морского пути (СМП) реализуются масштабные программы, направленные на улучшение условий жизни населения, поддерживаются инвестиционные проекты и социальные инициативы.

Цель исследования — оценить состояние здоровья населения, проживающего в населённых пунктах-портах Северного морского пути.

Материалы и методы. Использованы шаблоны федерального информационного фонда данных социально-гигиенического мониторинга по разделам «Медико-демографические показатели» и «Здоровье населения» за 2007–2024 гг. Проведён анализ первичной заболеваемости населения городов Анадырь, Архангельск и Мурманск и Арктической зоны Российской Федерации в целом. Рассчитаны показатели заболеваемости по возрастным группам на 100 тыс. соответствующего населения. Статистическую обработку проводили с использованием пакета Microsoft Office Excel 2013.

Результаты. В 2024 г. показатели заболеваемости детского населения с диагнозом, установленным впервые в жизни, были выше среднеарктических показателей, подросткового населения — на уровне среднеарктических показателей, взрослого населения в Архангельске и Мурманске — ниже среднеарктических показателей, в Анадыре — выше среднеарктических показателей. Отмечается рост заболеваемости населения всех групп анемией, ожирением, сахарным диабетом I и II типов. На основании проведённого анализа отмечена устойчивая тенденция к снижению заболеваемости населения Мурманска по отдельным нозологиям.

Ограничение исследования. Исследование проведено только для населённых пунктов-портов СМП, по которым формируются статистические формы о состоянии здоровья населения.

Заключение. Проведённый анализ заболеваемости населения изученных населённых пунктов-портов СМП позволил установить нозологии, показатели заболеваемости которыми превышали среднеарктические показатели за период 2007–2024 гг.

Ключевые слова: Северный морской путь; порты; социально-гигиенический мониторинг; здоровье населения; санитарно-эпидемиологическое благополучие

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Бузинов Р.В., Мясников И.О., Новикова Ю.А., Склизкова Н.А., Федоров В.Н., Кизеев А.Н., Леванчук А.В. Анализ заболеваемости населения пунктов-портов Северного морского пути. Гигиена и санитария. 2026; 105(8): 828–834. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-828-834> <https://elibrary.ru/jpnnvzx>

Для корреспонденции: Новикова Юлия Александровна, e-mail: j.novikova@s-znc.ru

Вклад авторов: Бузинов Р.В. — концепция и дизайн исследования; Мясников И.О. — написание и редактирование текста; Новикова Ю.А. — статистический анализ, интерпретация результатов, написание текста; Склизкова Н.А. — анализ литературных данных, интерпретация результатов; Федоров В.Н. — обработка данных, редактирование текста статьи; Кизеев А.Н. — сбор материала; Леванчук А.В. — редактирование текста статьи. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование выполнялось в рамках научно-исследовательской работы, рег. № 125040104706–8, не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 17.04.2026 / Поступила после доработки: 28.04.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Roman V. Buzinov¹, Igor O. Myasnikov¹, Yuliya A. Novikova¹, Nadezhda A. Sklizkova¹, Vladimir N. Fedorov¹, Aleksei N. Kizeev¹, Alexander V. Levanchuk²

Analysis of morbidity among the population living in the populated port cities of the Northern Sea Route

¹North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation;

²Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St.-Petersburg, 190031, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. To develop the Arctic region and the Northern Sea Route (NSR), large-scale programs are being implemented to improve living conditions for the population, and investment projects and social initiatives are being supported.

The purpose of the study was to assess the population health status in the port cities of the Northern Sea Route.

Materials and methods. Data from the federal information fund for social and hygienic monitoring in the sections "Medical and demographic indicators" and "Population health" for 2007–2024. An analysis of the incidence in the cities of Anadyr, Arkhangelsk, and Murmansk, as well as in the Arctic zone of the Russian Federation in general was conducted. Morbidity rates by age group were calculated per 100,000 of the corresponding population. Statistical processing was performed using Microsoft Office Excel 2013.

Results. In 2024, incidence rates for children diagnosed for the first time were above the Arctic average, for adolescents they were at the Arctic average, for adults they were below the Arctic average in Arkhangelsk and Murmansk, and above the Arctic average in Anadyr. An increase in incidence of anemia, obesity, and diabetes type 1 and type 2 was observed across all population groups. Based on the analysis conducted, a stable trend towards a decrease in the incidence of certain diseases in the Murmansk city population was noted.

Limitations. The study was conducted only for the port cities of NSR, for which statistical forms on the state of health of the population are generated.

Conclusion. The conducted analysis of the morbidity of the population of the studied port cities of NSR made it possible to identify nosology, the morbidity rates of which exceeded the average Arctic indicators for the period 2007–2024.

Keywords: Northern Sea Route; ports; social and hygienic monitoring; public health; sanitary and epidemiological well-being

Compliance with ethical standards. The study does not require the submission of a biomedical ethics committee opinion or other documents.

For citation: Buzinov R.V., Myasnikov I.O., Novikova Y.A., Sklizkova N.A., Fedorov V.N., Kizeev A.N., Levanchuk A.V. Analysis of morbidity among the population living in the populated port cities of the Northern Sea Route. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2026; 105(8): 828–834. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-828-834> <https://elibrary.ru/jpvnvzx> (In Russ.)

For correspondence: Yuliya A. Novikova, e-mail: j.novikova@s-znc.ru

Contribution: Buzinov R.V. — the concept and design of the study; Myasnikov I.O. — writing and editing text; Novikova Yu.A. — statistical analysis, interpretation of results, writing text; Sklizkova N.A. — analysis of literature data, interpretation of results; Fedorov V.N. — data processing, editing of the article text; Kizeev A.N. — collection and processing of material; Levanchuk A.V. — collection of material. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Funding. The study was carried out as part of research project reg. No. 125040104706-8 and did not have any sponsorship support.

Received: April 17, 2026 / Revised: April 28, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

Введение

Арктика — регион с суровыми климатическими условиями, его отличают уникальные экологические условия, ресурсная обеспеченность и особое правовое регулирование [1]. Дальнейшее развитие Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) связано с разработкой месторождений полезных ископаемых, развитием туризма, созданием опорных зон, формированием единой Арктической транспортной системы, включающей Северный морской путь (СМП), комплекс транспортных средств морского и речного транспорта, авиацию, трубопроводный, железнодорожный и автомобильный транспорт, береговую инфраструктуру и др. [2–5].

СМП — ориентированная на круглогодичное функционирование транспортная система, которая соединяет европейские и дальневосточные порты, устья судоходных сибирских рек, речные и железнодорожные пути, сеть аэропортов, современные транспортно-логистические узлы [1, 6]. Долгосрочный план развития СМП направлен на создание транспортной инфраструктуры, строительство флота, обеспечение безопасности мореплавания, управление судоходством¹. Транспортная и энергетическая инфраструктура — необходимое условие комплексного развития Северо-Якутской и Чукотской арктических опорных зон [7].

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 01.08.2022 г. № 2115-р «Об утверждении Плана развития Северного морского пути на период до 2035 года».

Хозяйственное освоение арктических территорий может привести к экологическим проблемам, негативному воздействию на уклад жизни коренных народов и др. [8].

Важным условием устойчивости экономики арктических регионов России является демографическое развитие, перспективы которого будут зависеть от проактивной государственной политики, направленной на создание условий для привлечения и закрепления населения в Арктике [9–14].

Наиболее приспособленными к суровым природно-климатическим условиям являются коренное население Арктики [15] и представители европейского населения, проживающего в АЗРФ в четвёртом и более поколениях. Для компенсации негативного влияния на здоровье человека экстремальных условий уровень и качество жизни в АЗРФ должны быть существенно выше среднероссийского уровня [16].

Для развития Арктического региона и СМП необходимы меры комплексного характера. С этой целью реализуются программы улучшения условий жизни и повышения привлекательности для населения, инвестиционные промышленные проекты, социальные инициативы [17]. Проводится цифровизация системы здравоохранения, оптимизируется оснащение медицинских учреждений, формируются подходы к обеспечению отдалённых районов медицинскими кадрами, разрабатывается стандарт арктической медицины [17, 18].

Цель исследования — оценить состояние здоровья населения, проживающего в населённых пунктах-портах Северного морского пути.

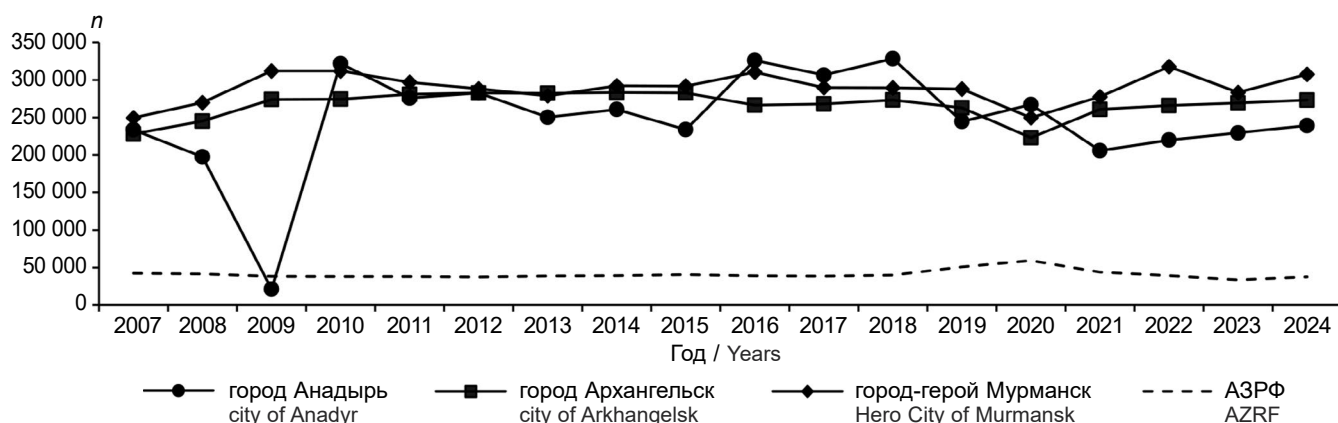


Рис. 1. Динамика первичной заболеваемости (n) детского населения (0–14 лет) городов-портов СМП и АЗРФ в целом в 2007–2024 гг., на 100 000 детского населения.

Fig. 1. Trend in incidences (n) among children (0–14 years) of Northern Sea Route (NSR) port cities and of Arctic zone of the Russian Federation (AZRF) in general as a whole in 2007–2024, per 100,000 children.

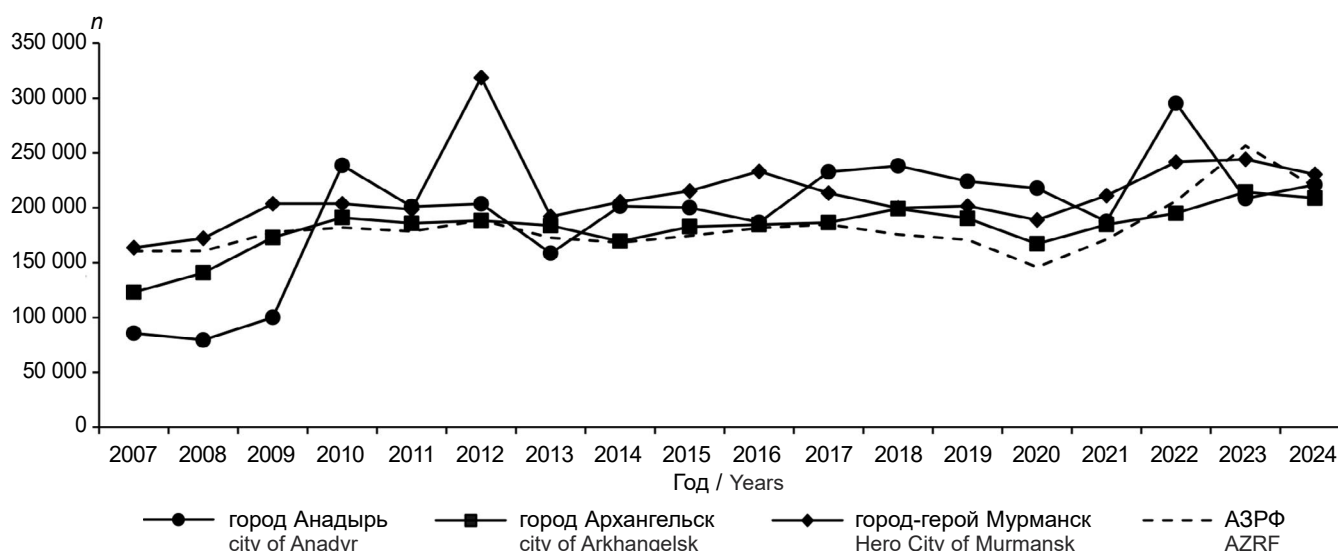


Рис. 2. Динамика первичной заболеваемости (n) подросткового населения (15–17 лет) городов-портов СМП и АЗРФ в целом в 2007–2024 гг., на 100 000 подросткового населения.

Fig. 2. Trend in incidence (n) among adolescent population (15–17 years) of NSR port cities and of AZRF in general as a whole in 2007–2024, per 100,000 adolescent population.

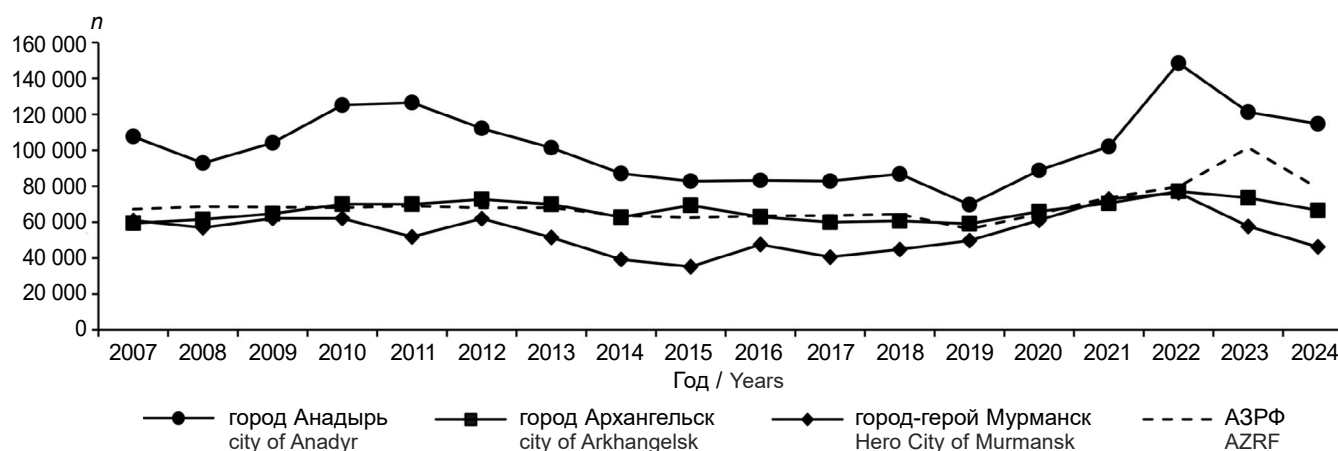


Рис. 3. Динамика первичной заболеваемости (n) взрослого населения (18 лет и старше) городов-портов СМП и АЗРФ в целом в 2007–2024 гг., на 100 000 взрослого населения.

Fig. 3. Trend in incidence (n) in the adult population (aged 18 and older) of NSR port cities and of AZRF in general in 2007–2024, per 100,000 adult population.

Таблица 1 / Table 1

Первичная заболеваемость населения городов-портов СМП и АЗРФ в целом
Incidence in the population of NSR port cities and AZRF in general

Возрастные группы Age groups	Населённый пункт Locality	Показатели заболеваемости на 100 тыс. населения Incidence rates per 100,000 of the population				Средний темп прироста, % Average growth rate, %
		минимальное minimal	среднее average	максимальное maximum	медиана median	
Дети (0–14 лет) Children (0–14 years)	АЗРФ AZRF	33 731.0	408 81.4	59 318.4	39 035.2	–0.64
	Город Анадырь City of Anadyr	21 134.2	247 030.3	328 461.0	247 520.2	0.13
	Город Архангельск City of Arkhangelsk	223 065.6	266 595.3	283 428.6	271 384.3	1.0
	Город-герой Мурманск Hero city of Murmansk	249 620.3	289 290.2	317 893.8	289 820.6	1.2
Подростки (15–17 лет) Teenagers (15–17 years)	АЗРФ AZRF	145 960.4	181 968.2	256 675.4	176 776.2	1.7
	Город Анадырь City of Anadyr	79 494.8	193 376.7	295 200.0	202 546.3	5.4
	Город Архангельск City of Arkhangelsk	122 941.8	181 603.6	214 403.0	185 317.3	3.0
	Город-герой Мурманск Hero city of Murmansk	163 720.6	213 235.0	318 736.9	204 632.9	1.9
Взрослое население (от 18 лет и старше) Adult population (18 years and older)	АЗРФ AZRF	56 209.3	69 410.4	101 471.5	67 958.0	0.90
	Город Анадырь City of Anadyr	69 739.9	102 103.5	148 510.5	101 778.6	0.35
	Город Архангельск City of Arkhangelsk	59 123.8	66 482.7	77 189.7	66 218.5	0.62
	Город-герой Мурманск Hero city of Murmansk	35 208.6	54 388.5	76 350.5	54 386.8	–1.5

Материалы и методы

Использованы данные федерального информационно- фонда социально-гигиенического мониторинга «Меди- ко-демографические показатели» и «Здоровье населения» по муниципальным образованиям АЗРФ за 2007–2024 гг. С учётом организации сбора статистических данных о состо- янии здоровья населения по муниципальным образованиям проанализированы показатели заболеваемости населения трёх из 11 основных населённых пунктов-портов СМП: го- род Анадырь, город Архангельск и город-герой Мурманск. Анализ состояния здоровья населения проводили по забо- лееваемости болезнями всех классов (A00–T98 по МКБ-10) с диагнозом, установленным впервые в жизни, и болезнями, ассоциированными с состоянием факторов среды обитания и образа жизни: анемии; сахарный диабет I и II типов; ожи- рение; болезни, характеризующиеся повышенным давлени- ем; бронхит хронический и неуточнённый, эмфизема; астма, астматический статус; язва желудка и двенадцатиперстной кишки; гастрит и дуоденит; мочекаменная болезнь; врож- дённые аномалии (пороки развития), деформации и хромо- сомные нарушения у детей². Рассчитаны показатели заболе- ваемости детей (0–14 лет), подростков (15–17 лет), взрослых (18 лет и старше) на 100 тыс. соответствующего населения в Архангельске, Анадыре, Мурманске, АЗРФ в целом. Ста- тистическую обработку проводили с использованием па- кета Microsoft Office Excel 2013: среднемноголетнее значе- ние, ошибка среднего, медиана, стандартное отклонение, проведены анализ динамики и оценка тенденции³. Про- верка гипотезы нормальности распределения показателей заболеваемости произведена с использованием критерия Шапиро – Уилка, достоверности тенденции изменения – с применением коэффициента аппроксимации (R^2).

Результаты

В 2024 г. показатели заболеваемости детского на- селения с диагнозом, установленным впервые в жизни (первичная заболеваемость), в исследуемых городах

были выше среднеарктического показателя: в Анадыре – в 6,35 раза, в Архангельске – в 7,26 раза, в Мурманске – в 8,17 раза (рис. 1), подросткового населения – на уровне среднеарктического показателя; взрослого населения – в Архангельске и Мурманске ниже (рис. 2), а в Анады- ре – в 1,45 раза выше среднеарктического показателя (рис. 3).

Среднемноголетние показатели первичной заболева- емости по всем классам болезней детского населения ис- следуемых городов ниже среднеарктических показателей, подросткового населения – на уровне среднеарктических показателей; взрослого населения Анадыря – ниже, Архан- гельска и Мурманска – выше среднеарктических показате- лей (табл. 1).

Положительный темп прироста первичной заболевае- мости по всем классам болезней отмечается для всех групп населения исследуемых городов, за исключением взрослого населения г. Мурманска.

В 2024 г. показатели заболеваемости выше среднеаркти- ческого зарегистрированы у детского населения Анадыря (мочекаменная болезнь), подросткового населения Архан- гельска (бронхит хронический и неуточнённый), подростко- вого населения Мурманска (сахарный диабет II типа).

Отмечается рост показателей заболеваемости детско- го населения исследуемых городов анемиями, ожирени- ем, сахарным диабетом I типа, бронхитом хроническим и неуточнённым, мочекаменной болезнью, врождёнными аномалиями (пороками развития), деформациями и хро- мосомными нарушениями; подросткового населения – анемиями, ожирением, сахарным диабетом I типа, аст- мой и астматическим статусом, бронхитом хроническим и неуточнённым, мочекаменной болезнью, болезнями, характеризующимися повышенным кровяным давлением; взрослого населения – анемиями, сахарным диабетом I и II типов, астмой и астматическим статусом, бронхитом хроническим и неуточнённым, гастритом и дуоденитом, болезнями, характеризующимися повышенным кровяным давлением (табл. 2).

На основании проведённого анализа отмечена устойчи- вая тенденция к снижению заболеваемости анемиями дет- ского населения ($R^2 = 0,87$), язвой желудка и двенадцати- перстной кишки детского ($R^2 = 0,73$) и взрослого ($R^2 = 0,81$) населения, врождёнными аномалиями (пороки развития), деформациями и хромосомными нарушениями у детей Мур- манска ($R^2 = 0,8$).

Таблица 2 / Table 2

Первичная заболеваемость населения городов-портов СМП заболеваниями, показатели которых имеют достоверную тенденцию к росту
Incidence in the population of NSR port cities with diseases whose rates have a reliable upward trend

Населённый пункт Locality	Заболевание Disease	Возрастные группы Age groups	Показатели заболеваемости на 100 тыс. населения Incidence rates per 100,000 of the population			Средний темп прироста, % Average growth rate, %
			минимальное minimal	среднее average	максимальное maximum	
Город Анадырь City of Anadyr	Анемии Anemia	Дети (0–14 лет) Children (0–14 years inclusive)	171.0	688.6	1918.9	5.3
	Гастрит и дуоденит Gastritis and duodenitis	Взрослое население (18 лет и старше) Adult population (18 years and older)	193.0	525.5	845.3	4.8
Город Архангельск City of Arkhangelsk	Анемии Anemia	Подростки (15–17 лет) Teenagers (15–17 years)	419.2	1062.3	2112.4	7.3
	Болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением Diseases characterized by high blood pressure	Подростки (15–17 лет) Teenagers (15–17 years)	44.4	204.1	495.7	2.9
		Взрослое население (от 18 лет и старше) Adult population (18 years and older)	456.3	736.5	1490.8	2.4
	Гастрит и дуоденит Gastritis and duodenitis	Взрослое население (18 лет и старше) Adult population (18 years and older)	252.1	351.5	494.7	1.0
	Ожирение Obesity	Дети (0–14 лет) Children (0–14 years)	247.2	465.2	786.5	2.3
		Подростки (15–17 лет) Teenagers (15–17 years)	238.7	472.7	864.3	5.4
	Сахарный диабет I типа Diabetes mellitus type I	Взрослое население (18 лет и старше) Adult population (18 years and older)	0.8	7.9	15.6	2.7
	Сахарный диабет II типа Diabetes mellitus type II	Взрослое население (18 лет и старше) Adult population (18 years and older)	208.4	318.5	519.8	4.5
Город-герой Мурманск Hero city of Murmansk	Анемии Anemia	Взрослое население (от 18 лет и старше) Adult population (18 years and older)	63.7	100.7	167.4	1.8
	Астма, астматический статус Asthma, asthmatic status	Взрослое население (18 лет и старше) Adult population (18 years and older)	44.9	74.7	146.8	0.9
	Врождённые аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения у детей Congenital anomalies (malformations), deformities and chromosomal abnormalities in children	Дети (0–14 лет) Children (0–14 years)	253.9	554.6	1104.1	3.6
	Гастрит и дуоденит Gastritis and duodenitis	Взрослое население (18 лет и старше) Adult population (18 years and older)	33.0	148.4	356.7	1.4
	Ожирение Obesity	Подростки (15–17 лет) Teenagers (15–17 years)	341.1	806.5	1343.3	5.3
	Сахарный диабет I типа Diabetes mellitus type I	Дети (0–14 лет) Children (0–14 years)	13.1	24.2	45.7	7.2

Обсуждение

Анализ состояния здоровья населения проводится преимущественно на уровне муниципальных образований [19, 20]. Официальная статистическая информация не позволяет сформировать объективную картину состояния здоровья населения арктических регионов. Например, не учитывается так называемый «вывоз смертности» [21] и «вывоз заболеваемости».

Ретроспективный анализ состояния здоровья населения показал, что в 2007–2024 гг. в исследуемых городах заболеваемость детского населения по всем классам болезней превышала среднеарктические показатели. Заболеваемость

подросткового населения трёх городов и взрослого населения Архангельска и Мурманска была практически на уровне среднеарктических показателей, а взрослого населения Анадыря – выше среднеарктических показателей. Неблагополучие по показателям заболеваемости изученными нозологиями детского и взрослого населения отмечено в Анадыре, подросткового населения – в Архангельске и Мурманске.

Влияние природно-климатических факторов Арктики на организм человека носит дуалистический характер. Негативное воздействие таких факторов, как дефицит тепла и освещённости, резкая смена фотопериодичности и др. [22], запускает процесс адаптации [16]. Однако даже в четвёртом поколении у пришлого населения может не случиться пол-

ноценной адаптации к дискомфортным и экстремальным условиям Арктики [23]. Изменение климата, скорость которого в Арктике значительно выше, чем в среднем на планете, приводит к тому, что организм коренных народов и старожильческого населения, уже адаптированных к суровым природным условиям Арктики, вынужден вновь тратить ресурсы на адаптацию.

Состояние здоровья детей во многом определяется качеством окружающей среды, социально-экономическими условиями, уровнем и доступностью медицинской помощи [19]. В 2007–2024 гг. не соответствовало установленным нормативам качество атмосферного воздуха и почвы в Архангельске и Мурманске, питьевой воды — в трёх изученных городах. Следует отметить, что для объективной оценки качества среды обитания необходимо корректировать программы лабораторных исследований и испытаний с учётом плана развития СМП и источников загрязнения, характерных для населённого пункта [24].

В ходе дальнейшего исследования для выявления причин повышенной заболеваемости и оценки влияния факторов среды обитания на здоровье населения населённых пунктов-портов СМП планируется изучить факторы среды обитания, медико-демографические и социально-экономи-

ческие показатели, в том числе качество оказания медицинской помощи, что позволит разработать адекватные профилактические мероприятия для снижения заболеваемости населения.

Ограничение исследования. Исследование проведено только для населённых пунктов-портов СМП, по которым формируются статистические формы о состоянии здоровья населения.

Заключение

Развитие СМП невозможно без создания комфортных условий жизни населения, снижения экологических рисков и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Состояние здоровья населения, проживающего в населённых пунктах-портах СМП, на основании официальной статистической отчётности возможно проанализировать только в Анадыре, Архангельске и Мурманске.

Проведённый анализ заболеваемости населения изученных населённых пунктов-портов СМП позволил установить нозологии, показатели заболеваемости которыми превышали среднеарктические показатели за период 2007–2024 гг., и оценить тенденции заболеваемости.

Литература

1. Баттахов П.П., Овчинникова Ю.С. Северный морской путь: вопросы правового обеспечения. *Арктика XXI век*. 2024; (4): 5–16. <https://elibrary.ru/nepvkf>
2. Попова Л.Ф., Никитина М.В., Андреева Ю.И., Трофимова А.Н., Попов С.С. Тяжелые металлы в почвах Евро-Арктических территорий. *Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология*. 2019; 62(3): 102–7. <https://doi.org/10.6060/ivkkt201962fp.5854> <https://elibrary.ru/zawhvw>
3. Сагина О.А. Геоэкономическая роль Арктической зоны Российской Федерации. *Вестник евразийской науки*. 2024; 16(S6): 4. <https://elibrary.ru/iajcfy>
4. Чаевич А.В. Северный морской путь как стратегический национальный приоритет Российской Федерации. *Власть*. 2025; 33(5): 120–5. <https://doi.org/10.24412/2071-5358-2025-5-120-125> <https://elibrary.ru/uumkna>
5. Гизатуллина О.М., Петров А.М. Анализ транспортно-логистической инфраструктуры Арктической зоны РФ. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2022; 15(4): 238–46. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_4_238 <https://elibrary.ru/vaqlhu>
6. Соловьева Ю.Н. К вопросу устойчивого развития Северного морского пути. *Проблемы современной экономики*. 2025; (1): 171–4. <https://elibrary.ru/kqbct>
7. Пудов М.Г., Скрыбина Я.О. Влияние портовых комплексов Северного морского пути на развитие очаговых зон Восточно-Арктического региона России: анализ и оценка с точки зрения экономической эффективности. *Неделя науки Санкт-Петербургского государственного морского технического университета*. 2024; 2(1): 253–6. <https://elibrary.ru/crmwbz>
8. Андрианов В.В. Вызовы климатической повестки для внешней и внутренней политики Российской Федерации. *Известия Уральского государственного университета. Гуманитарные науки*. 2022; (1): 3–22. <https://doi.org/10.24412/2071-6141-2022-1-3-22> <https://elibrary.ru/ygmflg>
9. Никулкина И.В., Гордечкова О.В., Калаврий Т.Ю., Вандерлинден Ж.П. Резильентность социально-экономических систем: методологический аспект. *Вопросы инновационной экономики*. 2022; 12(1): 659–68. <https://doi.org/10.18334/vnec.12.1.114087> <https://elibrary.ru/kcghxu>
10. Никулкина И.В., Романова Е.В. Демографическое развитие арктических регионов России в контексте концепции резильентности. *Народонаселение*. 2024; 27(1): 123–35. <https://doi.org/10.24412/1561-7785-2024-1-123-135> <https://elibrary.ru/fifachy>
11. Смиреникова Е.В., Губина О.В., Воронина Л.В., Проворова А.А., Уханова А.В., Матвиенко И.И. и др. *Реализация демографического потенциала территорий российской Арктики в контексте инновационного развития: механизмы, факторы, инструменты регулирования*. Архангельск; 2022. <https://elibrary.ru/jnolju>
12. Авдеев Ю.А., Сидоркина З.И., Ушакова В.Л. Тенденции демографического развития в районах российской восточной Арктики. *Народонаселение*. 2020; 23(3): 130–44. <https://doi.org/10.19181/population.2020.23.3.12> <https://elibrary.ru/lfgspu>
13. Смиреникова Е.В., Воронина Л.В., Уханова А.В. Оценка демографического потенциала арктических регионов Российской Федерации в контексте инновационного развития. *Арктика: экология и экономика*. 2021; 11(1): 19–29. <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2021-1-19-29> <https://elibrary.ru/uuprpe>
14. Фаузер В.В., Смирнов А.В., Лыткина Т.С., Фаузер Г.Н. Вызовы и противоречия в развитии Севера и Арктики: демографическое измерение. *Арктика: экология и экономика*. 2022; 12(1): 111–22. <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2022-1-111-122> <https://elibrary.ru/gtlygm>
15. Никифорова В.А., Кудашкин В.А., Кириоткин С.А. История изучения проблемы адаптации коренных малочисленных народов Севера к природным условиям окружающей среды. *Проблемы социально-экономического развития Сибири*. 2021; (1): 139–42. <https://doi.org/10.18324/2224-1833-2021-1-139-142> <https://elibrary.ru/rppuda>
16. Проворова А.А., Смиреникова Е.В., Уханова А.В. Здоровье населения российской Арктики: проблемы, вызовы и пути их решения. *Арктика и Север*. 2024; (55): 161–81. <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2024.55.161> <https://elibrary.ru/qliznn>
17. Бездудная А.Г., Кадырова О.В., Дымова О.О. Социальная инфраструктура как драйвер социально-экономического развития Арктической зоны РФ. *Проблемы современной экономики*. 2025; (3): 93–6. <https://elibrary.ru/nhhdls>
18. Шевченко К.В., Дунаева Е.А., Ладилова Ю.Д. Доступность здравоохранения в Арктической зоне России. *Аграрное и земельное право*. 2023; (9): 7–10. <https://elibrary.ru/icbzhm>
19. Саввина Н.В., Луцкан И.П., Максимова А.А., Григорьева Н.А., Пахомова Я.А., Егоров В.В. Сохранение здоровья детского населения Арктической зоны Республики Саха (Якутия). *Оренбургский медицинский вестник*. 2024; 12(3): 56–61. <https://elibrary.ru/sfqozu>
20. Ковшов А.А., Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А. Состояние санитарно-эпидемиологического благополучия населения Арктической зоны Российской Федерации. В кн.: *Сахаровские чтения 2023 года: экологические проблемы XXI века: Материалы 23-й Международной научной конференции*. Минск; 2023: 238–42. <https://elibrary.ru/mgjtcc>
21. Зырянова М.А., Попова Л.А. Факторный анализ процессов рождаемости в северных регионах России. *Север и рынок: формирование экономического порядка*. 2018; (3): 111–21. <https://doi.org/10.25702/KSC.2220-802X.3.2018.59.111-121> <https://elibrary.ru/vlsdms>
22. Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Медико-физиологические проблемы в Арктике. *Известия Коми научного центра УрО РАН*. 2017; 4 (32): 33–40. <https://elibrary.ru/ynlufp>
23. Соловьев В.С., Бакиева Э.М., Трусевич Н.В., Церцек Т.Н. Комплексное исследование адаптивных свойств жителей зрелого возраста северного города. *Вестник НВГУ*. 2016; 2: 66–71 <https://elibrary.ru/wbwlhv>
24. Мясников И.О., Кизеев А.Н., Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Новикова Ю.А. Проблемы организации мониторинга среды обитания в населённых пунктах (портах) Северного морского пути. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(8): 808–13. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-808-813> <https://elibrary.ru/jczdlv>

References

1. Battakhov P.P., Ovchinnikova Yu.S. Northern Sea route: legal issues. *Arktika XXI vek*. 2024; (4): 5–16. <https://elibrary.ru/nepvkf> (in Russian)
2. Popova L.F., Nikitina M.V., Andreeva Yu.I., Trofimova A.N., Popov S.S. Heavy metals in soils of Euro-Arctic territories. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Seriya: Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*. 2019; 62(3): 102–7. <https://doi.org/10.6060/ivkkt201962fp.5854> <https://elibrary.ru/zawhvw> (in Russian)
3. Sagina O.A. The geostrategic role of the Arctic zone of the Russian Federation. *Vestnik evraziiskoi nauki*. 2024; 16(S6): 4. <https://elibrary.ru/iajcfy> (in Russian)

4. Chaevich A.V. The Northern Sea route as a strategic national priority of the Russian Federation. *Vlast'*. 2025; 33(5): 120–5. <https://doi.org/10.24412/2071-5358-2025-5-120-125> <https://elibrary.ru/uumkna> (in Russian)
5. Gizatullina O.M., Petrov A.M. Analysis of the transport and logistics infrastructure of the Arctic zone of the Russian Federation. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022; 15(4): 238–46. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_4_238 <https://elibrary.ru/vaqlhu> (in Russian)
6. Solovjeva N.Yu. To the issue of sustainable development of the Northern Sea route (Russia, St. Petersburg). *Problemy sovremennoi ekonomiki*. 2025; (1): 171–4. <https://elibrary.ru/kqbctc> (in Russian)
7. Pudov M.G., Scriabina Ya.O. The influence of the port complexes of the Northern Sea route on the development of the focal zones of the Eastern Arctic region of Russia: analysis and evaluation in terms of economic efficiency. *Nedelya nauki Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnicheskogo universiteta*. 2024; 2(1): 253–6. <https://elibrary.ru/crnwbz> (in Russian)
8. Andrianov V.V. Challenges of the climate agenda for foreign and domestic policy of the Russian Federation. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Gumanitarnye nauki*. 2022; (1): 3–22. <https://doi.org/10.24412/2071-6141-2022-1-3-22> <https://elibrary.ru/ygmifg> (in Russian)
9. Nikulkina I.V., Gordyachkova O.V., Kalavriy T.Yu., Vanderlinden J.P. Socio-economic systems resilience: methodological aspect. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki*. 2022; 12(1): 659–68. <https://doi.org/10.18334/vinec.12.1.114087> <https://elibrary.ru/kcghxu> (in Russian)
10. Nikulkina I.V., Romanova E.V. Demographic development of the Arctic regions in the context of resilience concept. *Narodonaselenie*. 2024; 27(1): 123–35. <https://doi.org/10.24412/1561-7785-2024-1-123-135> <https://elibrary.ru/fiachy> (in Russian)
11. Smirennikova E.V., Gubina O.V., Voronina L.V., Provorova A.A., Ukhanova A.V., Matvienko I.I., et al. *Realization of the Demographic Potential of the Territories of the Russian Arctic in the Context of Innovative Development: Mechanism, Factors, and Regulatory Instruments [Realizatsiya demograficheskogo potentsiala territorii rossiiskoi Arktiki v kontekste innovatsionnogo razvitiya: mekhanizm, faktory, instrumenty regulirovaniya]*. Arkhangelsk; 2022. <https://elibrary.ru/jnolju> (in Russian)
12. Avdeev Yu.A., Sidorkina Z.I., Ushakova V.L. Demographic development trends in the Russian Eastern Arctic. *Narodonaselenie*. 2020; 23(3): 130–44. <https://doi.org/10.19181/population.2020.23.3.12> <https://elibrary.ru/lfgspu> (in Russian)
13. Smirennikova E.V., Voronina L.V., Ukhanova A.V. Assessment of the demographic potential of the Arctic regions of the Russian Federation in the context of innovative development. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. 2021; 11(1): 19–29. <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2021-1-19-29> <https://elibrary.ru/uupne> (in Russian)
14. Fauzer V.V., Smirnov A.V., Lytkina T.S., Fauzer G.N. Challenges and contradictions in the development of the North and the Arctic: demographic dimension. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. 2022; 12(1): 111–22. <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2022-1-111-122> <https://elibrary.ru/gtlygm> (in Russian)
15. Nikiforova V.A., Kudashkin V.A., Kiryutkin S.A. History of studying the problem of adaptation of the indigenous small peoples of the North to natural environmental conditions. *Problemy sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Sibiri*. 2021; (1): 139–42. <https://doi.org/10.18324/2224-1833-2021-1-139-142> <https://elibrary.ru/rppuda> (in Russian)
16. Provorova A.A., Smirennikova E.V., Ukhanova A.V. Population health in the Russian Arctic: problems, challenges, solutions. *Arktika i Sever*. 2024; (55): 161–81. <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2024.55.161> <https://elibrary.ru/qqlznn> (in Russian)
17. Bezudnaya A.G., Kadyrova O.V., Dymova O.O. Social infrastructure as a driver of socio-economic development of the Arctic zone of the Russian Federation (Russia, St. Petersburg). *Problemy sovremennoi ekonomiki*. 2025; (3): 93–6. <https://elibrary.ru/nhhdls> (in Russian)
18. Shevchenko K.V., Dunaeva E.A., Ladilova Yu.D. Accessibility of healthcare in the Arctic zone of Russia. *Agrarnoe i zemel'noe pravo*. 2023; (9): 7–10. <https://elibrary.ru/icbzhm> (in Russian)
19. Savvina N.V., Lutsan I.P., Maksimova A.A., Grigorieva N.A., Pakhomova Ya.A., Egorov V.V. Preserving the health of the children population in the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia). *Orenburgskii meditsinskii vestnik*. 2024; 12(3): 56–61. <https://elibrary.ru/sfqozy> (in Russian)
20. Kovshov A.A., Novikova Yu.A., Fedorov V.N., Tikhonova N.A. The state of sanitary and epidemiological well-being of the population of the Arctic zone of the Russian Federation. In: *Sakharov Readings 2023: Environmental Problems of the 21st Century: Proceedings of the 23rd International Scientific Conference [Sakharovskie chteniya 2023 goda: ekologicheskie problemy XXI veka: materialy 23-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii]*. Minsk; 2023: 238–42. <https://elibrary.ru/mgjtcc> (in Russian)
21. Zyryanova M.A., Popova L.A. Factor analysis of birth rate processes in the northern regions of Russia. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo porjadka*. 2018; (3): 111–21. <https://doi.org/10.25702/KSC.2220-802X.3.2018.59.111-121> <https://elibrary.ru/vlsdma> (in Russian)
22. Solonin Yu.G., Boyko E.R. Medical and physiological problems in the Arctic. *Bulletin of the Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2017; 4 (32): 33–40. <https://elibrary.ru/ylnyfp> (in Russian)
23. Soloviev V.S., Bakieva E.M., Trusevich N.V., Tsertsek T.N. A comprehensive study of the adaptive properties of mature female residents of a northern city. *Bulletin of NVGU*. 2016; 2: 66–71. <https://elibrary.ru/wbwlhv> (in Russian)
24. Myasnikov I.O., Kizeev A.N., Fedorov V.N., Tikhonova N.A., Novikova Yu.A. Problems of the management of habitat monitoring in settlements (ports) of the Northern Sea route. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2024; 103(8): 808–13. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-808-813> <https://elibrary.ru/jczdlv> (in Russian)

Сведения об авторах

Бузинов Роман Вячеславович, доктор мед. наук, директор ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: r.buzinov@s-znc.ru

Мясников Игорь Олегович, канд. мед. наук, вед. науч. сотр., зав. отделением научного обеспечения социально-гигиенического мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: i.mysnikov@s-znc.ru

Новикова Юлия Александровна, канд. техн. наук, вед. науч. сотр., руководитель отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: j.novikova@s-znc.ru

Склизкова Надежда Андреевна, науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: n.tihonova@s-znc.ru

Федоров Владимир Николаевич, ст. науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: v.fedorov@s-znc.ru

Кизеев Алексей Николаевич, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.kizeev@s-znc.ru

Леванчук Александр Владимирович, доктор мед. наук, профессор каф. «Техносферная и экологическая безопасность» ФГБОУ ВО ПГУПС, 190031, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: 5726164@mail.ru

About the authors

Roman V. Buzinov, DSc (Medicine), director, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8624-6452> E-mail: r.buzinov@s-znc.ru

Igor O. Myasnikov, PhD (Medicine), leading researcher, head, Department of Scientific Support of Social and Hygienic Monitoring North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-4459-2066> E-mail: i.mysnikov@s-znc.ru

Yuliya A. Novikova, PhD (Engineering), leading researcher, head, Department of Social and Hygienic Analysis and Monitoring, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4752-2036> E-mail: j.novikova@s-znc.ru

Nadezhda A. Sklizkova, researcher, Department of Social and Hygienic Analysis and Monitoring, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4895-4009> E-mail: n.tihonova@s-znc.ru

Vladimir N. Fedorov, senior researcher, Department of Social and Hygienic Analysis and Monitoring, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1378-1232> E-mail: v.fedorov@s-znc.ru

Aleksei N. Kizeev, PhD (Biology), senior researcher, Department of Social and Hygienic Analysis and Monitoring, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8689-7327> E-mail: a.kizeev@s-znc.ru

Alexander V. Levanchuk, DSc (Medicine), professor, Department of Technospheric and Environmental Safety, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 190031, St. Petersburg, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-2062-7401> E-mail: 5726164@mail.ru



Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н., Скляр Д.Н., Волчкова О.В., Плеханов В.П.

Методические аспекты измерения напряжённости электростатических полей полимерных строительных материалов

ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Развитие химической промышленности позволило создать разнообразные синтетические полимерные материалы, чьи уникальные эксплуатационные свойства и возможность проектирования заданных характеристик обусловили широкое применение их в производстве. При этом способность к накоплению электростатического заряда на поверхности полимерных материалов несёт риски негативного воздействия на здоровье потребителя, что требует контроля и гигиенической оценки этих изделий и материалов.

Цель исследования — обосновать методологию измерений напряжённости электростатического поля вблизи поверхности полимерных материалов. **Материалы и методы.** Измеряли напряжённость электростатического поля образца полотна из поливинилхлорида в состоянии покоя и после воздействия на него различными материалами.

Результаты. Полученные результаты измерения напряжённости электростатического поля не превышали гигиенических нормативов и находились в диапазоне от $1,04 \pm 0,20$ до $8,70 \pm 1,54$ кВ/м в зависимости от числа циклов воздействия. При воздействии на образец тканью из синтетических материалов полученные результаты характеризовались более стабильными значениями по сравнению с тканью из натуральной шерсти.

Ограничения исследования. Результаты исследования могут применяться только в лабораторных условиях при проведении измерений напряжённости электростатического поля от синтетических полимерных материалов.

Заключение. Результаты эксперимента подтвердили возможность применения трибоэлектрического эффекта при проведении измерений и оценки напряжённости электростатических полей полимерных материалов. Полученные данные позволяют определить необходимое и достаточное число циклов воздействия, при котором происходит стабилизация уровней электростатических полей, и выбрать материал для наведения электростатических зарядов на поверхность образца.

Ключевые слова: напряжённость электростатического поля; полимерные строительные материалы; электризуемость; трибоэлектрический эффект; инструментальный контроль

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н., Скляр Д.Н., Волчкова О.В., Плеханов В.П. Методические аспекты измерения напряжённости электростатических полей полимерных строительных материалов. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(8): 835–839. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-835-839> <https://elibrary.ru/kngnmh>

Для корреспонденции: Крийт Владимир Евгеньевич, e-mail: v.kriit@s-znc.ru

Вклад авторов: Крийт В.Е. — концепция исследования, редактирование; Сладкова Ю.Н. — дизайн исследования, написание текста; Скляр Д.Н. — дизайн исследования, обработка материала; Волчкова О.В., Плеханов В.П. — сбор материала. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 17.04.2026 / Поступила после доработки: 25.05.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Vladimir E. Kriyt, Yulia N. Sladkova, Dmitriy N. Sklyar, Olga V. Volchkova, Vladimir P. Plekhanov

Methodological aspects of measuring the electrostatic field strength of polymer building materials

North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The advancement in the chemical industry has led to the development of a broad spectrum of synthetic polymer materials. Their exceptional performance characteristics, combined with the capability to engineer materials with tailored properties, facilitate their extensive application in industrial manufacturing. However, the propensity of polymer surfaces to accumulate electrostatic charge presents potential risks of adverse health effects for end-users, necessitating systematic monitoring and hygienic evaluation of these products and materials.

The purpose of the study was to substantiate methodological approaches for measuring electrostatic field strength in the vicinity of polymeric material surfaces.

Materials and methods. The electrostatic field strength of a polyvinyl chloride (PVC) fabric specimen was measured both at rest and after undergoing a series of rubbing cycles involving various materials.

Results. The measured electrostatic field strength values did not exceed established hygienic limits and ranged from 1.04 ± 0.20 to 8.70 ± 1.54 kV/m, depending on the number of rubbing cycles. When the specimen was subjected to friction with synthetic textile materials, the results demonstrated greater stability compared to those obtained with natural wool fabric.

Limitations. The findings of this study are applicable exclusively to measurements of electrostatic field strength from synthetic polymer materials conducted under controlled laboratory conditions.

Conclusion. The experimental results confirmed the feasibility of employing the triboelectric effect for measuring and evaluating the strength of the electrostatic field generated by polymeric materials. The obtained data enable the determination of the minimum number of rubbing cycles required for electrostatic field strength stabilization, as well as the criteria for selecting contact materials for electrostatic induction on specimen surfaces.

Keywords: electrostatic field strength; polymer building materials; electrification; triboelectric effect; instrumental control

Compliance with ethical standards. The study does not require an opinion from a biomedical ethics committee or other documents.

For citation: Kriyt V.E., Sladkova Yu.N., Sklyar D.N., Volchkova O.V., Plekhanov V.P. Methodological aspects of measuring the electrostatic field strength of polymer building materials. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(8): 835–839. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-835-839> <https://elibrary.ru/kngnmh> (In Russ.)

For correspondence: Vladimir E. Kriyt, e-mail: v.kriit@s-znc.ru

Contributions: Kriyt V.E. — research concept; editing; Sladkova Yu.N. — research design; text writing; Sklyar D.N. — research design; material processing; Volchkova O.V., Vladimir P. Plekhanov — material collection. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: April 17, 2026 / Revised: May 25, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

Введение

Развитие химической промышленности привело к появлению широкого спектра полимерных материалов, обладающих уникальными физическими и химическими свойствами: термостойкостью, химической стойкостью, высокой ударной вязкостью, стойкостью к многократным изгибам, износостойкостью, низкой теплопроводностью [1]. Главное преимущество синтетических полимерных материалов, благодаря которому они нашли широкое применение в производстве, — возможность проектировать макромолекулы с заданным комплексом физических свойств [2].

Среди полимерных материалов лидирующее место занимает поливинилхлорид (далее — ПВХ), что обусловлено широкими возможностями его модификации для получения различных физических свойств готовых изделий [3, 4]. ПВХ является оптимальным сырьём для производства напольных покрытий с высокой износостойкостью и устойчивостью к внешним воздействиям [5, 6].

Низкая электропроводность и гигроскопичность полимерных материалов обуславливают их способность к накоплению в процессе эксплуатации электрического заряда на поверхности [7, 8]. Это происходит преимущественно за счёт двух механизмов: контактной электризации [9, 10] и трибоэлектрического эффекта [11, 12]. Накопление заряда может стать причиной возникновения искровых разрядов и возгорания горючих газов, паров или пыли [13, 14].

Исследования биологического воздействия электростатических полей (далее — ЭСП) активно проводили во второй половине XX века. Было установлено, что воздействие ЭСП снижает чувствительность кожи к некоторым раздражителям, уменьшает кровоток в её поверхностных слоях и оказывает влияние на симпатический отдел вегетативной нервной системы. Исследования на крысах показали, что длительное нахождение животных в условиях высоких уровней ЭСП оказывало цитогенетическое действие на регенерирующие клетки печени. Кроме того, в Ленинградском НИИ гигиены труда и профзаболеваний изучалось сочетанное воздействие ЭСП и повышенной концентрации аэроионов, возникающей вследствие эффекта коронирования. Результаты экспериментов на добровольцах показали негативное воздействие ЭСП на центральную нервную систему.

В некоторых работах отмечено, что ЭСП вызвали биологические изменения, такие как аллергия, бронхиальная астма и бронхит, боли в сердце [14–16].

Безопасность потребителей требует контроля уровней электростатических полей как в лабораторных условиях (на этапе сертификации и испытаний образцов¹, с контролируемыми параметрами окружающей среды и процессом воздействия на образец), так и в натурных условиях — непосредственно в эксплуатируемых помещениях².

На территории стран — членов Таможенного союза действуют единые требования к уровню напряжённости электростатических полей на поверхности изделий из синтетических полимерных материалов — 15 кВ/м. В Российской Федерации процедура измерений и оценки электризуемости полимерных покрытий определена в методических указаниях МУ 2.1.2.1829–04 «Санитарно-гигиеническая оценка полимерных и полимерсодержащих строительных материалов и конструкций, предназначенных для применения в строительстве жилых, общественных и промышленных зданий». При этом документ не регламентирует необходимый объём

измерений, правила выбора точек измерений, условия проведения измерений. Для изучения международного опыта в области контроля уровней напряжённости электростатических полей на поверхности изделий нами были проанализированы документы стран — партнёров по Таможенному союзу. В методиках проведения измерений Республики Казахстан (Методические указания 3.06.004–96 «Методические указания по определению напряжённости электростатических полей, создаваемых бытовыми синтетическими материалами и бытовыми электроприборами») и Беларуси (СанПиН 9–29.7–95 «Санитарные нормы допустимых физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях. Методика измерения напряжённости электростатического поля») имеются положения, связанные с процедурой воздействия на образец шерстяной тканью, которые совпадают с процедурой, описанной в отечественном государственном стандарте ГОСТ 30877–2003 «Материалы текстильные. Покрытия и изделия ковровые машинного способа производства. Показатели безопасности и методы их определения». Указанные выше документы имели существенные различия в методической части выбора точек измерений и процедуре обработки результатов. При этом в российской и белорусской методиках учитывалось возможное неравномерное распределение заряда по поверхности образца [17] и разброс получаемых значений.

Диэлектрики в силу своего высокого удельного сопротивления способны длительное время сохранять на поверхности электростатические заряды, что делает актуальной задачу нейтрализации остаточного электростатического потенциала при проведении серии измерений в различных точках на поверхности образца. Для реализации данного эффекта могут быть применены следующие методы: ионизация воздуха [18], снятие заряда с помощью заземлённой щётки, обработка поверхности этиловым спиртом. Ионизация требует дополнительного оборудования, что усложняет процедуру испытаний и предъявляет дополнительные требования к квалификации и обучению персонала испытательной лаборатории (центра). Нейтрализацию электростатического потенциала посредством заземлённой щётки или путём обработки поверхности этиловым спиртом проще реализовать.

Для оценки напряжённости ЭСП были рассмотрены методы моделирования воздействий, имитирующих условия эксплуатации образца. При этом были исключены методы наведения электростатического заряда на поверхность образца с помощью коронных разрядов (ГОСТ 16185–82 «Пластмассы. Метод определения электростатических свойств») как процесс, не отражающий реальных условий эксплуатации и искажающий его истинное значение [19], и способ натирания поверхности образца ладонью ввиду его зависимости от индивидуальных особенностей кожи человека [20], а также трудной воспроизводимости полученных результатов.

Цель исследования — обосновать методологию проведения измерений напряжённости электростатического поля вблизи поверхности полимерных материалов.

Материалы и методы

Проводили измерения напряжённости электростатического поля от полотна, используемого в качестве напольного покрытия (материал изделия — ПВХ), с габаритными размерами 0,5 × 0,5 м и толщиной 2 мм.

Для воздействия на образец использовали ткани из следующих материалов:

- ткань из синтетических материалов (состав: 88% полиэстер, 12% полиамид);
- ткань из натуральных материалов (состав: 100%-я натуральная шерсть).

Перед проведением эксперимента поверхность образца механически очищали от загрязнений и обезжиривали.

Для стабилизации электростатического потенциала и остаточной влажности поверхности образец предварительно

¹ Статья 8 приложение 2 ТР ТС 017/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности продукции лёгкой промышленности» (Принят решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 876).

² Глава 5 пункт 123 СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», утверждённые постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 г. № 2 (зарегистрировано Минюстом России 29.01.2021 г., регистрационный № 62296) (далее — СанПиН 1.2.3685–21).

Таблица 1 / Table 1

Напряжённость электростатического поля после воздействия на образец синтетической тканью

The results of measurements of the electrostatic field strength after exposure to a sample of PVC flooring with synthetic fabric

Число циклов воздействия Number of exposure cycles	Напряжённость электростатического поля, кВ/м Electrostatic field strength, kV/m	Расширенная неопределённость измерений, кВ/м Extended measurement uncertainty, kV/m	Коэффициент вариации, % Variation coefficient, %
0	1.04	0.20	59.5
1	1.48	0.36	27.6
2	2.00	0.45	24.2
3	2.85	0.77	34.4
4	4.70	0.94	16.4
5	6.69	1.19	6.6
6	6.89	1.33	15.8
7	6.69	1.23	10.0
8	7.33	1.40	13.7
9	7.30	1.32	9.3
10	7.68	1.35	4.5
11	8.49	1.49	4.3
12	8.02	1.56	14.6

но выдерживали в течение 48 ч при микроклиматических условиях, соответствующих условиям проведения эксперимента: температура воздуха 24 ± 1 °C, относительная влажность воздуха $34 \pm 3\%$.

Для исключения влияния внешних электростатических полей от полимерного покрытия рабочего стола в процессе измерений образцы размещали на заземлённой металлической пластине с геометрическими размерами $0,5 \times 0,5$ м и толщиной 3 мм.

Оценку выполняли с использованием средств измерений, соответствующих проводимым испытаниям. Напряжённость электростатического поля регистрировали измерителем напряжённости электростатического поля СТ-01 (номер в ГРСИ РФ 17400–98). Температуру и относительную влажность в помещении определяли измерителем параметров микроклимата «Метеоскоп-М» (номер в ГРСИ РФ 32014–11).

Измерения напряжённости ЭСП проводили в состоянии покоя и после серии циклов воздействия на образец. Измерительную пластину устанавливали в центре образца. Число повторных измерений для каждого количества циклов воздействия составляло не менее одиннадцати. За результат принимали среднее значение максимальных измеренных значений напряжённости электростатического поля. Для каждой серии измерений рассчитывали расширенную неопределённость измерений и коэффициент вариации. Нормальность распределения результатов измерений проверяли тестом Шапиро – Уилка. Проверку принадлежности результатов измерений к одному распределению осуществляли с применением критерия Вилкоксона. Уровень значимости $p = 0,05$. Статистическую обработку проводили с помощью программного продукта Microsoft Excel 2023 и языка R (версия 4.5.0 (2025–04–11) пакет *stats*). Выявление и исключение выбросов, обусловленных случайными факторами (частицы ткани, пыль, электростатический потенциал одежды оператора), проводили с помощью критерия Граббса³.

³ ГОСТ Р 8.736–2011 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов. Основные положения».

Таблица 2 / Table 2

Напряжённость электростатического поля после воздействия на образец тканью из натуральной шерсти

Electrostatic field strength after exposure to a sample of PVC flooring with a natural wool cloth

Число циклов воздействия Number of exposure cycles	Напряжённость электростатического поля, кВ/м Electrostatic field strength, kV/m	Расширенная неопределённость измерений, кВ/м Extended measurement uncertainty, kV/m	Коэффициент вариации, % Variation coefficient, %
0	1.10	0.22	56.5
1	1.67	0.35	19.5
2	1.85	0.40	22.3
3	3.12	0.59	13.2
4	4.15	0.90	21.5
5	3.78	0.79	19.1
6	4.95	1.06	20.8
7	5.34	1.06	15.9
8	6.11	1.22	16.4
9	7.19	1.36	12.6
10	7.09	1.32	11.3
11	8.13	1.46	8.0
12	8.70	1.54	6.6

Результаты

Результаты измерений напряжённости электростатического поля при разных способах и длительности воздействия на образец представлены в табл. 1, 2. Критерий Вилкоксона представлен в табл. 3.

Таблица 3 / Table 3

Проверка принадлежности к одному распределению результатов измерений напряжённости электростатического поля после воздействия различными видами ткани (критерий Вилкоксона)

Testing whether electrostatic field strength measurements after exposure to different contact materials belong to the same distribution (Wilcoxon rank-sum test)

Число циклов воздействия Number of exposure cycles	W-критерий W criterion	Z	Уровень значимости, p Significance level, p
1	45	–0.985	0.32
2	70.5	0.624	0.53
3	26	–2.23	0.026
4	75.5	0.952	0.34
5	121	3.94	0.00008
6	139.5	3.39	0.0007
7	109	3.15	0.002
8	107.5	2.52	0.01
9	95	1.33	0.18
10	71	1.55	0.12
11	83.5	1.48	0.14
12	43	–1.12	0.26

Обсуждение

Измерения показали, что после длительной выдержки или нейтрализации заряда на поверхности образца средние измеренные значения уровней напряжённости ЭСП находились в диапазоне $1,04 \pm 0,2 - 1,1 \pm 0,22$ кВ/м и не превышали гигиенического норматива 15 кВ/м. При этом коэффициент вариации полученных значений находился в диапазоне 56,5–59,5%, что свидетельствовало о существенном разбросе результатов измерений и высоком вкладе в неопределённость измерений случайных процессов. Полученные в состоянии покоя результаты не позволили оценить степень накопления электростатического заряда на поверхности изделия при эксплуатации.

Анализ полученных результатов позволил выделить три этапа накопления заряда поверхностью диэлектрика. Первый этап характеризовался малым числом циклов воздействия и практически неизменным уровнем напряжённости ЭСП: $1,48 \pm 0,36 - 2,0 \pm 0,45$ и $1,67 \pm 0,35 - 1,85 \pm 0,40$ кВ/м при воздействии на образец синтетической тканью и тканью из натуральной шерсти соответственно.

На втором этапе происходило накопление заряда на поверхности. Длительность и характер определялись составом применяемой ткани: синтетическая ткань вызывала рост напряжённости ЭСП, близкий к экспоненциальному — от $2,85 \pm 0,77$ до $6,89 \pm 1,33$ кВ/м. При воздействии тканью из натуральной шерсти процесс накопления заряда носил линейный характер и имел большую длительность.

Третий этап характеризовался стабилизацией заряда на поверхности образца, при этом уровень напряжённости стремился к предельному значению в диапазоне от 6 до 10 кВ/м и не зависел от типа используемой ткани. Процесс стабилизации наступал после восьми циклов воздействия синтетической тканью и после девяти циклов воздействия тканью из натуральной шерсти. Начиная с девяти циклов результаты измерений напряжённости ЭСП после воздействия различными материалами сходились к одному множеству.

В ходе эксперимента установлено, что разброс результатов и расширенная неопределённость измерений уменьшались с ростом числа циклов воздействия и достигали минимальных значений после десяти циклов. При воздействии на образец тканью из синтетических материалов полученные результаты характеризовались более стабильными значениями (в сравнении с воздействием тканью из натуральной шерсти), что, по-видимому, обусловлено однородностью состава и структуры полимерных волокон.

Заключение

Результаты эксперимента подтвердили возможность применения трибоэлектрического эффекта при измерении и оценке напряжённости ЭСП от полимерных материалов. Полученные данные позволили определить необходимое и достаточное число циклов воздействия, при котором происходит стабилизация уровней ЭСП, и выбрать материал для наведения электростатических зарядов на поверхность образца.

Литература

1. Гуляева И.С., Бокарева О.Г., Круглова Н.А., Швецов А.А. Промышленное оборудование из полимерных материалов как источник повышенной пожарной опасности. В кн.: *Научно-технический прогресс в черной металлургии: Материалы II Международной научно-технической конференции*. Череповец: 2015: 223–5. <https://elibrary.ru/xsgwkp>
2. Хозин В.Г. Полимеры в строительстве — реальные границы и перспективы эффективного применения. *Полимеры в строительстве: научный интернет-журнал*. 2014; (1): 9–26. <https://elibrary.ru/cmjtvr>
3. Альховик М.В., Касперович О.М., Петрушеня А.Ф. Повышение физико-механических свойств поливинилхлорида путем его модификации. *Конструкции из композиционных материалов*. 2018; (2): 37–40. <https://elibrary.ru/xotbhv>
4. Абдрахманова Л.А., Исламов А.М., Фахрутдинова В.Х. Вспененные композиционные материалы на основе поливинилхлорида. *Строительные материалы*. 2016; (3): 82. <https://elibrary.ru/vuczul>
5. Рыбачук Г.В., Тимин М.К., Смирнов В.С. Мухина Т.П., Сивова О.А., Милов В.И. и др. Поливинилхлоридные пластизолы для гетерогенного напольного покрытия. *Пластические массы*. 2019; (7–8): 42–4. <https://doi.org/10.35164/0554-2901-2019-7-8-42-44> <https://elibrary.ru/egxjxr>
6. Готлиб Е.М., Садыкова Д.Ф., Ямалеева Е.С., Кожевников Р.В. ПВХ-линолеум для медицинских учреждений. *Вестник Технологического университета*. 2016; 19(23): 35–7. <https://elibrary.ru/xdryhp>
7. Антонова М.В. Исследование антистатических свойств материалов, обработанных коллоидными составами на основе металлических наночастиц. *Технологии и качество*. 2023; (2): 10–4. <https://elibrary.ru/lisiquh>
8. Марченко В.Г., Рыклин Д.Б. Оценка влияния стирок на антистатические свойства тканей для спецодежды. *Вестник Витебского государственного технологического университета*. 2023; (2): 17–26. <https://doi.org/10.24412/2079-7958-2023-2-17-26> <https://elibrary.ru/bobpzo>
9. Агеева Е.А. Электризуемость текстильных материалов. В кн.: *Инновационные технологии современной научной деятельности: стратегия, задачи, внедрение: Сборник статей Международной научно-практической конференции*. Уфа: Омега сайнс; 2023: 29–31. <https://elibrary.ru/nqzdoh>
10. Белицкая О.А., Фокина А.А., Рыкова Е.С., Максимова И.А., Конарева Ю.С. Влияние климатических параметров на трибоэлектрические свойства материалов специальной обуви. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2021; (5): 48–53. https://doi.org/10.47367/0021-3497_2021_5_48 <https://elibrary.ru/fwxcda>
11. Белицкая О.А., Игнатова К.Л., Костылева В.В., Фокина А.А., Рыкова Е.С. Оценка трибоэлектрических свойств системы «обувь — опорная поверхность». *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2024; (5): 64–70. <https://elibrary.ru/crbkwg>
12. Жуликов С.С. Эффект замедления процессов накопления и диссипации зарядов статического электричества на поверхности полимерного диэлектрика. *Электричество*. 2016; (10): 35–8. <https://elibrary.ru/wqstln>
13. Рагушина М.Д., Евсеева К.А., Калугина Е.В., Ушакова О.Б. Полимерные композиционные материалы с антистатическими и электропроводящими свойствами. *Пластические массы*. 2021; (3–4): 6–9. <https://doi.org/10.35164/0554-2901-2021-3-4-6-9> <https://elibrary.ru/qfmbbrb>
14. Рыклин Д.Б., Кветковский Д.И. Определение влияния волокон Бекінох на удельное поверхностное электрическое сопротивление тканей. *Вестник Витебского государственного технологического университета*. 2021; (2): 73–80. <https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-73-80> <https://elibrary.ru/eftauu>
15. Османов Т.Р., Самедов Э.А., Мирзоев Г.С. Исследование электризуемости ПВХ линолеумов. *Евразийский союз ученых*. 2016; (5–2): 66–70. <https://elibrary.ru/xcmizj>
16. Белицкая О.А. Исследование электрического сопротивления и постоянной времени релаксации электростатического заряда специальной обуви. *Костомология*. 2024; 9(3): 4. <https://elibrary.ru/sgkouy>
17. Воробей Р.И., Гусев О.К., Жарин А.Л., Микитевич В.А., Пантелеев К.В., Самарина А.В. и др. Измерение электрического потенциала поверхности с использованием статического зонда. *Приборы и методы измерений*. 2023; 14(2): 135–44. <https://doi.org/10.21122/2220-9506-2023-14-2-135-144> <https://elibrary.ru/lilchn>
18. Белицкая О.А. Роль антистатической обуви при контроле статического электричества на производстве электроники. В кн.: *Исследования ВКР — в практику профессиональной жизни: Сборник материалов III Международной научно-практической межвузовской конференции. Часть 1*. М.; 2023: 23–6. <https://elibrary.ru/dzrgvt>
19. Овчаренко А.Г., Раско С.Л., Казанцев В.Г. Устройство для определения электризуемости твердых материалов. *Южно-Сибирский научный вестник*. 2017; (4): 255–8. <https://elibrary.ru/yblhls>
20. Сидоров А.И. О напряжении пробоя кожного покрова. *XXI век. Техносферная безопасность*. 2020; 5(3): 298–304. <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2020-3-298-304> <https://elibrary.ru/jxcyon>

References

1. Gulyaeva I.S., Bokareva O.G., Kruglova N.A., Shvetsov A.A. Industrial equipment made of polymer materials as a source of increased fire hazard. In: *Scientific and Technical Progress in Ferrous Metallurgy: Proceedings of the II International Scientific and Technical Conference [Nauchno-tehnicheskii progress v chernoi metallurgii: Materialy II Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii]*. Cherepovets; 2015: 223–5. <https://elibrary.ru/xsgwkp> (in Russian)
2. Khozin V.G. Polymers in construction — real borders and prospects for effective use. *Polimery v stroitel'stve: nauchnyi internet-zhurnal*. 2014; (1): 9–26. <https://elibrary.ru/cmjtvr> (in Russian)
3. Alkhovik M.V., Kasperovich O.M., Petruhenya A.F. Increase of physical and mechanical properties of polyvinyl chloride by modifying it. *Konstruktsii iz kompozitsionnykh materialov*. 2018; (2): 37–40. <https://elibrary.ru/xotbhv> (in Russian)

Original article

4. Abdrakhmanova L.A., Islamov A.M., Fakhrutdinova V.Kh. Foamed composite materials on the basis of polyvinylchloride. *Stroitel'nye materialy*. 2016; (3): 82. <https://elibrary.ru/vuczul> (in Russian)
5. Rybachuk G.V., Timin M.K., Smirnov V.S., Mukhina T.P., Sivova O.A., Milov V.I., et al. PVC plastisols for heterogeneous flooring. *Plasticheskie massy*. 2019; (7–8): 42–4. <https://doi.org/10.35164/0554-2901-2019-7-8-42-44> <https://elibrary.ru/egxjur> (in Russian)
6. Gotlib E.M., Sadykova D.F., Yamaleeva E.S., Kozhevnikov R.V. PVC linoleum for medical institutions. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta*. 2016; 19(23): 35–7. <https://elibrary.ru/xdryhp> (in Russian)
7. Antonova M.V. Study of the antistatic properties of materials treated with colloidal compositions based on metal nanoparticles. *Tekhnologii i kachestvo*. 2023; (2): 10–4. <https://elibrary.ru/lsiqh> (in Russian)
8. Marchenko V.G., Ryklin D.B. Evaluation of the effect of washings on antistatic properties of fabrics for workwear. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2023; (2): 17–26. <https://doi.org/10.24412/2079-7958-2023-2-17-26> <https://elibrary.ru/bobpzo> (in Russian)
9. Ageeva E.A. Electrification of textile materials. In: *Innovative Technologies of Modern Scientific Activity: Strategy, Tasks, Implementation: Collection of Articles of the International Scientific and Practical Conference [Innovatsionnye tekhnologii sovremennoi nauchnoi deyatel'nosti: strategiya, zadachi, vnedrenie: Sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Ufa: Omega Science; 2023: 29–31. <https://elibrary.ru/nqzdoh> (in Russian)
10. Belitskaya O.A., Fokina A.A., Rykova E.S., Maksimova I.A., Konareva Yu.S. Influence of climate parameters on triboelectric properties of special footwear materials. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti*. 2021; (5): 48–53. https://doi.org/10.47367/0021-3497_2021_5_48 <https://elibrary.ru/fwxcd> (in Russian)
11. Belitskaya O.A., Ignatova K.L., Kostyleva V.V., Fokina A.A., Rykova E.S. Assessment of triboelectrical properties of «footwear – supporting surface» system. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti*. 2024; (5): 64–70. <https://elibrary.ru/crbkwr> (in Russian)
12. Zhulikov S.S. The effect of slowing the processes of accumulation and dissipation the charges of static electricity on the surface of polymer dielectric. *Elektrichestvo*. 2016; (10): 35–8. <https://elibrary.ru/wqstln> (in Russian)
13. Ragushina M.D., Evseeva K.A., Kalugina E.V., Ushakova O.B. Polymer composite materials with electrically conductive and antistatic properties. *Plasticheskie massy*. 2021; (3–4): 6–9. <https://doi.org/10.35164/0554-2901-2021-3-4-6-9> <https://elibrary.ru/qfmbrrb> (in Russian)
14. Ryklin D.B., Kvetkovsky D.I. Determination of the effect of Bekinox fibers on the fabrics specific surface electrical resistance. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2021; (2): 73–80. <https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-2-73-80> <https://elibrary.ru/efaux> (in Russian)
15. Osmanov T.R., Samedov E.A., Mirzoev G.S. Study of electrification of PVC linoleums. *Evrasiiskii soyuz uchenykh*. 2016; (5–2): 66–70. <https://elibrary.ru/xcmizj> (in Russian)
16. Belitskaya O.A. Study of the electrical resistance and relaxation time constant of the electrostatic charge of special shoes. *Kostyumologiya*. 2024; 9(3): 4. <https://elibrary.ru/sgkouy> (in Russian)
17. Vorobey R.I., Gusev O.K., Zharin A.I., Mikitsevich V.A., Pantsialeyeu K.U., Samarina A.V., et al. Surface electric potential measurement with a static probe. *Priory i metody izmerenii*. 2023; 14(2): 135–44. <https://doi.org/10.21122/2220-9506-2023-14-2-135-144> <https://elibrary.ru/lilchn> (in Russian)
18. Belitskaya O.A. The role of anti-static shoes in the control of static electricity in the electronics production. In: *Research of Final Qualifying Works – into the Practice of Professional Life: Collection of Materials of the III International Scientific and Practical Interuniversity Conference. Part 1 [Issledovaniya VKR – v praktiku professional'noi zhizni: Sbornik materialov III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi mezhvuzovskoi konferentsii, Chast' I]*. Moscow; 2023: 23–6. <https://elibrary.ru/dzrrvt> (in Russian)
19. Ovcharenko A.G., Rasko S.L., Kazantsev V.G. A device for determining solid materials electrization. *Yuzhno-Sibirskii nauchnyi vestnik*. 2017; (4): 255–8. <https://elibrary.ru/yblbhs> (in Russian)
20. Sidorov A.I. On skin breakdown voltage. *XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost'*. 2020; 5(3): 298–304. <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2020-3-298-304> <https://elibrary.ru/jxcyon> (in Russian)

Сведения об авторах

Крийт Владимир Евгеньевич, канд. хим. наук, доктор биол. наук, зам. директора по научной работе, руководитель отд. физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: v.kriit@s-znc.ru

Сладкова Юлия Николаевна, ст. науч. сотр. отд. физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: Sladkova.julia@list.ru

Скляр Дмитрий Николаевич, науч. сотр. отд. физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: d.sklyar@s-znc.ru

Волчкова Ольга Валентиновна, науч. сотр. отд. физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: 4291907@gmail.com

Плекханов Владимир Павлович, науч. сотр. отд. физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: wplekhanov@bk.ru

About the authors

Vladimir E. Kriyt, PhD (Chemistry), DSc (Biology), deputy director for research, head of the Department of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1530-4598> E-mail: v.kriit@s-znc.ru

Yulia N. Sladkova, senior researcher, Department of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1745-2663> E-mail: Sladkova.julia@list.ru

Dmitriy N. Sklyar, researcher, Department of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6839-2181> E-mail: d.sklyar@s-znc.ru

Olga V. Volchkova, researcher, Department of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1033-5165> E-mail: 4291907@gmail.com

Vladimir P. Plekhanov, researcher, Department of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8141-7179> E-mail: wplekhanov@bk.ru



Клепиков О.В.^{1,2}, Куролап С.А.¹, Молоканова Л.В.², Кульнев В.В.³, Кизеев А.Н.⁴, Никанов А.Н.⁴

Гигиеническая оценка качества воды в реках Донского бассейна на территории Воронежской области

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» Минобрнауки России, 394018, Воронеж, Россия;

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» Минобрнауки России, 394036, Воронеж, Россия;

³Центрально-Чернозёмное межрегиональное управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, 394087, Воронеж, Россия;

⁴ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Значение рек, одного из основных видов водных ресурсов, заключается в использовании их для водоснабжения, орошения сельскохозяйственных земель, рыболовства, рекреационных целей. Вместе с тем глобальной проблемой является загрязнение рек в результате хозяйственной деятельности.

Цель исследования — гигиеническая оценка качества воды в реках Донского бассейна на территории Воронежской области.

Материалы и методы. Объект исследования — реки Воронежской области. Предмет исследования — санитарно-химические показатели качества воды. В исследовании использованы первичные данные Воронежского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 2023–2025 гг. в 22 мониторинговых точках контроля (7 рек, 4 обобщённых показателя, 10 веществ).

Результаты. К числу приоритетных показателей качества воды в реках по несоответствию гигиеническим нормативам следует отнести растворённый кислород, БПК, ХПК, содержание железа (суммарно), меди (суммарно). Несоответствие показателей качества воды гигиеническим нормативам выявлено в реках Дон, Чёрная Калитва, Тихая Сосна, Битюг, Хопёр. В мониторинговых точках контроля реки Дон имеются достоверные отличия средних значений показателей качества воды вниз по течению от средних значений в точке контроля, расположенной выше. Прослеживается негативное влияние диффузных и техногенных стоков населённых мест, в первую очередь городов Воронежа и Павловска. Относительно благополучны участки реки Дон от г. Нововоронежа до г. Лиски.

Ограничения исследования связаны с дискретным характером мониторинга качества воды в реках (четыре раза в год), ежегодной и сезонной изменчивостью водных режимов рек, обусловленной объёмом атмосферных осадков, другими изменяющимися по уровню воздействия природными и техногенными факторами.

Заключение. По результатам исследования определены приоритетные для региона санитарно-химические показатели качества воды в реках, выявлены наиболее загрязнённые места и реки.

Ключевые слова: реки Донского бассейна; качество воды; санитарно-химические показатели; загрязнение; Воронежская область

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Клепиков О.В., Куролап С.А., Молоканова Л.В., Кульнев В.В., Кизеев А.Н., Никанов А.Н. Гигиеническая оценка качества воды в реках Донского бассейна на территории Воронежской области. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(8): 840–846. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-840-846> <https://elibrary.ru/kujcsya>

Для корреспонденции: Кизеев Алексей Николаевич, e-mail: a.kizeev@s-znc.ru

Вклад авторов: Клепиков О.В. — концепция и дизайн исследования; Куролап С.А. — концепция и дизайн исследования; Молоканова Л.В. — подготовка обзора и раздела «Введение»; Кульнев В.В. — общий анализ материала, подготовка выводов, подготовка и редактирование статьи; Кизеев А.Н. — существенный вклад в концепцию исследования, подготовку выводов; Никанов А.Н. — существенный вклад в концепцию исследования, подготовку выводов. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Благодарности. Авторы выражают благодарность Сушкову Александру Ивановичу — начальнику Воронежского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за предоставленные для выполнения анализа первичные данные, проявленный интерес к сотрудничеству с кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 25-17-00219 «Комплексная гидроэкологическая диагностика и мониторинг экологических рисков питьевого и рекреационного водопользования территории Верхнедонского бассейна», <https://rscf.ru/project/25-17-00219/>

Поступила: 17.04.2026 / Поступила после доработки: 12.05.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Oleg V. Klepikov^{1,2}, Semyon A. Kurolap¹, Larisa V. Molokanova², Vadim V. Kulnev³,
Aleksandr N. Kizeev⁴, Aleksander N. Nikanov⁴

Hygienic assessment of water quality in the rivers of the Don basin in the Voronezh region

¹Voronezh State University, Voronezh, 394018, Russian Federation;

²Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, 394036, Russian Federation;

³Central Chernozem Interregional Department of the Federal Service for Supervision of Natural Resources, Voronezh, 394087, Russian Federation;

⁴North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The importance of rivers as one of the main types of water resources lies in their use for water supply, irrigation of agricultural lands, fishing, and recreational purposes. At the same time, pollution of rivers as a result of economic activity is a global problem.

The purpose of the study was a hygienic assessment of the water quality in the rivers of the Don basin in the Voronezh Region.

Materials and methods. Object of research: rivers of the Voronezh region. Subject of the study: sanitary and chemical indicators of the water quality. The study used primary data from the Voronezh Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring for 2023–2025 at 22 monitoring control points on 7 rivers for 4 generalized indicators and 10 substances.

Results. The priority indicators of water quality in rivers for non-compliance with hygienic standards include dissolved oxygen, BOC, COC, iron content (total), copper (total). Non-compliance of water quality indicators with hygienic standards was revealed in the Don, Chernaya Kalitva, Tikhaya Sosna, Bityug, and Khoper rivers. At the monitoring points of control of the Don River, there are significant differences in the average values of the water quality indicators downstream in relation to the control point located above. The adverse impact of diffuse and man-made runoff from the territories of populated areas, and above all, the cities of Voronezh and Pavlovsk, is traced. The sections of the Don River from Novovoronezh to Liski are relatively safe.

Limitations. The limitations of the study are related to the discrete nature of monitoring the water quality in rivers (4 times a year), the annual and seasonal variability of river water regimes due to the volume of precipitation, and other changing natural and man-made factors.

Conclusion. According to the results of the study, the priority sanitary and chemical indicators of water quality in rivers for the region and the most polluted places and rivers were identified.

Keywords: rivers; water quality; sanitary and chemical indicators; pollution; Voronezh region

Compliance with ethical standards. The study does not require the submission of a conclusion from the biomedical ethics committee or other documents.

For citation: Klepikov O.V., Kurolap S.A., Molokanova L.V., Kulnev V.V., Kizeev A.N., Nikanov A.N. Hygienic assessment of water quality in the rivers of the Don basin in the Voronezh region. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2026; 105(8): 840–846. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-840-846> <https://elibrary.ru/kujcya> (In Russ.)

For correspondence: Alexey N. Kizeev, e-mail: a.kizeev@s-znc.ru

Contributions: Klepikov O.V. — concept and design of the study; Kurolap S.A. — concept and design of the study; Molokanova L.V. — preparation of the review and the introduction section; Kulnev V.V. — general analysis of the material, preparation of conclusions, preparation and editing of the article; Kizeev A.N. — significant contribution to the concept of the study, preparation of conclusions, final approval of the manuscript; Nikanov A.N. — significant contribution to the concept of the study, preparation of conclusions, final approval of the manuscript. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Acknowledgements. The authors would like to thank Alexander I. Sushkov, Head of the Voronezh Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, for the primary data provided for the analysis and for his interest in cooperation with the Department of Geoecology and Environmental Monitoring at the Voronezh State University.

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

Funding. The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 25-17-00219 “Integrated hydroecological diagnostics and monitoring of environmental risks of drinking and recreational water use in the Verkhnedonsky basin”, <https://rscf.ru/project/25-17-00219/>.

Received: April 17, 2026 / Revised: May 12, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

Введение

Качество воды поверхностных водных объектов — один из важнейших факторов санитарно-эпидемиологической безопасности населения и ключевой индикатор экологического благополучия территорий. В условиях нарастающей антропогенной нагрузки на речные экосистемы в связи с интенсификацией сельскохозяйственного комплекса, увеличением площадей урбанизированных территорий, а также развитием промышленного комплекса мониторинг и гигиеническая оценка качества воды приобретают особую значимость [1–7]. В мировой литературе накоплен значительный массив данных, свидетельствующих о деградации качества речных вод под влиянием диффузного и точечного загрязнения. Исследования, выполненные в Южной Африке, демонстрируют высокий микробиологический риск при использовании речной воды населением [1], а также превышение нормативов тяжёлых металлов и биогенных элементов в водотоках, испытывающих горнопромышленное и сельскохозяйственное воздействие [2]. В Германии ухудшение физико-химических показателей воды остаётся основным стрессором

для диатомовых водорослей, макробеспозвоночных организмов и рыбных сообществ [3]. В Китае установлена зависимость химического состава воды от характера землепользования в урбанизированных водосборах бассейна Жемчужной реки [4], а в притоках озера Чаоху выявлено широкое распространение следовых химических элементов, обусловленное деятельностью горнодобывающих предприятий [5]. В Индии установлена деградация качества воды крупных рек под воздействием коммунально-бытовых стоков и агропромышленного производства как по интегральным индексам качества [6], так и по питьевым и ирригационным стандартам [7].

Отечественные исследования рассматривают закономерности формирования качества воды в различных речных бассейнах России [8–10]. Приоритетными загрязнителями выступают нефтепродукты в реках Ямало-Ненецкого автономного округа [11], соединения металлов и биогенные вещества в реках Ульяновска [12], Москвы [13] и Санкт-Петербурга [14], в реках Дон [15], Кубань [16], Амур [17], Лена [18], реках Арктической зоны [19]. Доказана связь между качеством питьевой воды из поверхностных источников и показателями здоровья населения [20, 21].

В Воронежской области реки периодически загрязняются соединениями азота, фосфора и органическими веществами [22–24], неудовлетворительное качество воды встречается и в местах рекреационного водопользования [25]. Вместе с тем в проведённых ранее работах не представлена гигиеническая оценка качества воды рек всего Донского бассейна на территории Воронежской области по широкому спектру санитарно-химических показателей с применением современного статистического анализа.

Актуальность исследования обусловлена тем, что Воронежская область располагается в бассейне р. Дон — одной из крупнейших на европейской части России, имеющей разветвлённую сеть притоков: Битюг, Хопёр, Тихая Сосна, Чёрная Калитва, Ворона и Усмань. Население региона активно использует реки для рекреации, что определяет их санитарно-гигиеническую значимость. При этом на качество воды оказывают влияние как природные факторы (геохимический фон, гидрологический режим), так и техногенные (коммунально-бытовые и промышленные стоки крупных городов — Воронеж, Россоши, Борисоглебск, Павловск). Отсутствие систематизированной оценки загрязнения вод по всему водотоку р. Дон в пределах области обуславливает научную новизну и практическую значимость настоящего исследования. Кроме того, каждый регион имеет особенности формирования показателей качества воды в поверхностных водных объектах, что также определяет актуальность исследований в этой предметной области.

Цель исследования — гигиеническая оценка качества воды в реках Донского бассейна на территории Воронежской области.

Материалы и методы

Объектом исследования были реки Воронежской области, предметом исследования — санитарно-химические показатели качества воды. В исследовании использованы первичные данные, полученные в системе мониторинга поверхностных водных объектов суши Воронежского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Воронежский ЦГМС) за 2023–2025 гг. и переданные для обработки и анализа результатов Воронежскому государственному университету по договору от 24.06.2025 г. «О научном сотрудничестве». Пробы воды в реках на территории Воронежской области систематически отбирают и анализируют в 22 мониторинговых точках контроля (МТК) на реках Дон, Битюг, Хопёр, Тихая Сосна, Чёрная Калитва, Ворона и Усмань. Отбор проб воды проводится не менее четырёх раз в год в каждый из сезонов. Места расположения МТК не меняются десятилетиями и были обоснованы Гидрометом исходя из следующих положений. Дон — самая крупная река на территории области (общая протяжённость на территории региона с севера на юго-восток ≈ 520 км), на ней расположены 9 МТК, в том числе 1 МТК — выше Воронежа и Семилук — первая (фоновая) точка на р. Дон на территории Воронежской области. Далее точки располагаются вниз по течению реки: 2 МТК — с. Малышево ниже Воронежа (для оценки техногенного влияния на качество воды точечных и диффузных стоков с территории областного центра), а также возле городов и районных центров (Нововоронеж, Лиски, Павловск) до и после их географического положения по отношению к р. Дон. Последняя МТК на р. Дон на территории региона находится в с. Новая Калитва. На р. Битюг, левом притоке Дона, находятся 4 МТК: р.п. Анна и г. Бобров — по 2 МТК до и после их географического положения по отношению к направлению течения реки. На р. Хопёр, левом притоке Дона, расположены 3 МТК, две из которых — до и после Борисоглебска, одна — в Новохопёрске. На р. Тихая Сосна, правом притоке Дона, находятся 2 МТК, ситуационно расположенные до и после районного центра Острогожска. На р. Чёрная Калитва, правом притоке Дона, находятся 2 МТК до и после Россоши. На р. Ворона и р. Усмань — по 1 МТК. На р. Ворона МТК расположена в черте Борисоглебска. На р. Усмань (левый приток р. Воронеж, впадающей в Воронежское водохранилище

и далее в р. Дон) МТК располагается в Центральной усадьбе Воронежского государственного природного биосферного заповедника им. В.М. Пескова и является фоновой точкой, удалённой от крупных техногенных источников воздействия.

Все реки население использует в рекреационных целях, особенно в летний период. В системах централизованного водоснабжения населения вода из рек не применяется в отличие от воды подземных источников.

Для реализации цели исследования — гигиенической оценки качества воды в реках — была сформирована авторская база данных показателей из первичных материалов, которые нормируются по СанПиН 1.2.3685–21*, в их числе 4 обобщённых (рН, растворённый кислород, БПК₅ и ХПК) и 10 химических веществ — магний (Mg, суммарно), железо (Fe, суммарно), медь (Cu, суммарно), цинк (Zn, суммарно), аммоний-ион (NH₄⁺), хлориды (Cl⁻), сульфаты (SO₄²⁻), нитриты (NO₂⁻), нитраты (NO₃⁻), полифосфаты (PO₄³⁻). При этом лимитирующий показатель вредности для сульфатов, хлоридов, магния, аммиака/аммоний-иона, полифосфатов и железа — органолептический, для остальных показателей — санитарно-токсикологический.

Исследование включало два этапа: 1 — сравнение показателей качества воды с гигиеническими нормативами и выявление неблагополучных МТК по их превышениям; 2 — статистический анализ данных с оценкой достоверности различий средних показателей качества воды в восьми мониторинговых точках контроля вниз по течению р. Дон по отношению к точке сравнения, расположенной выше г. Воронежа. Достоверность различий средних величин (M) с учётом стандартной ошибки (m) оценивали по критерию Стьюдента ($t_{\text{расч.}}$) при $\alpha = 0,05$ (вероятности статистической ошибки вывода о различиях не более 5%).

Результаты

Сравнение качества воды рек с гигиеническими нормативами показало, что водородный показатель (437 определений) лежит в интервале от 6,86 до 8,32 ед. (среднее по региону $7,82 \pm 0,01$ ед.). Несоответствия фактических значений рН интервалу норматива (6,0–9,0 ед.) не выявлено. Растворённый кислород в воде рек определяется в диапазоне от 3,52 до 10,8 мг/дм³. Среднее значение по региону — $6,56 \pm 0,07$ мг/дм³. Несоответствие нормативу (< 4 мг/дм³) выявлено в 9 из 428 проб по региону в водах р. Чёрная Калитва (1 проба) в МТК ниже Россоши 03.08.2023 г. ($3,76$ мг/дм³), р. Тихая Сосна (6 проб) в 2 МТК выше и ниже Острогожска ($3,54$ – $3,9$ мг/дм³) в летне-осенний период 2023 и 2025 гг., в р. Битюг (2 пробы) в МТК ниже р.п. Анна и г. Бобров (обе пробы получены 11.01.2024 г. во время ледостава).

Показатель БПК₅ в воде рек находится в интервале от 1,1 до 4,24 мг О₂/дм³ при среднем значении $2,42 \pm 0,03$ мг О₂/дм³. Несоответствие нормативу (4 мг О₂/дм³) отмечено в трёх пробах из 428 в р. Дон (2 пробы) в 2024 и 2025 гг. в МТК ниже Воронежа и в р. Хопёр (1 проба) в МТК ниже Борисоглебска в весенний период (апрель — май).

Показатель ХПК в воде рек региона варьируется от 13,6 до 41 мг О₂/дм³ при среднем значении $24,3 \pm 0,28$ мг О₂/дм³. По этому показателю превышения норматива (30 мг О₂/дм³ в воде в местах рекреационного водопользования) отмечены в 65 случаях из 428 (15,2% проб). Превышения норматива отмечены в реках Дон, Битюг, Чёрная Калитва, Хопёр, Тихая Сосна. Максимум (41 мг О₂/дм³, то есть превышение норматива в 1,37 раза) отмечен в МТК р. Хопёр ниже Россоши 02.04.2025 г. В большинстве случаев (63 из 65 проб) превышения норматива ХПК выявлены в МТК, расположенных ниже городов Воронеж, Россошь, Борисоглебск, Бобров, Острогожск, Павловск во все сезоны, что свидетельствует о негативном влиянии на качество воды в реках диффузных и точечных стоков с территорий населённых мест.

* СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (с изменениями на 24 декабря 2025 г.). [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/573500115>

Оценка достоверности различий средних величин санитарно-химических показателей качества воды в р. Дон в мониторинговых точках контроля
Assessment of the reliability of differences means of sanitary and chemical indicators of water quality in the Don River at monitoring control points

Показатель Indicator	Средние значения показателей по мониторинговым точкам контроля реки Дон (от 1 по 9 вниз по течению реки), $M \pm m$ Average values of indicators at monitoring points along the Don River (from 1 to 9 downstream), $M \pm m$									
	(точка сравнения) (comparison point)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Водородный показатель, pH, ед. The hydrogen index, pH, units	7.74 ± 0.05	7.87 ± 0.03*	7.77 ± 0.05	7.89 ± 0.03*	7.83 ± 0.05	7.85 ± 0.05	7.85 ± 0.04	7.88 ± 0.05	7.89 ± 0.04*	
Растворённый кислород, мг/дм³ Dissolved oxygen (mg/dm³)	7.07 ± 0.41	6.72 ± 0.20	6.72 ± 0.33	7.02 ± 0.22	6.93 ± 0.41	7.08 ± 0.34	6.98 ± 0.41	7.02 ± 0.41	7.31 ± 0.39	
БПК ₅ , мг O ₂ /дм³ Biological oxygen consumption (mg O ₂ /dm³)	2.33 ± 0.1	2.68 ± 0.09*	2.68 ± 0.11*	2.58 ± 0.10	2.05 ± 0.14	2.60 ± 0.16	1.98 ± 0.12x	2.47 ± 0.13	2.51 ± 0.11	
ХПК, мг O ₂ /дм³ Chemical Oxygen consumption (mg O ₂ /dm³)	23.1 ± 1.15	26.9 ± 0.78*	26.4 ± 0.94*	25.9 ± 1.02	20.4 ± 1.03	26.3 ± 1.44	19.7 ± 1.03x	25.1 ± 1.2	25.0 ± 1.0	
Магний (Mg, суммарно), мг/дм³ Magnesium (Mg, total), mg/dm³	23.4 ± 1.43	23.0 ± 1.06	23.6 ± 1.27	23.4 ± 0.98	23.1 ± 1.33	24.0 ± 1.28	26.4 ± 1.5	26.3 ± 1.36	25.2 ± 1.24	
Железо (Fe, суммарно), мг/дм³ Iron (Fe, total), mg/dm³	0.08 ± 0.01	0.18 ± 0.08	0.11 ± 0.02	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.12 ± 0.02	
Медь (Cu, суммарно), мг/дм³ Copper (Cu, total), mg/dm³	1.78 ± 0.24	2.81 ± 0.06*	2.13 ± 0.21	3.06 ± 0.14*	1.05 ± 0.27x	2.67 ± 0.08*	1.68 ± 0.26	2.86 ± 0.12*	2.85 ± 0.13*	
Цинк (Zn, суммарно), мг/дм³ Zinc (Zn, total), mg/dm³	0.62 ± 0.21	2.05 ± 0.12*	1.23 ± 0.24	2.16 ± 0.15*	0.63 ± 0.22	1.75 ± 0.25	0.62 ± 0.22	2.25 ± 0.10*	2.23 ± 0.12*	
Аммоний-ион (NH ₄ ⁺), мг/дм³ Ammonium ion (NH ₄ ⁺), mg/dm³	0.143 ± 0.054	0.175 ± 0.048	0.144 ± 0.06	0.111 ± 0.043	0.12 ± 0.051	0.194 ± 0.066	0.13 ± 0.049	0.14 ± 0.043	0.306 ± 0.077	
Хлориды (Cl ⁻), мг/дм³ Chlorides (Cl ⁻), mg/dm³	18.5 ± 0.87	17.4 ± 0.47	19.7 ± 0.96	16.3 ± 0.42x	20.0 ± 0.96	20.7 ± 0.97	27.9 ± 2.1*	27.6 ± 1.62*	29.3 ± 2.11*	
Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/дм³ Sulfates, (SO ₄ ²⁻) mg/dm³	60.5 ± 2.39	62.7 ± 1.96	69.0 ± 3.7	61.4 ± 2.38	63.4 ± 2.34	71.7 ± 2.86*	76.7 ± 4.32*	83.5 ± 3.48*	87.4 ± 2.69*	
Нитриты (NO ₂ ⁻), мг/дм³ Nitrites (NO ₂ ⁻), mg/dm³	0.043 ± 0.004	0.053 ± 0.003*	0.047 ± 0.004	0.032 ± 0.002x	0.035 ± 0.003	0.037 ± 0.003	0.039 ± 0.003	0.036 ± 0.003	0.035 ± 0.004	
Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/дм³ Nitrates (NO ₃ ⁻), mg/dm³	1.34 ± 0.15	1.60 ± 0.15	1.64 ± 0.19	1.37 ± 0.14	1.46 ± 0.14	1.77 ± 0.18	1.60 ± 0.14	1.84 ± 0.14*	1.82 ± 0.16*	
Полифосфаты (PO ₄ ³⁻), мг/дм³ Polyphosphates (PO ₄ ³⁻), mg/dm³	0.11 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.06 ± 0.01x	0.11 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.16 ± 0.01*	0.15 ± 0.02	
Число статистически значимых различий в большую сторону (из 14 показателей) The number of statistically significant upward differences (out of 14 indicators)	–	6	2	3	0	2	2	6	6	
Число статистически значимых различий в меньшую сторону (из 14 показателей) The number of statistically significant differences downwards (out of 14 indicators)	–	0	0	3	1	0	2	0	0	

Примечание. Мониторинговые точки контроля на р. Дон (вниз по течению): 1 – выше (по течению реки) г. Воронеж; 2 – ниже г. Воронеж; 3 – выше г. Нововоронежа; 4 – ниже г. Нововоронежа; 5 – выше г. Лиски; 6 – ниже г. Лиски; 7 – выше г. Павловска; 8 – ниже г. Павловска; 9 – с. Новая Калитва (последняя мониторинговая точка контроля в Воронежской области). * – статистически значимые различия средних величин показателей в большую сторону ($t_{\text{расч.}} > t_{\text{табл.}}$ при $\alpha = 0,05$); x – статистически значимые различия средних величин показателей в меньшую сторону ($t_{\text{расч.}} > t_{\text{табл.}}$ при $\alpha = 0,05$).

Note: Monitoring control points on the Don River (downstream): 1 – above (downstream) the city of Voronezh; 2 – below the city of Voronezh; 3 – above the city of Novovoronezh; 4 – below the city of Novovoronezh; 5 – above the city of Liski; 6 – below the city of Liski; 7 – above the city of Pavlovsk; 8 – below the city of Pavlovsk; 9 – s. Novaya Kalitva (the last monitoring point of control in the Voronezh region); * – Statistically significant upward differences in the average values of indicators ($t_{\text{calculated}} > t_{\text{table}}$ at $\alpha = 0.05$); x – statistically significant differences in the average values of the indicators downwards ($t_{\text{calculated}} > t_{\text{table}}$ at $\alpha = 0.05$).

Содержание магния (Mg, суммарно) в водах рек варьируется от 10,2 до 45,7 мг/дм³ (среднее – 27,6 ± 0,37 мг/дм³) и не превышает гигиенического норматива (50 мг/дм³). Максимальное содержание магния отмечено в воде р. Битюг (45,7 мг/дм³), минимумы – в реках Дон и Ворона (10,2 мг/дм³).

Содержание железа (Fe, суммарно) в водах рек составляет от 0,01 до 0,69 мг/дм³. Среднее значение по региону – 0,09 ± 0,003 мг/дм³. Превышения норматива (0,3 мг/дм³) встречаются в реках Дон и Битюг (в 6 пробах из 428 по региону, что составляет 1,4%). Максимальное превышение норматива (в 2,3 раза) отмечено в МТК р. Дон ниже Воронежа 22.03.2023 г.

Концентрация меди (Cu, суммарно) в воде рек варьировалась от «ниже предела количественного определения» до 4,9 мг/дм³. Превышения норматива (1 мг/дм³) от 1,1 до 4,9 раза отмечены в реках Дон, Битюг, Чёрная Калитва. Наиболее часто (в 170 анализах из 428, или 39,7%) превышения норматива содержания меди выявлены в воде р. Дон.

Содержание цинка (Zn, суммарно) в воде рек варьировалось от «ниже предела количественного определения» до 3,6 мг/дм³ при среднем значении по региону 1,14 ± 0,05 мг/дм³. Превышений норматива (5 мг/дм³) не выявлено. Максимум содержания Zn отмечен 01.08.2023 г. в МТК р. Дон в черте Воронежа.

Концентрация аммоний-иона (NH₄⁺) в воде рек лежит в интервале от «ниже предела количественного определения» до 1,85 мг/дм³ при среднем значении по региону 0,17 ± 0,012 мг/дм³. Превышений норматива (2 мг/дм³) не выявлено. Максимум отмечен в р. Тихая Сосна в МТК, ситуационно расположенной ниже Острогожска.

Нитраты и нитриты в воде являются веществами двойного генезиса – природного и техногенного. Содержание нитритов (NO₂⁻) в воде рек определялось в интервале от «ниже предела количественного определения» до 0,191 мг/дм³. Средняя концентрация – 0,03 ± 0,001 мг/дм³. Превышений гигиенического норматива (3 мг/дм³) не выявлено. Содержание нитратов в воде рек лежит в интервале от 1,19 до 3,48 мг/дм³. Среднее значение по региону – 1,34 ± 0,04 мг/дм³. Превышений гигиенического норматива (45 мг/дм³) в воде рек не выявлено.

Концентрации хлоридов (Cl⁻) не превышают ПДК (350 мг/дм³) – от 10,6 до 125 мг/дм³ при среднем значении 35 ± 1,2 мг/дм³. Содержание сульфатов (SO₄²⁻) также не превышает ПДК (500 мг/дм³). Диапазон их концентраций составляет от 32,2 до 184 мг/дм³ при среднем значении в реках региона 89,8 ± 1,6 мг/дм³.

Содержание в воде рек региона полифосфатов (PO₄³⁻) варьируется от 0,01 до 0,72 мг/дм³. Среднее значение – 0,14 ± 0,004 мг/дм³. Превышения гигиенического норматива (3,5 мг/дм³) не установлены.

Оценка достоверности различий величин показателей качества воды проведена с учётом расположения МТК р. Дон вниз по течению по отношению к первой МТК на территории Воронежской области (см. таблицу).

Анализ данных показывает, что в МТК 2 р. Дон, расположенной ниже по течению по отношению к территории Воронежа, выявлены статистически значимые различия средних значений в сторону увеличения по 6 показателям из 14 оцениваемых (водородному показателю, БПК₅, ХПК, меди, цинку, нитратам), $t_{расч.}$ от 2,23 до 5,91 > $t_{табл.} = 2$ при $\alpha = 0,05$. Это достоверно свидетельствует о негативном влиянии на показатели качества воды диффузных и точечных стоков с территории Воронежа. Далее в МТК 3 (выше Нововоронежа) прослеживается стабилизация показателей. Достоверные различия средних значений показателей по отношению к точке сравнения выявлены по 2 из 14 характеристик (БПК₅ и ХПК), $t_{расч.}$ от 2,22 до 2,35 > $t_{табл.} = 2$ при $\alpha = 0,05$. В МТК 3, расположенной ниже Нововоронежа, прослеживаются 3 достоверных различия в сторону увеличения (водородный показатель, медь, цинк) и 3 – в сторону снижения (хлориды, нитриты, полифосфаты). В ИТК 5 перед г. Лиски показатели качества воды практически не от-

личаются от точки сравнения 1. Имеется одно достоверное различие по содержанию меди в воде в сторону снижения. Однако в точке 6, расположенной ниже г. Лиски, концентрации меди и сульфатов возрастают и достигают достоверных различий по отношению к точке сравнения 1. В МТК 7, выше г. Павловска, выявлены достоверные различия в сторону увеличения средних значений содержания сульфатов и нитритов ($t_{расч.}$ от 3,28 до 4,14 > $t_{табл.} = 2$ при $\alpha = 0,05$) и в сторону снижения БПК₅ и ХПК ($t_{расч.}$ от 2,2 до 2,24 > $t_{табл.} = 2$ при $\alpha = 0,05$). В МТК 8, расположенной ниже г. Павловска, снова отмечаются достоверные различия средних значений 6 показателей из 14 оцениваемых (медь, цинк, хлориды, сульфаты, нитраты, полифосфаты), $t_{расч.}$ от 2,44 до 7,01 > $t_{табл.} = 2$ при $\alpha = 0,05$. В МТК 9 (с. Новая Калитва) по отношению к точке сравнения 1 имеются достоверные различия средних величин в сторону их увеличения по 6 из 14 оцениваемых характеристик (водородному показателю, содержанию меди, цинка, хлоридов, сульфатов, нитратов), $t_{расч.}$ от 2,19 до 7,48 > $t_{табл.} = 2$ при $\alpha = 0,05$.

По другим рекам, имеющим несколько МТК (Битюг, Хопёр, Тихая Сосна, Чёрная Калитва), также имеются различия в показателях до населённого пункта и после, хотя они менее выражены. Так, в МТК р. Битюг выявлены статистически значимые различия показателей растворённого кислорода, БПК₅ и ХПК (до и после р.п. Анна), в МТК р. Хопёр – БПК₅ до и после г. Борисоглебска, в р. Тихая Сосна в МТК до и после г. Острогожска по содержанию сульфатов, нитратов и полифосфатов ($t_{расч.}$ от 2,14 до 4,57 > $t_{табл.} = 2$ при $\alpha = 0,05$).

Обсуждение

Все реки на территории Воронежской области – притоки Дона, влияющие на качество воды в нём наряду с техногенными факторами, главными из которых являются сточные воды с территорий населённых мест и диффузные стоки с сельскохозяйственных угодий региона. Установлено, что вниз по течению р. Дон большинство показателей качества воды имеет достоверные различия ($\alpha = 0,05$) по отношению к точке сравнения, расположенной выше по течению реки, а именно водородного показателя (в 3 МТК), БПК₅ (в 3 МТК), ХПК (3 МТК), содержанию меди, цинка, хлоридов, сульфатов, нитратов, нитритов, полифосфатов (от 2 до 6 МТК), что говорит о воздействии природных и техногенных факторов на качество воды.

В то же время отсутствие достоверных различий в показателях содержания магния, железа, аммоний-иона свидетельствует о стабильном природном присутствии данных компонентов и отсутствии значимого техногенного влияния этих веществ. Важно, что показатель растворённого кислорода не имеет статистически значимых различий во всех МТК оцениваемого участка р. Дон на территории Воронежской области. Средние значения в МТК варьируются от 6,72 ± 0,2 мг/дм³ (МТК 1) до 7,31 ± 0,39 мг/дм³ (МТК 8), что объясняется достаточно хорошей аэрацией, обусловленной скоростью течения реки (от 0,6 до 1,2 м/с в межень и от 2 до 3 м/с в половодье), турбулентностью потока воды, отсутствием эвтрофикации. Таким образом, гипотеза об ухудшении качества воды вниз по течению р. Дон подтвердилась частично – по отдельным показателям и в отдельных мониторинговых точках.

Значимость полученных нами результатов важна для совершенствования мониторинга. Результаты исследования на данном этапе мониторинга не следует относить к числу приоритетных региональных показателей; целесообразно перераспределить затраты на средства контроля с этих показателей на более значимые региональные характеристики качества воды.

Полученные результаты в целом согласуются с данными проведённых ранее исследований по оценке качества воды в реках Донского бассейна, испытывающих значительную рекреационную нагрузку, особенно вблизи населённых пун-

ктов городского типа [22–24]. В частности, исследованиями В.А. Курепина с соавт. (2022), в которых также использованы более ранние данные Воронежского ЦГМС, показано, что в р. Тихая Сосна периодически наблюдается сверхнормативное загрязнение водной среды такими биогенными компонентами, как соединения азота, фосфора, БПК₅ [24]. В предыдущих наших исследованиях, проведенных на территории Воронежской области, показано, что в 2025 г. регистрировались превышения норматива по показателю ХПК в восьми местах массового отдыха населения у воды в летний период [25]. Других региональных работ, опубликованных в высокорейтинговых журналах за период 2021–2025 гг. и посвященных качеству воды в реках бассейна Дона на территории Воронежской области, не найдено.

Неопределённости и ограничения нашего исследования связаны с дискретным характером мониторинга качества воды в реках (4 раза в год), ежегодной и сезонной изменчивостью водных режимов рек, обусловленных объёмом атмосферных осадков, другими изменяющимися по уровню воздействия природными и техногенными факторами.

Организация систем мониторинга качества воды в водных объектах Росгидромета и Роспотребнадзора всегда вызывает дискуссионные вопросы в части оценки репрезентативности данных контроля, а именно: «Что контролировать?» (определение перечня показателей), «Где контролировать?» (обоснование мониторинговых точек контроля), «Как часто контролировать?» (определение минимальной периодичности отбора проб), «Как долго контролировать и как часто пересматривать организацию мониторинга?» (продолжительность мониторинга). Все эти вопросы являются значимыми для достижения поставленной цели исследования — гигиенической оценки качества воды в реках Донского бассейна на территории Воронежской области. Анализ данных проведён авторами по уже обоснованным мониторинговым точкам контроля, при этом периодичность отбора проб регламентирует-

ся руководящими документами, что также накладывает определённые ограничения на результаты исследования пространственной ситуации, особенно на возможность адекватной оценки временной динамики показателей состояния воды в реках изученного региона. Решение данных задач возможно в перспективе при совершенствовании санитарного и природоохранного нормативно-правового регулирования мониторинга.

Заключение

По результатам проведённого исследования показателей качества воды в реках на территории Воронежской области установлено, что к числу приоритетных из них по несоответствию гигиеническим нормативам следует отнести растворённый кислород, БПК₅, ХПК, содержание железа (суммарно), меди (суммарно). Несоответствие показателей качества воды гигиеническим нормативам выявлено в реках Дон, Чёрная Калитва, Тихая Сосна, Битюг, Хопёр. В м.т.к. на р. Усмань, которая располагается в Центральной усадьбе Воронежского государственного природного биосферного заповедника им. В.М. Пескова, превышений гигиенических нормативов качества воды не выявлено. Выбранный нами показатель превышения гигиенических нормативов для определения приоритетных региональных показателей в связи с дискретностью данных мониторинга является одним из ключевых универсальных научно обоснованных показателей наряду с другими, которые остались за рамками выполненного анализа.

В м.т.к. р. Дон имеются достоверные различия средних значений показателей качества воды вниз по течению по отношению к точке контроля, расположенной выше. Прослеживается негативное влияние диффузных и техногенных стоков с территорий населённых мест и прежде всего городов Воронеж и Павловск. Относительно благополучными являются участки реки от г. Нововоронежа до г. Лиски.

Литература

(п.п. 1–7 см. References)

- Жогло В.Г. Прогноз изменения качества подземных вод на территории водосборов рек Лесная и Мухавец. *Природопользование*. 2025; (1): 110–30. <https://elibrary.ru/upnpxv1>
- Мустафаев Ж.С., Рыскулбекова Л.М. Геоэкологическая оценка качества поверхностных вод речного бассейна с математическим анализом (на примере реки Иле). *Гидрометеорология и экология*. 2021; (4): 6–19. <https://elibrary.ru/kjhpqv>
- Обухова М.В., Иванюшин Ю.А. Многолетняя динамика качества вод реки Тура. *Вестник гражданских инженеров*. 2024; (5): 76–85. <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2024-21-5-76-85> <https://elibrary.ru/jwyedq>
- Лавренко Н.Ю., Романюк О.Л., Рогозина Т.В. Динамика качества и результаты мониторинга содержания нефтепродуктов в воде бассейнов рек Ямало-Ненецкого автономного округа. *Арктика и Антарктика*. 2025; (1): 92–107. <https://doi.org/10.7256/2453-8922.2025.1.73034> <https://elibrary.ru/rblxru>
- Свешникова Е.В., Романова Е.М., Любомирова В.Н., Шленкина Т.М. Гидрохимическая оценка качества воды залива реки Свияга в городе Ульяновске. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2023; 254(2): 236–41. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_254_236 <https://elibrary.ru/jplgfw>
- Дубов Н.Д., Крохин Г.Б., Розенталь О.М. Влияние характеристик стока подземного сброса на качество воды Москвы-реки. *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2025; (5): 23–38. <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2025-5-23-38> <https://elibrary.ru/xpiigm>
- Белякова А.М., Зуева Н.В. Оценка качества воды городской реки по гидрохимическим индексам (река Охта, Санкт-Петербург). *Труды Карельского научного центра Российской академии наук*. 2021; (9): 72–84. <https://doi.org/10.17076/lim1458> <https://elibrary.ru/xgrqje>
- Князева Т.В., Тамбиева Н.С. Изучение влияния реки Темерник на качество вод нижнего течения реки Дон. *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2025; 8(3): 7–17. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2025_8_3_7 <https://elibrary.ru/hltiin>
- Дега Н.С., Онищенко В.В., Теунаев О.Х. Динамика изменения качества воды в верховьях реки Кубани. *Проблемы региональной экологии*. 2025; (1): 49–56. <https://doi.org/10.24412/1728-323X-2025-1-49-56> <https://elibrary.ru/schklk>
- Мищенко О.А., Гладун И.В., Ананьев Н.А. Мониторинговый анализ качества воды в реке Амур. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. 2022; (4–2): 28–34. <https://elibrary.ru/wiamgd>
- Джамалов Р.Г., Решетняк О.С., Власов К.Г., Галагур К.Г., Оботуров А.С., Сафронова Т.И. Особенности химического состава и качества воды в бассейне реки Лены. *Вода и экология: проблемы и решения*. 2021; (3): 33–43. <https://doi.org/10.23968/2305-3488.2021.26.3.33-43> <https://elibrary.ru/kwrakq>
- Решетняк О.С., Косменко Л.С., Коваленко А.А. Антропогенная нагрузка и качество воды на замыкающих створах рек Арктической зоны России. *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2022; (3): 3–17. <https://elibrary.ru/jhdxsu>
- Ковшов А.А., Новикова Ю.А., Мясников И.О., Тихонова Н.А., Федоров В.Н., Исаев Д.С. Анализ состояния здоровья населения во взаимосвязи с качеством питьевой воды в Мурманской области. *Российская Арктика*. 2022; (4): 5–16. <https://elibrary.ru/qgytcj>
- Степанян А.А., Исаев Д.С., Ковшов А.А., Сергеев А.А. Гигиеническая оценка качества питьевой воды из поверхностных источников Мурманской области. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(8): 1056–64. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-8-1056-1064> <https://elibrary.ru/ieaqhw>
- Жигулина Е.В. Ландшафтно-рекреационная нагрузка левобережья долины реки Тихой Сосны в городе Острогожске Воронежской области. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. 2023; (3): 4–12. <https://elibrary.ru/kuqdv1>
- Жигулина Е.В., Межова Л.А. Ландшафтно-экологический подход к изучению устойчивости бассейнов малых рек Воронежской области. *Естественные и технические науки*. 2023; (2): 100–3. <https://doi.org/10.25633/ETN.2023.02.08> <https://elibrary.ru/huczpo>
- Курепина В.А., Киселев В.В., Корнилов А.Г. Динамика гидроэкологической ситуации р. Тихая Сосна на территории Белгородской и Воронежской областей. *Региональные геосистемы*. 2022; 46(1): 108–18. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-1-108-118> <https://elibrary.ru/rufiduz>
- Клепиков О.В., Механтьев И.И., Шукелайт А.Б., Виноградов П.М., Ларионов А.Н., Гоцев Д.В. Геоэкологическая оценка качества воды в местах рекреационного водопользования населения на территории Воронежской области. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. 2025; (4): 132–8. <https://elibrary.ru/suksvu>

References

- Ngubane Z., Dzwauro B., Bergion V., Sokolova E., Troell K., Amoah I.D., et al. Water quality modelling and quantitative microbial risk assessment for uMsunduzi River in South Africa. *J. Water Health*. 2022; 20(4): 641–56. <https://doi.org/10.2166/wh.2022.266> <https://elibrary.ru/ttdrsc>
- Madilonga R.T., Edokpayi J.N., Volenzo E.T., Durowoju O.S., Odiyo J.O. Water quality assessment and evaluation of human health risk in Mutangwi River, Limpopo Province, South Africa. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021; 18(13): 6765 <https://doi.org/10.3390/ijerph18136765>
- Markert N., Guhl B., Feld C.K. Water quality deterioration remains a major stressor for macroinvertebrate, diatom and fish communities in German rivers. *Sci. Total Environ*. 2024; 907: 167994. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167994> <https://elibrary.ru/czwrkh>
- Huang L., Chen X., Yuan Z., Ye C., Liang Y. Impact of landscape patterns on water quality in urbanized rivers at characteristic scale: a case of Pearl River delta, China. *Environ. Manage.* 2024; 74(4): 715–28. <https://doi.org/10.1007/s00267-024-02017-w> <https://elibrary.ru/aetlrmf>
- He M., Liu G., Wu L., Zhou L., Liu Y. Spatial-temporal distribution, occurrence, water quality, and risk assessment of trace elements in ten rivers surrounding Chaohu Lake in China. *Environ. Geochem. Health*. 2023; 45(5): 2167–82. <https://doi.org/10.1007/s10653-022-01329-2> <https://elibrary.ru/kqakes>
- Nihalani S., Meeruty A. Water quality index evaluation for major rivers in Gujarat. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2021; 28(45): 63523–31. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10509-5> <https://elibrary.ru/wdhtgb>
- Chandel S., Kaur H., Benbi D.K., Singh D., Kaur M., Singh K. Reflecting on changes in the drinking and irrigation water quality of rivers Beas, Satluj and confluence waters. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2023; 30(60): 126132–47. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30849-2> <https://elibrary.ru/vcnsnm>
- Zhoglo V.G. Forecast of changes in underground waters quality on the territory of the water catchment area of the Lesnaya and the Muhovets rivers. *Prirodopol'zovanie*. 2025; (1): 110–30. <https://elibrary.ru/upnxvl> (in Russian)
- Mustafayev Zh.S., Ryskulbekova L.M. Geoecological assessment of surface water of a river basin with mathematical analysis (on the example of the Ile river). *Gidrometeorologiya i ekologiya*. 2021; (4): 6–19. <https://elibrary.ru/kjhpvx> (in Russian)
- Obuhova M.V., Ivanyushin Yu.A. Long-term dynamics of the water quality of the Tura river. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2024; (5): 76–85. <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2024-21-5-76-85> <https://elibrary.ru/jwyedq> (in Russian)
- Lavrenko N.Yu., Romanyuk O.L., Rogozina T.V. Dynamics of quality and results of monitoring the content of petroleum products in the rivers of the Yamalo-Nenets autonomous okrug (Russia). *Arktika i Antarktika*. 2025; (1): 92–107. <https://doi.org/10.7256/2453-8922.2025.1.73034> <https://elibrary.ru/rblxru> (in Russian)
- Sveshnikova E.V., Romanova E.M., Lyubomirova V.N., Shlenkina T.M. Hydrochemical assessment of the water quality of the Sviyaga river bay in the city of Ulyanovsk. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Bauman*. 2023; 254(2): 236–41. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_254_236 <https://elibrary.ru/jplgfw> (in Russian)
- Dubov N.D., Krokhin G.B., Rozental O.M. Influence of the groundwater runoff composition characteristics on the Moskva river water. *Vodnoe khozaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*. 2025; (5): 23–38. <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2025-5-23-38> <https://elibrary.ru/xpiigm> (in Russian)
- Belyakova A.M., Zueva N.V. Assessment of river water quality in the city by hydrochemical indices (the Okhta river, St. Petersburg). *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*. 2021; (9): 72–84. <https://doi.org/10.17076/lim1458> <https://elibrary.ru/xgrqje> (in Russian)
- Knyazeva T.V., Tambieva N.S. Studying the impact of the Temernik river on the water quality in the lower reaches of the Don River. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya*. 2025; 8(3): 7–17. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2025_8_3_7 <https://elibrary.ru/hltiin> (in Russian)
- Dega N.S., Onishchenko V.V., Teunaev O.Kh. Dynamics of changes in water quality in the upper reaches of the Kuban river. *Problemy regional'noi ekologii*. 2025; (1): 49–56. <https://doi.org/10.24412/1728-323X-2025-1-49-56> <https://elibrary.ru/schklk> (in Russian)
- Mishchenko O.A., Gladun I.V., Ananyev N.A. Monitoring analysis of water quality in the amur river. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2022; (4–2): 28–34. <https://elibrary.ru/wiamgd> (in Russian)
- Dzhamalov R.G., Reshetnyak O.S., Vlasov K.G., Galagur K.G., Oboturov A.S., Safronova T.I. Specific features of water chemistry and quality in the Lena river basin. *Voda i ekologiya: problemy i resheniya*. 2021; (3): 33–43. <https://doi.org/10.23968/2305-3488.2021.26.3.33-43> <https://elibrary.ru/kwrakq> (in Russian)
- Reshetnyak O.S., Kosmenko L.S., Kovalenko A.A. Anthropogenic load and water quality at the main-stream sections of rivers in the Arctic zone of Russia. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya*. 2022; (3): 3–17. <https://elibrary.ru/jhdxsu> (in Russian)
- Kovshov A.A., Novikova Yu.A., Myasnikov I.O., Tikhonova N.A., Fedorov V.N., Isaev D.S. Analysis of population health in relation to drinking water quality in Murmansk oblast. *Rossiiskaya Arktika*. 2022; (4): 5–16. <https://elibrary.ru/qgytcj> (in Russian)
- Stepanyan A.A., Isaev D.S., Kovshov A.A., Sergeev A.A. Hygienic assessment of the quality of the drinking water from surface water sources in the Murmansk Region. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2025; 104(8): 1056–64. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-8-1056-1064> <https://elibrary.ru/ieaqhw> (in Russian)
- Zhigulina E.V. Landscape and recreational load of the left bank of the Tikhaya Sosna river valley in the town of Ostrogzhsk, Voronezh region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. 2023; (3): 4–12. <https://elibrary.ru/kuqdv1> (in Russian)
- Zhigulina E.V., Mezheva L.A. Landscape-ecological approach to study the stability of the basins of small rivers of the Voronezh region. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2023; (2): 100–3. <https://doi.org/10.25633/ETN.2023.02.08> <https://elibrary.ru/huczpo> (in Russian)
- Kurepina V.A., Kiselev V.V., Kornilov A.G. Dynamics of the hydroecological situation in the Tikhaya Sosna river on the territory of the Belgorod and Voronezh regions. *Regional'nye geosistemy*. 2022; 46(1): 108–18. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-1-108-118> <https://elibrary.ru/rufdaz> (in Russian)
- Klepikov O.V., Mekhantsev I.I., Shukelayt A.B., Vinogradov P.M., Larionov A.N., Gotsev D.V. Geoecological assessment of water quality in recreational water use sites of the population in the Voronezh region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. 2025; (4): 132–8. <https://elibrary.ru/suksvu> (in Russian)

Сведения об авторах

Клепиков Олег Владимирович, доктор биол. наук, профессор каф. геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «ВГУ», 390184, Воронеж, Россия. E-mail: klepa1967@rambler.ru

Куrolap Семен Александрович, доктор географ. наук, профессор, зав. каф. геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «ВГУ», 390184, Воронеж, Россия. E-mail: skurolap@mail.ru

Молоканова Лариса Витальевна, канд. биол. наук, доцент каф. промышленной экологии и техноосферной безопасности ФГБОУ ВО «ВГУИТ», 394036, Воронеж, Россия. E-mail: larisa280272@yandex.ru

Кульнев Вадим Вячеславович, канд. геол. наук, вед. специалист-эксперт отд. государственного экологического надзора по Воронежской области, Центрально-Чернозёмное межрегиональное управление Росприроднадзора, 394038, Воронеж, Россия. E-mail: kulneff.vadim@yandex.ru

Кизеев Алексей Николаевич, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.kizeev@s-znc.ru

Никанов Александр Николаевич, канд. мед. наук, вед. науч. сотр., зав. научным отделением профпатологии ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.nikanov@s-znc.ru

About the authors

Oleg V. Klepikov, DSc (Biology), professor, Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, 390184, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9228-620X> E-mail: klepa1967@rambler.ru

Semen A. Kurolap, DSc (Geography), professor, head, Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, 390184, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6169-8014> E-mail: skurolap@mail.ru

Larisa V. Molokanova, PhD (Biology), associate professor, Department of Industrial Ecology and Technosphere Safety, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, 394036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6267-6028> E-mail: larisa280272@yandex.ru

Vadim V. Kulnev, PhD (Geography), leading specialist-expert, Department of the State Environmental Supervision in the Voronezh region, Central Chernozem Interregional Department of the Federal Service for Supervision of Natural Resources, Voronezh, 394038, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1646-9183> E-mail: kulneff.vadim@yandex.ru

Alexey N. Kizeev, PhD (Biology), senior researcher, Department of Social and Hygienic Analysis and Monitoring, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8689-7327> E-mail: a.kizeev@s-znc.ru

Aleksandr N. Nikanov, PhD (Medicine), leading researcher, head, Scientific Department of Occupational Pathology, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721> E-mail: a.nikanov@s-znc.ru



Федоров В.Н.¹, Новикова Ю.А.¹, Мясников И.О.¹, Склизкова Н.А.¹, Леванчук Л.А.²

Применение инструментов пространственного анализа при оценке вариабельности показателей качества питьевой воды в разрезе населённых пунктов субъекта Российской Федерации

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия;

²ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», 190031, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. В гигиенических и эпидемиологических исследованиях востребованы инструменты пространственного анализа геоинформационных систем, к числу которых относятся геостатистический анализ и различные способы группировки или классификации данных на карте. Современные ГИС располагают различными инструментами автоматической группировки данных, и результаты могут существенно различаться в зависимости от выбранного метода и характеристик выборки данных, однако критериев выбора соответствующих инструментов не разработано.

Цель исследования — на основе оценки вариабельности показателей качества воды централизованных систем питьевого водоснабжения обосновать выбор инструментов автоматической группировки данных в современных геоинформационных системах.

Материалы и методы. Методы контент-анализа, статистические методы обработки собранной информации, методы построения и анализа баз данных, методы визуализации пространственных данных и способы их группировки с применением ГИС.

Результаты. Выявлено сходство результатов группировок данных методами геометрического интервала, естественных границ и квантилей (квартилей) для выборок с распределением, близким к нормальному, а также между методом стандартного отклонения и равных интервалов. Сходимость результатов разных группировок для выборок с отсутствием нормального распределения менее характерна.

Ограничение исследования. Выводы, полученные в исследовании, применимы к точечным объектам и не могут быть экстраполированы на геостатистический анализ.

Заключение. Проведённое исследование позволило выявить влияние основных статистических характеристик выборки на результат автоматической группировки данных инструментами в геоинформационных системах на примере ArcMap. При выборе инструмента группировки данных целесообразно в первую очередь учитывать нормальность распределения.

Ключевые слова: цифровизация; большие данные; геоинформационные системы; пространственный анализ; группировка данных; качество питьевой воды; вариабельность показателей

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Федоров В.Н., Новикова Ю.А., Мясников И.О., Склизкова Н.А., Леванчук Л.А. Применение инструментов пространственного анализа при оценке вариабельности показателей качества питьевой воды в разрезе населённых пунктов субъекта Российской Федерации. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(8): 847–854. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-847-854> <https://elibrary.ru/daoxxl>

Для корреспонденции: Федоров Владимир Николаевич, e-mail: v.fedorov@s-znc.ru

Вклад авторов: Федоров В.Н. — концепция и дизайн исследования; Новикова Ю.А. — сбор и обработка материала, ответственность за целостность и пропорциональность всех частей статьи; Мясников И.О. — анализ данных, корректировка дизайна исследования, редактирование текста статьи; Склизкова Н.А. — анализ данных, редактирование текста статьи; Леванчук Л.А. — анализ данных, интерпретация результатов, редактирование текста статьи. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 17.04.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Vladimir N. Fedorov¹, Yuliya A. Novikova¹, Igor O. Myasnikov¹, Nadezhda A. Sklizkova¹, Leonid A. Levanchuk²

Application of spatial analysis tools in assessing the variability of drinking water quality indicators across populated areas of a constituent entity of the Russian Federation

¹North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation;

²Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. In hygiene and epidemiological research, there are in demand spatial analysis tools from geographic information systems, including geostatistical analysis and various methods for grouping or classifying data on a map. Modern GIS functionality includes various tools for automatic data grouping, the results of which can vary significantly depending on the chosen method and the characteristics of the data sample. However, criteria for selecting appropriate tools have not been developed.

The purpose of the study. Based on the assessment of the variability of water quality indicators in centralized drinking water supply systems, to justify the choice of tools for automatic data grouping in modern geographic information systems.

Materials and methods. The methods used were content analysis, statistical methods for processing the collected information, methods for constructing and analyzing databases, methods for visualizing spatial data, and methods for grouping them using GIS.

Results. The similarity of the results of data groupings using the geometric interval, natural boundaries, and quantiles (quartiles) methods for samples with a distribution close to normal, as well as between the standard deviation and equal intervals methods, was revealed. The convergence of the results of different groupings for samples with no normal distribution is less typical.

Limitations. The findings and conclusions obtained in the study are applicable to methods of grouping and analyzing indicators associated with point objects and cannot be extrapolated to geostatistical analysis.

Conclusion. The study revealed the influence of key statistical characteristics of a sample on the results of automatic data grouping using tools in geographic information systems, using ArcMap as an example. When choosing a data grouping tool, it is advisable to primarily consider the normality of the distribution.

Keywords: digitalization; big data; geographic information systems; spatial analysis; data grouping; drinking water quality; variability of indicators

Compliance with ethical standards. The study does not require the submission of a biomedical ethics committee opinion or other documents.

For citation: Fedorov V.N., Novikova Y.A., Myasnikov I.O., Sklizkova N.A., Levanchuk L.A. Application of spatial analysis tools in assessing the variability of drinking water quality indicators across populated areas of a constituent entity of the Russian Federation. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(8): 847–854. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-847-854> <https://elibrary.ru/daoxxl> (In Russ.)

For correspondence: Vladimir N. Fedorov, e-mail: v.fedorov@s-znc.ru

Contribution: Fedorov V.N. — concept and design of the study; Novikova Y.A. — collection and processing of material, responsibility for the integrity and proportionality of all parts of the article; Myasnikov I.O. — data analysis, study design adjustments, editing of the article text; Sklizkova N.A. — data analysis, editing of article text; Levanchuk L.A. — data analysis, interpretation of results, editing of the article text. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: April 17, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

Введение

Геоинформационные системы (ГИС) как инструмент анализа данных применяются в разных сферах деятельности, в том числе для оценки санитарно-эпидемиологического благополучия населения: социально-гигиенического мониторинга, оценки влияния факторов среды на здоровье населения, эпидемиологии и других направлений [1–6]. В научной и практической деятельности Роспотребнадзора одной из актуальных задач является анализ больших данных с привязкой к территории (карте): соматической, инфекционной и паразитарной заболеваемости населения, качества атмосферного воздуха и питьевой воды, обеспеченности населения Российской Федерации качественной питьевой водой и др. [7–11]. При этом область применения ГИС для оценки санитарно-эпидемиологического благополучия населения ограничивается преимущественно визуализацией результатов социально-гигиенического мониторинга и подготовкой наглядных материалов. Потенциал современных ГИС позволяет решать различные задачи широкого профиля: проводить анализ пространственного распределения показателей (заболеваемость, факторы среды обитания), выявлять взаимосвязи «фактор — здоровье» [12–15].

К причинам, существенно ограничивающим применение современных ГИС при оценке санитарно-эпидемиологического благополучия населения, относятся техническая

сложность и развёрнутый функционал, использование которого требует соответствующего опыта и квалификации. В гигиенических и эпидемиологических исследованиях наиболее востребованы инструменты пространственного анализа, в том числе геостатистический анализ и различные способы группировки или классификации данных на карте. Функционал современных ГИС содержит различные инструменты автоматической группировки данных, и результаты могут существенно различаться в зависимости от выбранного метода и характеристик выборки данных. Кроме того, в настоящее время не существует чётких критериев выбора инструментов автоматической группировки данных в ГИС с учётом характеристики выборки (нормальности распределения, дисперсии и др.) [16, 17]. При этом важно иметь в виду, что результаты группировки одной и той же выборки различными способами могут существенно отличаться в зависимости от вышеперечисленных характеристик, а в других случаях быть практически идентичными. Применение таких методов группировки актуально для ряда показателей, которые не имеют нормативного значения или критерия приемлемости: интегральный показатель (ИП) качества питьевой воды и др. При визуализации на карте величин ИП обычно возникает необходимость выделить на уровне населённых пунктов повышенные и высокие его значения. Из-за отсутствия нормативной величины для ИП выделение таких уровней в каждом отдельном случае

Основные статистические характеристики выбранных для исследования показателей**Main statistical characteristics of the indicators selected for the study**

Показатель Indicator	Водородный показатель pH	Железо Iron	Жёсткость общая Water hardness	Мутность Turbidity	Общая минерализация Total mineralization	Перманганатная окисляемость Permanganate oxidizability	ИП Integral indicator
Дисперсия / Dispersion	0.2	0.7	7.5	63.2	20 463.9	27.0	139.8
Среднее значение Average value	7.5	0.6	4.5	3.4	303.1	4.7	13.9
Медиана / Median	7.5	0.4	4.2	0.8	292.5	3.1	11.6
Стандартное отклонение Standard deviation	0.5	0.8	2.7	8.0	143.1	5.2	11.8
Отношение средней величины к медиане Ratio of mean to median	1.0	1.7	1.1	4.3	1.0	1.5	1.2
Минимальное значение Minimum value	6.1	0.0	0.2	0.0	19.8	0.0	3.5
Максимальное значение Maximum value	9.3	5.6	16.5	45.8	936.0	31.3	66.7

проводится заново с анализом всей выборки. Использование инструментов автоматической группировки данных в ГИС может значительно упростить данную процедуру, однако необходимо учитывать свойства выборки для корректных результатов, что влияет на выбор математического инструмента группировки [18, 19].

Цель исследования — на основе оценки вариабельности показателей качества воды централизованных систем питьевого водоснабжения обосновать выбор инструментов автоматической группировки данных в геоинформационных системах.

Материалы и методы

В работе в качестве исходных данных использованы результаты исследований качества воды централизованных систем питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населённых пунктов Архангельской области, выполненные в 2025 г. в рамках социально-гигиенического мониторинга.

Использованы методы контент-анализа, статистические методы обработки полученной информации, методы построения и анализа баз данных, методы визуализации пространственных данных и способы их группировки с применением ГИС. На основе результатов исследований сформирована электронная база, выполнен анализ перечня контролируемых показателей. Проведена статистическая обработка данных с использованием пакета MS Office Excel. Определяли основные статистические характеристики генеральной совокупности показателей: минимальные и максимальные значения, медиана и среднее арифметическое, дисперсия, характер распределения. На основе оценки статистических характеристик генеральной совокупности результатов были сформированы выборки из показателей качества питьевой воды, удовлетворяющих одному из критериев: нормальность распределения либо отсутствие нормального распределения, наибольшая и наименьшая дисперсия величины показателя, контролируемость в преобладающем числе населённых пунктов. Дополнительным критерием при выборе показателей было количество измерений или исследований, результат которых не превышает нижнего предела количественного определения применяемой методики измерения. Если процент таких результатов превышал 5%, такой показатель не включали в исследование.

В качестве среды для пространственного анализа использована геоинформационная система (ГИС) ArcMap 9.3 (ArcGIS by ESRI) со штатными инструментами группировки данных. В настоящей работе рассматривался сценарий группировки точечных объектов, соответствующих

населённым пунктам, в зависимости от величины изучаемого показателя с помощью инструментов автоматической группировки данных (инструмент «градуированные цвета» (graduated colours)): равных интервалов (equal или defined interval), квантилей (quantile), естественных границ по Дженксу (natural breaks by Jenks), геометрического интервала (geometrical interval) и стандартного (средне-квадратичного) отклонения (standard deviation). Использованы векторные пространственные данные OpenStreetMap территории Архангельской области, включающие в себя площадные (полигональные) объекты — административные границы муниципальных образований субъекта и точечные объекты — населённые пункты. Результаты исследований качества питьевой воды в системах водоснабжения населённых пунктов привязывали в виде атрибутивных таблиц к соответствующим точечным объектам для последующей визуализации на карте.

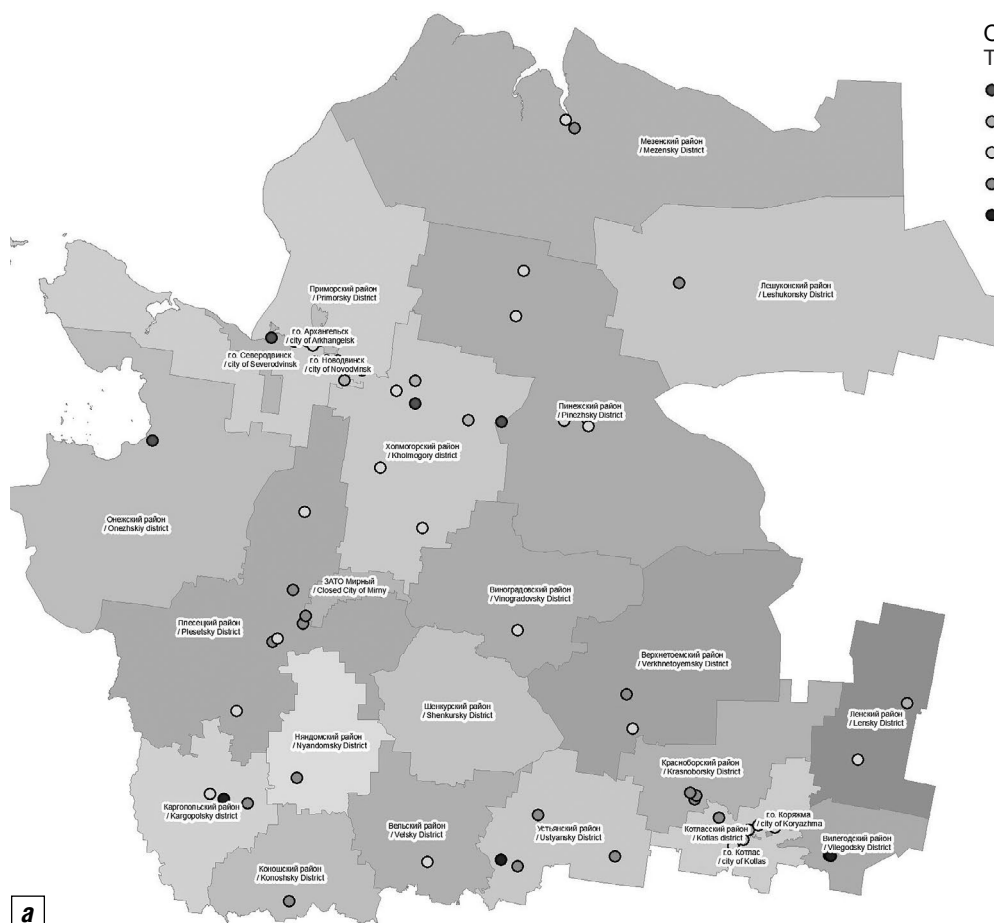
Результаты

Анализ исходных данных показал, что качество воды централизованных систем питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения в Архангельской области в 2025 г. контролировалось в 108 населённых пунктах. Общий перечень контролируемых показателей представлен 89 наименованиями, из которых 8 вирусологических, 11 микробиологических, 4 паразитологических, 12 радиологических и 53 санитарно-химических. Для дальнейшего пространственного анализа с применением геоинформационных систем из генеральной совокупности выбраны показатели, которые контролируются в максимально большом количестве населённых пунктов. К таким показателям относятся микробиологические и санитарно-химические, которые исследуются во всех 108 населённых пунктах. Поскольку большинство микробиологических показателей представлено категориальными или бинарными видами переменных, в рамках настоящей работы эта группа не рассматривалась как объект исследования для применения пространственного анализа. Из перечня санитарно-химических показателей в качестве объектов исследования были выбраны следующие: железо контролируется в 82 населённых пунктах (нп); жёсткость общая — в 73 нп.; общая минерализация — в 68 нп.; мутность — в 108 нп.; перманганатная окисляемость — в 87 нп.; водородный показатель (pH) — в 87 нп. Дополнительно в исследование был включён интегральный показатель качества питьевой воды (ИП), который характеризует её качество по совокупности исследуемых показателей и обладает, как правило, наибольшей вариабельностью величины, а также не имеет

Общая минерализация:

Total mineralization:

- 19.75–140.77
- 140.78–208.21
- 208.22–329.22
- 329.23–546.37
- 546.38–936.0

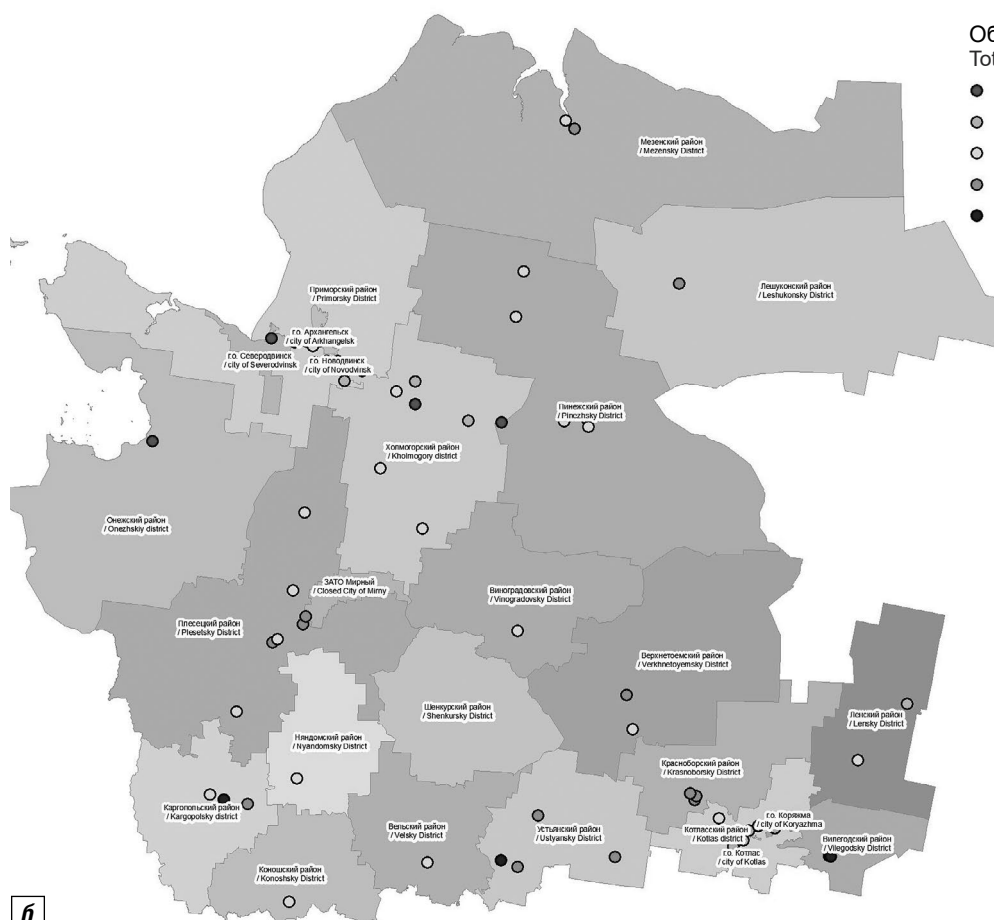


а

Общая минерализация:

Total mineralization:

- 19.75–138.42
- 138.43–219.58
- 219.59–346.56
- 346.57–504.0
- 504.01–936.0



б

Рис. 1. Пример сходства результатов группировки населённых пунктов Архангельской области на основе величины показателя «общая минерализация» в питьевой воде методами геометрического интервала (geometric interval, а) и естественных границ по Дженксу (Natural breaks by Jenks, б).

Fig. 1. An example of the similarity of the results of grouping settlements in the Arkhangelsk region based on the value of the total mineralization indicator in drinking water using the geometric interval (а) and natural breaks by Jenks (б) methods.

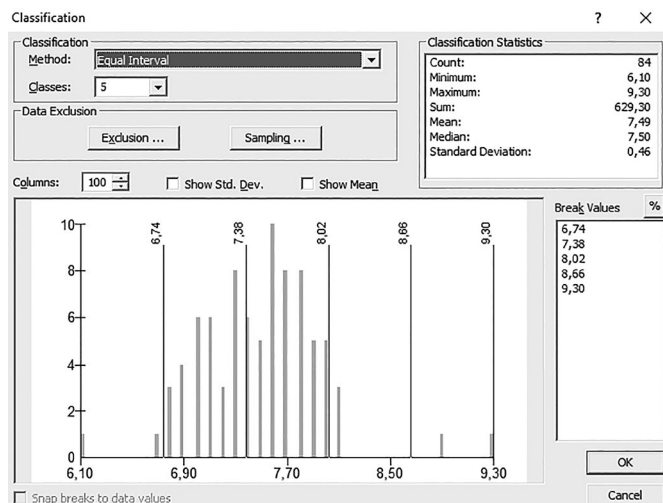


Рис. 3. Пример графической визуализации характера распределения признака в ArcMap.

Fig. 3. An example of graphical visualization of the distribution of a feature in ArcMap.

нормативного значения или критерия приемлемости и может быть рассчитан при любом количестве контролируемых показателей [20–22]. В настоящей работе ИП был рассчитан для питьевой воды 72 населённых пунктов, число которых обусловлено достаточным объёмом исследований и необходимым перечнем контролируемых показателей. Обобщённая информация об основных статистических характеристиках выбранных показателей в разрезе рассматриваемых в настоящей работе 108 населённых пунктов приведена в **таблице**.

Анализ результатов статистической обработки позволяет констатировать неоднородность выборок результатов исследований по изучаемым показателям. Наибольшая дисперсия характерна для общей минерализации и ИП, при этом характер распределения значений общей минерализации близок к нормальному. Аналогичные свойства в части нормальности распределения демонстрируют выборки показателей общей жёсткости и рН, однако величина дисперсии для этих показателей гораздо меньше. Такие показатели, как железо, мутность, перманганатная окисляемость и ИП, демонстрируют отсутствие нормального распределения при различных величинах дисперсии. Таким образом, выбранные показатели обладают необходимыми критериями для последующего анализа группировки данных с применением ГИС.

Обнаружено, что для выборок с распределением, близким к нормальному (общая минерализация, рН и жёсткость), результаты группировки методами «геометрический интервал», «естественные границы» и «квантили (квартили)» схожи. При этом величина дисперсии показателя не оказывает существенного влияния на сходимость результатов группировки: в случае с показателем «общая минерализация» её величина составляет более 20 000, в то время как для рН её значение не превышает 0,26 (см. таблицу).

Группировка методом стандартного (среднеквадратичного) отклонения (standard deviation) обнаруживает сходимость результатов с методом равных интервалов (equal или defined interval) при распределении, близком к нормальному.

Если для выборок нормальное распределение не было характерно (железо, ИП, окисляемость, мутность), наблюдалась лишь незначительная сходимость результатов группировки методами геометрических интервалов и естественных границ по Дженксу (для ИП), а также методами геометрических интервалов и квантилей (квартилей) (для показателя «окисляемость перманганатная») (рис. 1, 2).

Обсуждение

Обнаруженные в настоящей работе закономерности при автоматической группировке данных с помощью инструментов ArcMap свидетельствуют о существенном влиянии на результат этой группировки нормальности распределения в выборке. Чем распределение ближе к нормальному, тем меньше различий между такими способами группировки, как геометрический интервал, квантили и естественные границы по Дженксу, а также между методами равных интервалов и стандартного отклонения. Несмотря на сходство результатов группировки, диапазоны классов объектов всё же различаются, что необходимо учитывать при выборе метода.

В то же время сходства результатов группировки методами «квантили (квартили)» и «равные интервалы» обнаружено не было. Если распределение далеко от нормального, сходства в результатах группировки практически не наблюдается, за исключением метода геометрических интервалов и естественных границ по Дженксу. В отличие от характера распределения признака в проведённом исследовании не обнаружено влияния величины дисперсии на сходство или различие результатов группировки разными методами.

Анализ пространственного распределения результатов группировки населённых пунктов показал, что расположенные рядом населённые пункты в большинстве случаев отнесены к одним группам (классам) значений или к соседним по результатам группировки. Это обусловлено сходными величинами исследуемых показателей, которые в свою очередь могут объясняться использованием в качестве источников питьевого водоснабжения одного и того же водного объекта (реки, озера) в случае с поверхностными водоисточниками или одного подземного горизонта в случае использования подземного водоисточника (скважины). Кроме того, визуализация расположения населённых пунктов и их группировка по показателям качества питьевой воды на карте позволяют косвенно визуализировать расположение самих водных объектов, что хорошо видно на рис. 1, 2.

Авторы полагают, что при выборе способа группировки данных в зависимости от задач можно руководствоваться следующими критериями.

При наличии нормального распределения допустимо с приблизительно одинаковым результатом применять методы квантилей (квартилей), равных интервалов, геометрических интервалов или естественных границ по Дженксу. Результаты такой группировки не будут существенно различаться. Следует учесть, что метод стандартного отклонения способен дать иной результат группировки, однако его применение может быть также обосновано в некоторых случаях.

При выраженном отсутствии нормального распределения наиболее целесообразно применение метода геометрических интервалов или естественных границ по Дженксу, особенно в тех случаях, когда важно учесть при группировке не только величины показателя, но и распространённость величины признака. В противном случае возможно применение метода равных интервалов.

Следует также отметить, что представление о нормальности распределения показателя можно также получить непосредственно при группировке данных в ArcMap благодаря графической визуализации (рис. 3), что позволяет значительно упростить первичный анализ данных и выбор дальнейших способов их обработки.

Заключение

Проведённое исследование позволило выявить влияние основных статистических характеристик выборки на результат автоматической группировки данных инструментами в геоинформационных системах на примере ArcMap.

При выборе соответствующего инструмента группировки данных следует учитывать в первую очередь нормальность распределения. При нормальном распределении

целесообразно применять методы квантилей (квартилей), равных интервалов, геометрических интервалов или естественных границ по Дженксу. При отсутствии нормаль-

ного распределения оптимальными методами являются геометрические интервалы или естественные границы по Дженксу.

Литература

1. Зайцева Н.В., Май И.В. Риск-ориентированный санитарно-эпидемиологический надзор: перспективы в условиях цифровой трансформации. В кн.: *Анализ риска здоровью — 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021. Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 1*. Пермь; 2021: 9–13. <https://elibrary.ru/bfazez>
2. Игнатьев Н.А., Рахимова М.А. Мониторинг состояния здоровья населения по возрастным группам. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2023; 23(2): 364–73. <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2023-23-2-364-373> <https://elibrary.ru/zohrqo>
3. Новиков С.М., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А., Скворонская С.А., Мациук А.В. и др. Опыт практических исследований по сравнительной оценке радиационных и химических рисков здоровью населения от воздействия факторов окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(12): 1425–31. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-12-1425-1431> <https://elibrary.ru/tbcedi>
4. Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Рапопорт И.К., Шубочкина Е.И., Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю. Популяционное здоровье детского населения, риски здоровью и санитарно-эпидемиологическое благополучие обучающихся: проблемы, пути решения, технологии деятельности. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(10): 990–5. <https://elibrary.ru/zwsrur>
5. Зорина И.Г., Макарова В.В. Социально-гигиенический мониторинг как основа управления в контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(1): 13–9. <https://elibrary.ru/gfgzdb>
6. Попова А.Ю., Кузьмин С.В., Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Романов С.В., Диконская О.В. и др. Информационно-аналитическая поддержка управления риском для здоровья населения на основе реализации концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года. *Здоровье населения и среда обитания — ЗНКО*. 2019; (9): 4–12. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12> <https://elibrary.ru/tzkwsa>
7. Коротков В.В., Кулешова А.М., Ушаков С.А., Савельев С.И., Зубочонок Н.В., Додина Н.С. Геоинформационная региональная система как эффективное средство обоснования управленческих решений и организации надзора в сфере санитарно-эпидемиологической ситуации. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2022; 66(5): 380–4. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2022-66-5-380-384> <https://elibrary.ru/mydpdu>
8. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Смоленский В.Ю., Летошев А.Н., Трескин А.А., Иванова А.В. и др. Автоматизированная информационная система «Периметр» — инструмент для модернизации информационного и технического обеспечения санитарно-карантинного контроля. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2023; (3): 6–14. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2023-3-6-14> <https://elibrary.ru/otbtaz>
9. Бузинов Р.В., Новикова Ю.А., Лексашов А.В. Создание единого цифрового контура управления качеством питьевой воды. В кн.: *Развитие интеллектуальной экономики и промышленности на основе искусственного интеллекта*. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС; 2025: 418–43. <https://elibrary.ru/zsteww>
10. Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Новикова Ю.А., Мясников И.О. Разработка цифровой модели расположения поверхностных источников питьевого водоснабжения для прогнозирования загрязнения водозаборов. В кн.: *Проблемы сохранения здоровья и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Арктике. Материалы IV международной научно-практической конференции*. СПб.: Коста; 2023: 262–8. <https://elibrary.ru/fjbric>
11. Горяев Д.В., Тихонова И.В. Цифровые технологии в задачах управления санитарно-эпидемиологической ситуацией на уровне субъекта федерации. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2022; 66(5): 375–9. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2022-66-5-375-379> <https://elibrary.ru/lrpbxg>
12. Мельников О.А., Краевой С.А., Болехан В.Н. Угрозы и риски здоровью при чрезвычайных ситуациях: медико-биологические, прогнозно-аналитические и математические аспекты. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2024; 26(4): 13–20. <https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-4-13-20> <https://elibrary.ru/chvtrne>
13. Поликарпов А.В., Голубев Н.А., Огрызко Е.В., Руголь Л.В. История развития геоинформационных систем в мире и их использование в здравоохранении. *Врач и информационные технологии*. 2023; (4): 4–13. https://doi.org/10.25881/18110193_2023_4_4 <https://elibrary.ru/slydfo>
14. Парамонов В.Ю., Паненкова Е.А., Парамонова В.А. Применение геоинформационных технологий в практике социально-гигиенического мониторинга. В кн.: *Анализ риска здоровью — 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021. Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 2*. Пермь; 2021: 370–7. <https://elibrary.ru/oqhpts>
15. Федоров В. Н., Бузинов Р.В., Болсуновская М.В. Геоинформационные платформы для решения задач охраны окружающей среды и санитарно-эпидемиологического благополучия населения. В кн.: *Теория и практика цифрового моделирования*. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС; 2024: 61–98. <https://elibrary.ru/nvuvvgb>
16. Федоров В.Н., Копытенкова О.И., Новикова Ю.А., Мясников И.О., Тихонова Н.А. Выбор инструментов группировки массивов данных заболеваемости населения при их визуализации с применением геоинформационных систем. В кн.: *Анализ риска здоровью — 2024: Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Пермь; 2024: 82–90. <https://elibrary.ru/juynly>
17. Krivoguz D. Geo-spatial analysis of urbanization and environmental changes with deep neural networks: Insights from a three-decade study in Kerch peninsula. *Ecol. Inform.* 2024; 80: 102513. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102513> <https://elibrary.ru/nfuwtl>
18. Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Кизеев А.Н., Киселев А.В. Сравнительная оценка применимости инструментов пространственного анализа данных для оценки и прогнозирования состояния факторов среды обитания. *Здоровье населения и среда обитания — ЗНКО*. 2025; 33(5): 17–28. <https://elibrary.ru/paqgcd>
19. Федоров В.Н., Новикова Ю.А., Ковшов А.А., Тихонова Н.А. Анализ данных и визуализация результатов при оценке состояния санитарно-эпидемиологического благополучия с применением ГИС. В кн.: *Системный анализ в проектировании и управлении: сборник научных трудов XXV Международной научной и учебно-практической конференции. Часть 3*. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС; 2021: 326–31. <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id21-384> <https://elibrary.ru/usrmdl>
20. Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Ракова В.В. Алгоритм интегральной оценки качества питьевой воды. В кн.: *Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XXVI Международной научной и учебно-практической конференции. Часть 2*. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС; 190–5. <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id23-97> <https://elibrary.ru/tdxqls>
21. Рахманин Ю.А., Мельцер А.В., Киселев А.В., Ерастова Н.В. Гигиеническое обоснование управленческих решений с использованием интегральной оценки питьевой воды по показателям химической безвредности и эпидемиологической безопасности. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(4): 302–5. <https://elibrary.ru/ykuqhh>
22. Новикова Ю.А., Склизкова Н.А., Федоров В.Н., Мясников И.О. Применение интегрального подхода к оценке качества питьевой воды. *Российская Арктика*. 2025; 7(3): 17–25. <https://elibrary.ru/rmxhgg>

References

1. Zaitseva N.V., Mai I.V. Risk-oriented sanitary and epidemiological surveillance: prospects in the context of digital transformation. In: *Health Risk Analysis — 2021. Environmental, Social, Medical, and Behavioral Aspects. In Conjunction with the International Meeting on Environment and Health RISE-2021. Materials of the XI All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Volume 1* [Анализ риска здоровью — 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021. Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 1]. Perm'; 2021: 9–13. <https://elibrary.ru/bfazez> (in Russian)
2. Ignatev N.A., Rakhimova M.A. Monitoring the health status of the population by age groups. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*. 2023; 23(2): 364–73. <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2023-23-2-364-373> <https://elibrary.ru/zohrqo> (in Russian)
3. Novikov S.M., Shashina T.A., Dodina N.S., Kisitsyn V.A., Skovronskaya S.A., Matsuk A.V., et al. The experience of empirical research on comparative assessment of radiation and chemical health risks due to exposure to environmental factors. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(12): 1425–31. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-12-1425-1431> <https://elibrary.ru/tbcedi> (in Russian)
4. Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Rapoport I.K., Shubochkina E.I., Skoblina N.A., Milushkina O.Yu., et al. Population health of children, risks to health and sanitary and epidemiological wellbeing of students: problems, ways of solution and technology of the activity. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(10): 990–5. <https://elibrary.ru/zwsrur> (in Russian)
5. Zorina I.G., Makarova V.V. Social and hygienic monitoring as the basis of a control in the control and supervisory activities of the federal service for surveillance on consumer rights protection and human wellbeing. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(1): 13–9. <https://elibrary.ru/gfgzdb> (in Russian)
6. Popova A.Yu., Kuzmin S.V., Gurvich V.B., Kozlovskikh D.N., Romanov S.V., Dikonskaya O.V., et al. Data-driven risk management for public health as

- supported by the experience of implementation for development concept of the social and hygienic monitoring framework in the Russian Federation up to 2030. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* – ZNiSO. 2019; (9): 4–12. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12> <https://elibrary.ru/tzkwsa> (in Russian)
7. Korotkov V.V., Kuleshova A.M., Ushakov S.A., Saveliy S.I., Zubchok N.V., Dodina N.S. Geoinformation regional system as an effective means of substantiation of managing decisions and supervision in the field of sanitary and epidemiological situation. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*. 2022; 66(5): 380–4. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2022-66-5-380-384> <https://elibrary.ru/mydpdu> (in Russian)
 8. Popova A.Yu., Ezhlova E.B., Smolensky V.Yu., Letyushev A.N., Treskin A.A., Ivanova A.V., et al. The automated information system «Perimeter» is a tool for the modernization of information and technical support of sanitary and quarantine control. *Problemy osobno opasnykh infektsii*. 2023; (3): 6–14. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2023-3-6-14> <https://elibrary.ru/otbtaw> (in Russian)
 9. Buzinov R.V., Novikova Yu.A., Leksashov A.V. Creation of a unified digital circuit for managing the quality of drinking water. In: *Development of an Intellectual Economy and Industry Based on Artificial Intelligence [Razvitiye intellektual'noi ekonomiki i promyshlennosti na osnove iskusstvennogo intellekta]*. St. Petersburg: POLYTECH-PRESS; 2025: 418–43. <https://elibrary.ru/zstewn> (in Russian)
 10. Fedorov V.N., Tikhonova N.A., Novikova Yu.A., Myasnikov I.O. Development of a digital model for the location of surface sources of drinking water supply to predict pollution of water intakes. In: *Problems of Maintaining Health and Ensuring Sanitary and Epidemiological Well-Being of the Population in the Arctic: Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference [Problemy sokhraneniya zdorov'ya i obespecheniya sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Arktike. Materialy IV mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. St. Petersburg: Kostia; 2023: 262–8. <https://elibrary.ru/fjbric> (in Russian)
 11. Goryaev D.V., Tikhonova I.V. Digital technologies in the tasks of managing the sanitary-epidemiological situation at the level of the subject of the Federation. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*. 2022; 66(5): 375–9. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2022-66-5-375-379> <https://elibrary.ru/lrpbxg> (in Russian)
 12. Melnikov O.A., Kraevoy S.A., Bolekhan V.N. Threats and risks to health in emergency situations: biomedical, predictive analytical, and mathematical aspects. *Meditsina ekstremal'nykh situatsii*. 2024; 26(4): 13–20. <https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-4-13-20> <https://elibrary.ru/chvrne> (in Russian)
 13. Polikarpov A.V., Golubev N.A., Ogryzko E.V., Rugol L.V. History of the development of geoinformation systems in the world and their use in healthcare. *Vrach i informatsionnye tekhnologii*. 2023; (4): 4–13. https://doi.org/10.25881/18110193_2023_4_4 <https://elibrary.ru/slydfo> (in Russian)
 14. Paramonov V.Yu., Panenkova E.A., Paramonova V.A. Application of geoinformation technologies in the practice of social and hygienic monitoring. In: *Health Risk Analysis – 2021. Environmental, Social, Medical, and Behavioral Aspects. In Conjunction with the International Meeting on Environment and Health RISE-2021. Materials of the XI All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Volume 2 [Analiz riska zdorov'yu – 2021. Vneshnesredovye, sotsial'nye, meditsinskie i povedencheskie aspekty. Sovmestno s mezhdunarodnoi vstrechei po okruzhayushchei srede i zdorov'yu RISE-2021. Materialy XI Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Tom 2]*. Perm'; 2021: 370–7. <https://elibrary.ru/oqhpts> (in Russian)
 15. Fedorov V.N., Buzinov R.V., Bolsunovskaya M.V. Geoinformation platforms for solving problems of environmental protection and sanitary and epidemiological well-being of the population. In: *Theory and Practice of Digital Modeling [Teoriya i praktika tsifrovogo modelirovaniya]*. St. Petersburg: POLYTECH-PRESS; 2024: 61–98. <https://elibrary.ru/nvuvbg> (in Russian)
 16. Fedorov V.N., Kopytenkova O.I., Novikova Yu.A., Myasnikov I.O., Tikhonova N.A. Selection of tools for grouping arrays of population morbidity data during their visualization using geographic information systems. In: *Health Risk Analysis – 2024: Proceedings of the XIV All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [Analiz riska zdorov'yu – 2024: Materialy XIV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem]*. Perm'; 2024: 82–90. <https://elibrary.ru/juylny> (in Russian)
 17. Krivoguz D. Geo-spatial analysis of urbanization and environmental changes with deep neural networks: Insights from a three-decade study in Kerch peninsula. *Ecol. Inform.* 2024; 80: 102513. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102513> <https://elibrary.ru/nfuwtl>
 18. Fedorov V.N., Tikhonova N.A., Kizeev A.N., Kiselev A.V. Comparative assessment of applicability of spatial data analysis tools for assessing and predicting the state of environmental factors. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* – ZNiSO. 2025; 33(5): 17–28. <https://elibrary.ru/pagqod> (in Russian)
 19. Fedorov V.N., Novikova Ju.A., Kovshov A.A., Tikhonova N.A. Data analysis and results visualization in sanitary and epidemiological well-being assessment using GIS. In: *System Analysis in Design and Management: Collection of Scientific Papers of the XXV International Scientific and Educational-Practical Conference. Part 3 [Sistemnyi analiz v proektirovanii i upravlenii: sbornik nauchnykh trudov XXV Mezhdunarodnoi nauchnoi i uchebno-prakticheskoi konferentsii. Chast' 3]*. St. Petersburg: POLITEKH-PRESS; 2021: 326–31. <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id21-384> <https://elibrary.ru/usrmdl> (in Russian)
 20. Novikova Yu.A., Tikhonova N.A., Rakova V.V. Algorithm for integrated assessment of drinking water quality. In: *Systems Analysis in Design and Management: Collection of Scientific Papers of the XXVI International Scientific and Practical Conference. Part 2 [Sistemnyi analiz v proektirovanii i upravlenii: Sbornik nauchnykh trudov XXVI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Chast' 2]*. St. Petersburg: POLITEKH-PRESS; 2023: 190–5. <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id23-97> <https://elibrary.ru/tdxqls> (in Russian)
 21. Rakhmanin Yu.A., Meltser A.V., Kiselev A.V., Erastova N.V. Hygienic substantiation of management decisions with the use of the integral assessment of drinking water on indices of chemical harmlessness and epidemiological safety. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(4): 302–5. <https://elibrary.ru/ykuqhh> (in Russian)
 22. Novikova Yu.A., Sklizkova N.A., Fedorov V.N., Myasnikov I.O. Application of an integrated approach to assessing the quality of drinking water. *Rossiiskaya Arktika*. 2025; 7(3): 17–25. <https://elibrary.ru/rmxhgg> (in Russian)

Сведения об авторах

Федоров Владимир Николаевич, ст. науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: v.fedorov@s-znc.ru

Новикова Юлия Александровна, канд. техн. наук, вед. науч. сотр., руководитель отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: j.novikova@s-znc.ru

Мясников Игорь Олегович, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: i.mysnikov@s-znc.ru

Склизкова Надежда Андреевна, науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: n.tihonova@s-znc.ru

Леванчук Леонид Александрович, канд. техн. наук, доцент каф. «Техносферная и экологическая безопасность» ФГБОУ ВО ПГУПС, 190031, Санкт-Петербург, Россия.

About the authors

Vladimir N. Fedorov, senior researcher, Department of social and hygienic analysis and monitoring, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1378-1232> E-mail: v.fedorov@s-znc.ru

Yuliya A. Novikova, PhD (Engineering), leading researcher, head, Department of social and hygienic analysis and monitoring, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4752-2036> E-mail: j.novikova@s-znc.ru

Igor O. Myasnikov, PhD (Med.), leading researcher, Department of social and hygienic analysis and monitoring, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-4459-2066> E-mail: i.mysnikov@s-znc.ru

Nadezhda A. Sklizkova, researcher, Department of social and hygienic analysis and monitoring, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4895-4009> E-mail: n.tihonova@s-znc.ru

Leonid A. Levanchuk, PhD (Engineering), associate professor, Department of technosphere safety, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint Petersburg, 190031, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3576-3852>

Крийт В.Е.¹, Сладкова Ю.Н.¹, Шмаров И.А.², Волчкова О.В.¹

К вопросу о нормировании инсоляции помещений жилых и общественных зданий (нарративный обзор литературы)

¹ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия;²ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», 127238, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Инсоляция относится к важнейшим факторам, влияющим на психофизиологическое состояние человека и обеспечивающим безопасность проживания. В Российской Федерации необходимость соблюдения норм по инсоляции закреплена законодательно, а предоставление результатов расчётов продолжительности инсоляции определено как обязательное требование к проектной документации. Однако всё чаще поднимается вопрос о пересмотре или отмене гигиенического норматива продолжительности инсоляции как утратившего актуальность и сдерживающего плотность и высоту застройки.

Цель исследования заключалась в обзоре отечественного и зарубежного нормирования инсоляции, анализе и систематизации основных вопросов, возникающих при проведении гигиенической оценки инсоляции помещений жилых и общественных зданий.

Материалами для обзора служили нормативно-правовые и методические документы, представленные в справочных системах «Техэксперт», «КонсультантПлюс», «Гарант», зарубежные нормативные документы, а также отечественные и зарубежные публикации, индексируемые в поисковых системах PubMed, Scopus, CyberLeninka, eLIBRARY.RU. Анализ отечественных нормативных документов за период с 1963 г. по настоящее время показал значимое снижение гигиенических нормативов инсоляции (сокращение нормативного периода, уменьшение продолжительности, прерывистый режим инсоляции) и, как следствие, возможность большей плотности и высоты застройки в сравнении с обязательными минимальными европейскими нормами, что послужило поводом к обсуждению действующих норм как неэффективных и не отвечающих своему назначению. Отмечено, что воздействие солнечного света оценивается как важный критерий качества внутренней среды помещений, однако требуются углублённые исследования, обосновывающие минимально необходимую инсоляцию помещений.

Ключевые слова: инсоляция; жилые и общественные здания; продолжительность инсоляции; нормирование; методы расчёта; гигиеническая оценка; обзор

Для цитирования: Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н., Шмаров И.А., Волчкова О.В. К вопросу о нормировании инсоляции помещений жилых и общественных зданий (нарративный обзор литературы). Гигиена и санитария. 2026; 105(8): 855–862. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-855-862> <https://elibrary.ru/ebuzvx>

Для корреспонденции: Крийт Владимир Евгеньевич, e-mail: v.kriit@s-znc.ru

Вклад авторов: Крийт В.Е. — концепция исследования, редактирование; Сладкова Ю.Н., Шмаров И.А. — дизайн исследования, написание текста; Сладкова Ю.Н., Шмаров И.А., Волчкова О.В. — сбор и обработка материала. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 17.04.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Vladimir E. Kriy¹, Yulia N. Sladkova¹, Igor A. Shmarov², Olga V. Volchkova¹

On the issue of standardizing insolation of residential and public buildings (literature review)

¹North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation;²Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences, Moscow, 127238, Russian Federation

ABSTRACT

Insolation is a critical factor affecting a person's psychophysiological state and ensuring residential safety. In the Russian Federation, compliance with insolation standards is enshrined in law, and the presentation of insolation duration calculation results is a mandatory requirement for design documentation. However, the question of revising or abolishing the hygienic standard for the duration of insolation is increasingly being raised as it has lost its relevance and is restricting the density and height of development. The purpose of this study was to review domestic and international insolation standards and analyze and systematize the main issues arising during hygienic assessments of insolation in residential and public buildings. The review materials included regulatory and methodological documents available in the reference systems TechExpert, ConsultantPlus, and Garant, as well as foreign regulatory documents, as well as domestic and international publications indexed in the search engines PubMed, Scopus, CyberLeninka, and eLIBRARY.RU. An analysis of domestic regulatory documents from 1963 to the present has revealed a significant decline in hygienic standards for insolation (shortened regulatory periods, shorter durations, and intermittent insolation regimes) and, as a result, the potential for higher building density and heights compared to mandatory minimum European standards. This has led to a discussion of current standards as ineffective and inadequate. It is noted that exposure to sunlight is assessed as an important criterion for the quality of the indoor environment; however, in-depth studies are required to substantiate the minimum required insolation of premises.

Keywords: insolation; residential and public buildings; duration of insolation; standardization; calculation methods; hygienic assessment; review

For citation: Kriy V.E., Sladkova Yu.N., Shmarov I.A., Volchkova O.V. On the issue of standardizing insolation of residential and public buildings (literature review). Gigena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal). 2026; 105(8): 855–862. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-855-862> <https://elibrary.ru/ebuzvx> (In Russ.)

For correspondence: Vladimir E. Kriy, e-mail: v.kriit@s-znc.ru

Contributions: Kriy V.E. — research concept; editing; Sladkova Yu.N., Shmarov I.A. — research design; text writing; Sladkova Yu.N., Shmarov I.A., Volchkova O.V. — research design; material processing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: April 17, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

Значительную часть своей жизни человек проводит в зданиях различного типа [1–4], поэтому качество внутренней среды помещений имеет особое значение, а естественное освещение относится к её основным составляющим [5]. В мае 2024 г. Президент Российской Федерации подписал Указ¹, в котором определены национальные цели развития Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г., две из которых – «Сохранение населения, укрепление здоровья и повышение благополучия людей, поддержка семьи» и «Комфортная и безопасная среда для жизни» – недостижимы без обеспечения в помещениях допустимых уровней физических факторов, в том числе инсоляции.

Солнечный свет не имеет аналогов по своим качественным характеристикам, оказывает как непосредственное, так и опосредованное воздействие на человека [1, 6, 7]. Инсоляция (освещение прямыми солнечными лучами) неразрывно связана с энергосбережением [8] и является важнейшим профилактическим фактором, влияющим на психофизиологическое состояние человека и обеспечивающим безопасность его проживания [5, 7, 9–21]. Доказано, что «освещённость помещения только рассеянным или отражённым светом не является полноценной и способствует возникновению нарушений здоровья» [6]. Авторы отмечают, что недостаток инсоляции может быть одним из факторов риска развития инсульта [9]. Имеются результаты исследования, подтверждающие корреляцию между величиной инсоляции и частотой острых инфекционных болезней верхних дыхательных путей, а также туберкулёзом [22].

В Российской Федерации необходимость соблюдения норм по инсоляции закреплена законодательно^{2,3,4,5}, а предоставление результатов расчётов продолжительности инсоляции определено как обязательное требование к проектной документации⁶. Однако всё чаще поднимается вопрос о пересмотре или отмене гигиенического норматива продолжительности инсоляции как утратившего актуальность и сдерживающего плотность и высоту застройки. Отмена норм по инсоляции неизбежно приведёт к бесконтрольной уплотнённой застройке территорий, появлению лотов, полностью ориентированных на север. Для городов, например, для Санкт-Петербурга, природные условия которых характеризуются повышенной влажностью, нарушение правил застройки и требований к инсоляции будет способствовать появлению в квартирах сырости и плесени [14]. Применение бактерицидных облучателей закрытого типа для обеззараживания воздуха в жилых помещениях не устранил проблемы, так как рециркуляторы (даже если не учитывать энергопотребление) не только не предназначены для снижения обсеменённости поверхностей в помещениях, но и не исключают вредного воздействия на человека (как источник шума, электрических и магнитных полей промышленной частоты 50 Гц и УФ-излучения, выход которого возможен за пределы корпуса) [23, 24].

В рекомендациях Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по качеству воздуха в помещениях⁷ неудовлет-

ворительное качество воздуха внутри помещений расценивается в качестве серьёзного фактора риска для здоровья. В документе указывается, что «в результате исследований, проведённых в разных странах и в различных климатических зонах, было собрано достаточно эпидемиологических данных, которые свидетельствуют о том, что жители домов с наличием сырости и плесени, а также люди, проводящие длительное время в общественных зданиях с такими же дефектами, подвержены повышенному риску респираторных нарушений, инфекций дыхательных путей, а также обострений астмы». К условиям, вызывающим повышение уровня экспозиции к сырости и плесени, отнесены не только изменение климата, методы, используемые в строительстве в условиях глобализации, качество строительных материалов, но и урбанизация (миграция, тип зданий и плотность застройки, ухудшение состояния городской среды, доступность жилья и социальное неравенство).

Цель исследования заключалась в обзоре отечественного и зарубежного нормирования инсоляции, анализе и систематизации основных вопросов, возникающих при проведении гигиенической оценки инсоляции помещений жилых и общественных зданий.

Материалами для обзора служили нормативно-правовые и методические документы, представленные в профессиональной справочной системе «Техэксперт», справочной правовой системе «КонсультантПлюс», на информационно-правовом портале «Гарант», зарубежные нормативные документы, а также отечественные и зарубежные публикации, индексируемые в поисковых системах PubMed, Scopus, КиберЛенинка, eLIBRARY.RU.

Анализ нормативно-правовых и методических документов более чем за 60 лет нормирования инсоляции показал значимое ослабление гигиенических нормативов [7, 9, 12–14, 19, 25, 26]. В первом нормативном документе⁸ норма продолжительности непрерывной инсоляции составляла три часа и основывалась на микробиологических исследованиях (наиболее распространённые в жилых помещениях микроорганизмы полностью инактивировались после трёх-четырёх часов облучения) [10, 13, 27].

Наиболее значимые изменения произошли в 1982, 2002 и 2017 гг., когда были введены в действие санитарные нормы и правила СП 2605–82⁹ (действовали в течение 20 лет – с 02.07.1982 до 01.02.2002), СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01¹⁰ (действовали в течение 20 лет – с 01.02.2002 до 01.03.2021) и изменения № 1 в санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01¹¹ (действовали четыре года – с 10.04.2017 до 01.03.2021). Первый документ сократил продолжительность инсоляции для центральной и южной зон до 2,5 и 2 ч соответственно с увеличением расчётного периода для южной зоны, ввёл понятие прерывистой инсоляции, когда допускалась одноразовая прерывистость инсоляции жилых и общественных зданий (с наличием исключений) при условии увеличения суммарной продолжительности инсоляции в течение дня на 0,5 ч. Дополнительно допускалось сокращение нормативной продолжительности инсоляции на 0,5 ч соответственно для каждой зоны в жилых домах меридионального типа, где инсолируются все комнаты квартиры, а также при реконструкции жилой застройки или при размещении нового строительства в особо сложных градостроительных условиях (исторически ценная городская среда, дорогостоя-

¹ Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».

² Федеральный закон от 30.03.1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (ст. 23).

³ «Жилищный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 г. № 188-ФЗ (ст. 15).

⁴ Федеральный закон от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (ст. 10).

⁵ Постановление Правительства РФ от 28.01.2006 г. № 47 «Об утверждении Положения о признании помещения жилым помещением, жилого помещения непригодным для проживания, многоквартирного дома аварийным и подлежащим сносу или реконструкции, садового дома жилым домом и жилого дома садовым домом» (п. 21).

⁶ Постановление Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» (раздел 3).

⁷ Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха в помещениях: сырость и плесень. Всемирная организация здравоохранения, Европейское региональное бюро; 2014 (WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2009).

⁸ СН 427–63 «Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляции помещений жилых и общественных зданий и жилой застройки населённых мест».

⁹ СП 2605–82 «Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляцией жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки».

¹⁰ СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий».

¹¹ Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 10.04.2017 г. № 47 «О внесении изменений № 1 в санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01».

ящая подготовка территории, зона общегородского и районного центров). Также был исключён контрольный расчёт продолжительности инсоляции на 22 июня, что можно объяснить сопоставимостью доз рассеянного и прямого ультрафиолетового излучения в летние месяцы и необходимостью солнцезащиты помещений, которую успешно выполняют балконы и лоджии, особенно расположенные с южной и юго-западной сторон здания [10, 11, 28, 29]. О санирующем действии не только прямого, но и рассеянного и отражённого УФ-излучения сообщается также в работе [27]. Расчёты в день начала или день окончания нормативного календарного периода позволяют проектировать балконы и лоджии шириной до 1,4 м, обеспечивающие солнцезащиту помещений, обрезая лучи высоко стоящего солнца, что в весенний и осенний периоды года не влияет на продолжительность инсоляции помещений [10]. Аналогичные требования были представлены в Методических указаниях по осуществлению государственного санитарного надзора за устройством и содержанием жилых зданий № 2295–81¹², не действующих на основании приказа Роспотребнадзора № 797 от 04.12.2020 г.¹³. В 2002 г. с введением в действие СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01¹⁴ нормативная продолжительность инсоляции для всех географических зон была сокращена ещё на 0,5 ч, а также было заменено положение об одноразовой прерывистости инсоляции на продолжительность одного из периодов инсоляции (не менее одного часа). Дополнительно допускалось снижение продолжительности инсоляции на 0,5 ч для северной и центральной зон в двухкомнатных и трёхкомнатных квартирах, где инсолируется не менее двух комнат, и в многоквартирных квартирах (четыре и более комнаты), где инсолируется не менее трёх комнат, а также при реконструкции жилой застройки, расположенной в центральной, исторической зонах городов, определённых их генеральными планами развития. Изменения к санитарным правилам и нормам, вступившие в действие 10.04.2017 г., не изменяли продолжительности инсоляции в помещениях жилых и общественных зданий, но сократили на два месяца нормативный период инсоляции для центральной зоны (не менее двух часов в день с 22 апреля по 22 августа, заменив требование «не менее двух часов в день с 22 марта по 22 сентября»). В инсоляционных графиках на указанные периоды имеются два различия: в высоте стояния солнца и во времени восхода и захода солнца. С точки зрения возможностей строительства смещённый на два месяца период инсоляции оказывает влияние на возможную высотность застройки (проектируемые высоты в 1,6–1,9 раза больше) и допускает более плотную городскую застройку [9–11, 18, 30], в том числе большую плотность городской застройки по сравнению с европейскими нормами [10]. В действующих в настоящее время санитарных правилах и нормах СанПиН 1.2.3685–21¹⁵, введённых в действие 01.03.2021 г., гигиенические нормативы инсоляции представлены без изменений относительно санитарных правил и норм СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01 (с изменениями на 10.04.2017 г.)¹⁶. Основными методами расчёта продолжительности инсоляции являются инсоляционные графики [29, 31] и солнечные карты [29, 32] в соответствии с национальным стандартом

Российской Федерации ГОСТ Р 57795–2017¹⁷. Рассматривается возможность применения метода определения продолжительности инсоляции для существующей застройки с помощью широкоугольного объектива и солнечных карт с равнопромежуточной проекцией [33]. Изменения гигиенических нормативов показателей инсоляции жилых зданий, аналогичные изменениям в нормативно-методических документах Российской Федерации, отмечены в Республике Беларусь и Республике Казахстан (за исключением изменений в расчётных датах).

Одно из направлений работы Европейской экономической комиссии (ЕЭК) Организации Объединённых Наций — обеспечение доступного, безопасного и экологичного жилья. В документах ЕЭК отмечена важность создания здоровых и безопасных условий проживания, при этом должны учитываться такие аспекты, как физиологическая и психологическая безопасность, санитарно-эпидемиологическая защита и защита от несчастных случаев. Согласно документу ЕЭК¹⁸, инсоляция жилых помещений способствует удовлетворению требований, связанных с естественным освещением, тепловым комфортом, энергосбережением и подверженностью жилых помещений прямому солнечному излучению. В регионах с умеренным климатом проникновение солнечной радиации в жилые помещения считается полезным для здоровья и психологического состояния человека. Однако отмечается, что при современном уровне знаний точное определение потребности человека в инсоляции жилых помещений невозможно, поэтому соответствующие положения национальных документов должны разрабатываться на основе накопленного практического опыта планирования жилых территорий и проектирования зданий. Жилые здания считаются отвечающими требованиям к инсоляции, если в квартирах малой площади основная жилая комната подвергается прямому солнечному излучению, а в квартирах большей площади — если по крайней мере две жилые комнаты подвергаются прямому солнечному излучению, и продолжительность этого воздействия соответствует определённому минимальному значению (2 ч), которое фиксируется для определённого дня года.

В 2018 г. был опубликован европейский стандарт EN 17037:2018¹⁹, который затрагивает проектирование и обеспечение естественного освещения в зданиях. В новую редакцию европейского стандарта EN 17037:2018+A1:2021²⁰ внесены исправление 1, выпущенное Европейским комитетом по стандартизации (CEN) 13.10.2021 г. (AC:2021), и поправка 1, одобренная CEN 24.08.2021 г. (A1:2021). Этот документ заменяет EN 17037:2018 и EN 17037:2018/AC:2021. В нём представлены основные положения, разработанные с целью обеспечения достаточного уровня естественного освещения в помещениях жилых и общественных зданий, даны оценка вида из окон и рекомендации по продолжительности воздействия солнечного света. В европейских странах с введением в действие данного стандарта обязательная минимальная продолжительность инсоляции по крайней мере в одном жилом помещении в жилых домах, а также в палатах больниц, игровых комнатах в детских садах должна составлять 1,5 ч (средний и высокий уровни являются рекомендуемыми и составляют соответственно 3 и 4 ч), что позиционируется как отсутствие строгих норм по инсоляции помещений. В соответствии с внутренними правилами CEN-CENELEC (Европейский комитет по стандартизации — Европейский комитет по стандартизации в электротехнической и электронной

¹² Методические указания № 2295–81 «Методические указания по осуществлению государственного санитарного надзора за устройством и содержанием жилых зданий».

¹³ Приказ Роспотребнадзора № 797 от 04.12.2020 г. «О признании не действующими на территории Российской Федерации писем, инструкций, указаний и иных документов, изданных центральными органами государственного управления СССР и РСФСР».

¹⁴ СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий».

¹⁵ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

¹⁶ СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий».

¹⁷ ГОСТ Р 57795–2017 «Здания и сооружения. Методы расчёта продолжительности инсоляции».

¹⁸ Компендиум ЕЭК, включающий образцы положений для строительных правил (ECE COMPENDIUM OF MODEL PROVISIONS FOR BUILDING REGULATIONS. ECE/HBP/81/Rev. 1, 1996).

¹⁹ EN 17037:2018 «Daylight in buildings» («Естественное освещение зданий» или «Дневной свет в зданиях»).

²⁰ EN 17037:2018+A1:2021 «Daylight in buildings» («Естественное освещение зданий» или «Дневной свет в зданиях»).

индустрии) национальные организации по стандартизации более 30 стран обязаны внедрить настоящий европейский стандарт. Так, с введением в действие британского стандарта BS EN 17037:2018+A1:2021²¹ был отменён стандарт BS 8206–2:2008²², с введением в действие немецкого стандарта DIN EN 17037:2022–05²³ из стандарта DIN 5034–1:2021–08²⁴ был исключён раздел по инсоляции помещений. Более подробно действовавшее зарубежное нормирование представлено в работах [9, 11, 18, 29, 34].

Действующие в настоящее время гигиенические нормативы инсоляции в России, Республике Беларусь и Республике Казахстан в сравнении с европейским стандартом представлены в **таблице**.

В зарубежных публикациях дневной свет рассматривается как фактор, повышающий качество жилой среды и необходимый для устойчивой и здоровой жизни человека [35–37], отмечено его значение в условиях таких экстремальных событий, как пандемия COVID-19 [38]. Уделяется внимание влиянию дневного света на архитектурные и градостроительные параметры среды обитания человека [35], а также подчёркивается важность снижения энергопотребления жилых зданий за счёт оптимизированного проектирования естественного освещения [39] и развития технологий окон и остекления [2, 40, 41], в том числе затрагивается значимость спектральных характеристик дневного света, проходящего через оконные системы зданий [41]. Представленная в работе [3] концепция «Здорового здания» включает девять основных составляющих, действующих как по отдельности, так и комплексно, формируя внутреннюю среду помещения и влияя на физиологическое и психологическое здоровье человека. Среди девяти основных факторов важным является свет, влияющий не только на уровень теплового и визуального комфорта, но и на когнитивные функции и психическое здоровье человека.

Особый интерес представляют две работы, посвящённые влиянию света на жизнеспособность микроорганизмов. В одном из исследований [3] изучали скорость роста и жизнеспособность патогенов на различных материалах поверхностей в зависимости от интенсивности и спектра дневного света в помещении, проникающего через электрохромные окна. Было установлено, что патогенные грибы в большей степени подвержены влиянию интенсивности освещения в помещении, а бактерии на поверхностях в помещении – спектру света. Результаты исследования показали, что освещение в помещении, модулированное электрохромными окнами, может значительно снизить скорость роста и жизнеспособность патогенных бактерий и грибов, что обусловлено преимущественно высокоэнергетическим синим спектром света с длиной волны 400–500 нм. В данном контексте интересна одна из отечественных работ, не связанная с вопросами инсоляции помещений, но представляющая сравнительную оценку бактерицидного и фунгицидного воздействия длинноволнового УФ-излучения, красной, зелёной и синей областей спектра на микроорганизмы (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*). Показано, что наибольшей антимикробной активностью обладает излучение зелёной области спектра с длиной волны 500 нм [42]. Во второй зарубежной работе [4] приведены результаты эксперимента и вычислительных моделей, разработанных для оценки влияния светового воздействия и длин волн на структуру микробиома пыли. Один из выводов гласит, что использование «ультрафиолетового фильтрающего» остек-

ления, которое встречается в большинстве зданий, может не оказывать существенного влияния на состав микробных сообществ пыли в помещениях по сравнению с остеклением, пропускающим ультрафиолетовые волны.

В отечественных работах ещё в 1968 г. [43] указывалось на недостаточность и противоречивость сведений о биологической эффективности УФ-излучения, проникающего внутрь помещения, и возможность повышения ультрафиолетовой составляющей естественного лучистого потока, входящего в помещение, при определённом подборе стёкол, отделочных материалов и соответствующей ориентации зданий. Подчёркивалось, что биологическим действием обладают не только коротковолновая часть спектра до 315 нм, но и длинноволновая (315–380 нм), так как «с увеличением длины волны происходит постепенное падение относительного биологического действия УФ-излучения, однако его мощность в солнечном спектре возрастает с длиной волны, возрастает также и пропускание стёкол».

Появление новых типов строительных стёкол привело к необходимости изучения их оптических характеристик [10, 15, 27, 29, 44–46]. В качестве примера в работе [10] представлены коэффициенты пропускания современных строительных стёкол в видимой и ультрафиолетовой областях спектра: в видимой области спектра для стёкол с солнцезащитными покрытиями – 39,9–65%, для стёкол без покрытий – 88,6–91,13%, для стёкол с низкоэмиссионными покрытиями – 75,9–86,6%, с мультифункциональными покрытиями – 66,4–86,5%; в УФ-А области спектра – 27,9–44,7, 57,9–81,8, 30,8–52 и 27,6–49,5% соответственно.

Проведённый анализ научных статей, опубликованных в изданиях, зарегистрированных в России, показал, что солнечный свет оценивается как важный критерий качества внутренней среды помещений, а требования к инсоляции – как определяющие при проектировании и строительстве зданий. Одна из основных обсуждаемых проблем – отсутствие научного обоснования действующих гигиенических нормативов и возможность их пересмотра. Одна из основных обсуждаемых гипотез: действующие гигиенические нормативы с учётом снижения продолжительности инсоляции вдвое относительно норм 1963 г. и исключения требования к обеспечению непрерывного режима инсоляции не выполняют первоначального предназначения (санация помещений) и не могут обеспечить безопасных санитарно-гигиенических условий в помещениях. Таким образом, важнейшая задача – проведение углублённых исследований с целью определения оптимального уровня инсоляции помещений. Также обсуждается зарубежный опыт применения в проектировании современных технических приёмов и решений, таких как использование отражённого солнечного излучения и современных облицовочных материалов для фасадов зданий, что позволяет искусственно создавать траекторию движения солнечных лучей в необходимом направлении [21, 47].

При оценке инсоляции помещений жилых и общественных зданий по действующим СанПиН 1.2.3685–21²⁵ определены следующие неопределённости: равная продолжительность облучения помещений в разные часы суток привнесёт в них различную по величине солнечную энергию и, как следствие, разный уровень санации помещений; действующие нормы не учитывают уровня санации помещений, который не определён для жилых помещений и существенно различается в весенний и осенний расчётные дни; не установлен диапазон длин волн, вызывающих гибель микроорганизмов; не учитываются прозрачность стёкол для солнечной радиации и углы падения солнечных лучей, а также размер помещений [13, 16, 27, 28, 45, 46, 48]. По результатам проведённых исследований как решение пробле-

²¹ BS EN 17037:2018+A1:2021 «Daylight in buildings» («Естественное освещение зданий» или «Дневной свет в зданиях»).

²² BS 8206–2:2008 «Lighting for buildings – Part 2: Code of practice for daylighting» («Освещение для зданий – Часть 2: свод правил по естественному освещению»).

²³ DIN EN 17037:2022–05 «Tageslicht in Gebäuden» («Естественное освещение зданий» или «Дневной свет в зданиях»).

²⁴ DIN 5034–1:2021–08 «Tageslicht in Innenräumen – Teil 1: Begriffe und Mindestanforderungen» (Дневной свет в помещении. Часть 1: Условия и минимальные требования).

²⁵ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Требования к продолжительности инсоляции помещений жилых зданий**Requirements for the duration of insolation of residential buildings**

Страна Country	Диапазон географических широт Range of geographical latitudes	Расчётный день Settlement day	Продолжительность инсоляции, ч Duration of insolation, hrs
Россия ^А Russia ^А	Северная зона (севернее 58° с.ш.) Northern Zone (north of 58° N)	22 апреля — 22 августа April 22 — August 22	2.5
	Центральная зона (58° с.ш. — 48° с.ш.) Central zone (58° N — 48° N)	22 апреля — 2 августа April 22 — August 22	2
	Южная зона (южнее 48° с.ш.) Southern Zone (south of 48° N)	22 февраля — 22 октября February 22 — October 22	1.5
Республика Беларусь ^Б Republic of Belarus ^Б	—	22 марта — 22 сентября March 22 — September 22	2
Республика Казахстан ^В Republic Kazakhstan ^С	Северная зона (48° с.ш. — 58° с.ш.) Northern zone (48° N — 58° N)	22 марта — 22 сентября March 22 — September 22	2
	Южная зона (южнее 48° с.ш.) Southern Zone (south of 48° N)	22 февраля — 22 октября February 22 — October 22	2
Австрия, Бельгия, Болгария, Хорватия, Кипр, Чешская Республика, Дания, Эстония, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Венгрия, Исландия, Ирландия, Италия, Латвия, Литва, Люксембург, Мальта, Нидерланды, Норвегия, Польша, Португалия, Республика Северная Македония, Румыния, Сербия, Словакия, Словения, Испания, Швеция, Швейцария, Турция, Великобритания ^Г Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Republic of North Macedonia, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, United Kingdom ^Д	— <		

П р и м е ч а н и е. ^А СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». ^Б Гигиенический норматив «Показатели безопасности для человека световой среды помещений производственных, общественных и жилых зданий», утверждённый постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 № 37. ^В Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к административным и жилым зданиям», утверждённые приказом Министра здравоохранения Республики Казахстан от 16.06.2022 № КР ДСМ-52. ^Г EN 17037:2018+A1:2021 «Daylight in buildings» («Естественное освещение зданий» или «Дневной свет в зданиях»). * Общая продолжительность солнечного сияния в указанный день рассчитывается путём суммирования частичных периодов продолжительности солнечного сияния, если солнечный свет прерывается несколькими препятствиями.

Note: ^А SanPiN 1.2.3685–21 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and/or harmlessness of environmental factors for humans." ^Б Hygienic standard "Safety indicators for humans regarding the luminous environment in premises of industrial, public, and residential buildings," approved by Resolution No. 37 of the Council of Ministers of the Republic of Belarus dated January 25, 2021. ^В Sanitary rules "Sanitary and epidemiological requirements for administrative and residential buildings," approved by Order No. KR DSM-52 of the Minister of Health of the Republic of Kazakhstan dated June 16, 2022. ^Г EN 17037:2018+A1:2021 "Daylight in buildings." * Total sunlight duration on referenced day is calculated by the summation of partial sunlight duration periods if sunshine is broken by several obstructions.

мы предложен энергетический метод нормирования и расчёта инсоляции помещений, позволяющий рассчитывать дозы ультрафиолетовой радиации, прошедшей через оконное стекло, в объёме помещений и на рабочих поверхностях. Данный метод представлен как один из разделов учебно-методического пособия по направлениям «Архитектура» и «Строительство» [27]. Данный подход к нормированию и расчёту инсоляции однозначно приведёт к ужесточению существующих норм.

В настоящее время вопрос о том, какое же количество солнечного света необходимо для обеспечения комфортных и безопасных условий проживания человека, остаётся открытым. В заключение хочется привести цитату из работы доктора медицинских наук, профессора Н.М. Даница: «Когда речь идёт о создании здоровых условий для проживания трудящихся, следует говорить не о том, во сколько обойдётся хорошее освещение и инсоляция помещений жилых домов, а о том, во сколько обойдётся плохое» [49].

Заключение

Анализ отечественных нормативных документов за период с 1963 г. по настоящее время показал значимое снижение гигиенических нормативов инсоляции (сокращение нормативного периода, уменьшение продолжительности, прерывистый режим инсоляции) и, как следствие, возможность большей плотности и высоты застройки в сравнении с обязательными минимальными европейскими нормами. Отмечено, что воздействие солнечного света оценивается как важный критерий качества внутренней среды помещений, однако требуется проведение углублённых исследований, подтверждающих минимально необходимую продолжительность инсоляции. До получения научно обоснованных и экспериментально подтверждённых результатов указанных исследований решение задачи снижения или отмены норм инсоляции помещений жилых и общественных зданий не представляется возможным.

Литература

(п.п. 2–4, 35–41 см. References)

1. Еремин Г.Б., Ломтев А.Ю., Карелин А.О., Мозжухина Н.А., Фролова Н.М., Борисова Д.С. и др. *Обеспечение санитарно-эпидемиологической безопасности условий проживания*. СПб.: Наука; 2020. <https://elibrary.ru/lnvft>
5. Дарула С. Обзор современного состояния и перспектив стандартизации в области естественного внутреннего освещения. *Светотехника*. 2019; (1): 6–20. <https://elibrary.ru/rowupr>
6. Новикова И.И., Зубцовская Н.А., Лобкис М.А., Ивлева Г.П. Гигиеническое нормирование естественного освещения: проблемы, задачи, международный опыт (обзорная статья). *Здоровье населения и среда обитания* — *ЗНиСО*. 2020; (3): 10–5. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-324-3-10-15> <https://elibrary.ru/staeww>
7. Дубынин Н.В., Дубынин В.Н. Солнце и современное жилище. *Архитектура и время*. 2014; (4): 2–5.
8. Золотозубов Д.Г., Карманова О.С. Анализ влияния изменения инсоляции квартир на энергосбережение. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура*. 2016; 7(1): 82–92. <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2016.1.11> <https://elibrary.ru/vpzuxr>
9. Ревич Б.А. Планирование городских территорий и здоровье населения: аналитический обзор. *Анализ риска здоровью*. 2022; (1): 157–69. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.17> <https://elibrary.ru/ajevgs>
10. Шмаров И.А., Земцов В.В., Сладкова Ю.Н., Поповский Ю.Б. Проектирование жилых зданий с учетом требований инсоляции российских и европейских норм. *Жилищное строительство*. 2025; (8): 3–10. <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2025-8-3-10> <https://elibrary.ru/jbghfy>
11. Шмаров И.А., Земцов В.В., Коркина Е.В. Инсоляция: практика нормирования и расчета. *Жилищное строительство*. 2016; (7): 48–53. <https://elibrary.ru/whfwud>
12. Андреева П.Н. Экспертология качества правового режима инсоляции в Российской Федерации. *Юридическая техника*. 2022; (16): 531–4. <https://elibrary.ru/hoalxq>
13. Куриянов В.Н., Халикова Ф.Р. К исследованию инсоляции жилых помещений. *Academia. Архитектура и строительство*. 2010; (3): 477–82. <https://elibrary.ru/ntlchr>
14. Андреева П.Н. Правовые личности на инсоляцию: содержание и перспективы развития. *Юридическая наука и практика: Вестник Нижегородской академии МВД России*. 2017; (4): 239–46. <https://elibrary.ru/zxrfyf>
15. Середа С.Н. Влияние инсоляции на микроклимат помещения. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021; (5–1): 93–8. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.107.5.015> <https://elibrary.ru/gxjixe>
16. Куприянов В.Н., Седова Ф.Р. Обоснование и развитие энергетического метода расчета инсоляции жилых помещений. *Жилищное строительство*. 2015; (5): 83–7. <https://elibrary.ru/ruocdl>
17. Тимофеева С.С., Кустов О.М. Инсоляция как фактор судебных разбирательств. *Вестник Иркутского государственного технического университета*. 2015; (4): 105–10. <https://elibrary.ru/rctjxe>
18. Римшин В.И., Кузина Е.С. Безопасность светоклиматической среды зданий при строительстве и реконструкции в условиях плотной городской застройки. *Вестник МГСУ*. 2017; 12(8): 917–23. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2017.8.917-923> <https://elibrary.ru/zfbxvu>
19. Андреева П.Н., Приходько А.Г. Инсоляция: понятие, законодательное регулирование, роль архитектуры. *Светотехника*. 2025; (2): 4–9. <https://elibrary.ru/xluhta>
20. Слукин В.М., Смирнов Л.Н. Обеспечение нормированных условий естественного освещения жилых зданий в уплотненной городской застройке. *Академический вестник УралНИИпроект РААСН*. 2011; (4): 75–7. <https://elibrary.ru/onjnjb>
21. Серебрякова М.В. Современные подходы проектирования зданий при учёте требований инсоляции. *Современное строительство и архитектура*. 2019; (2): 9–13. <https://doi.org/10.18454/mca.2019.14.4> <https://elibrary.ru/qresbh>
22. Васильев Ю.В., Великанова Е.А., Дмитрук А.Н., Королевская А.В., Туктарова М.М. О роли инсоляции территорий субъектов Российской Федерации в динамике заболеваемости населения распространенными инфекционными болезнями. *Forcipe*. 2023; 6(S1): 111–2. <https://elibrary.ru/ecaick>
23. Рахманин Ю.А., Калинина Н.В., Гапонова Е.Б., Загайнова А.В., Недачин А.Е., Доскина Т.В. Гигиеническая оценка безопасности и эффективности использования ультрафиолетовых установок закрытого типа для обеззараживания воздушной среды в помещениях медицинских организаций стационарного типа. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(8): 804–10. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-8-804-810> <https://elibrary.ru/vvaxbn>
24. Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н., Скляр Д.Н., Плеханов В.П., Волчкова О.В. К вопросу о безопасном размещении ультрафиолетовых бактерицидных установок (рециркуляторов) в помещениях жилых и общественных зданий. *Здоровье населения и среда обитания* — *ЗНиСО*. 2025; 33(5): 61–71. <https://elibrary.ru/mlbtva>
25. Сладкова Ю.Н., Крийт В.Е., Скляр Д.Н., Волчкова О.В., Плеханов В.П. Отечественное и международное нормирование продолжительности инсоляции помещений жилых и общественных зданий. В кн.: *Актуальные проблемы гигиены и профпатологии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора*. СПб.: Коста3Д; 2024: 308–17.
26. Поповский Ю.Б. История санитарно-эпидемиологического нормирования инсоляции жилых помещений в СССР и Российской Федерации. *Национальная Ассоциация Ученых*. 2015; (6–3): 27–30. <https://elibrary.ru/xyginf>
27. Куприянов В.Н., Седова Ф.Р. *Энергетический метод нормирования и расчета инсоляции жилых помещений: Учебно-методическое пособие для магистров*. Казань; 2016.
28. Куприянов В.Н., Халикова Ф.Р. Натурные исследования энергетических параметров инсоляции жилых помещений. *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2012; (4): 139–47. <https://elibrary.ru/pmeaax>
29. Шмаров И.А., Земцов В.А., Гуськов А.С., Бражникова Л.В. Инсоляция помещений как средство ограничения распространения COVID-19, гриппа и ОРВИ в городской среде. *Academia. Архитектура и строительство*. 2020; (4): 83–92. <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2020-4-83-92> <https://elibrary.ru/elvplh>
30. Хейфец А.Л. Влияние даты расчета продолжительности инсоляции на параметры уплотненной застройки. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2019; 19(3): 61–70. <https://doi.org/10.14529/build190309> <https://elibrary.ru/rrierg>
31. Шмаров И.А., Земцов В.А., Земцов В.В., Козлов В.А. Обновленная методика расчета продолжительности инсоляции помещений жилых и общественных зданий и территорий по инсоляционным графикам. *Жилищное строительство*. 2018; (6): 24–31. <https://elibrary.ru/xtaipr>
32. Земцов В.А., Шмаров И.А., Земцов В.В., Козлов В.А. Методика расчета продолжительности инсоляции помещений жилых и общественных зданий и территорий по солнечным картам. *Жилищное строительство*. 2018; (7): 32–7. <https://elibrary.ru/xukiyh>
33. Шмаров И.А., Земцов В.В. Экспериментальное определение продолжительности инсоляции с помощью широкоугольного объектива и солнечных карт с равнопромежуточной проекцией. *Жилищное строительство*. 2022; (10): 34–9. <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-10-34-39> <https://elibrary.ru/oxxyyf>
34. Андреева П.Н. Право человека на солнечный свет в зарубежных странах. *Юридическая наука и практика: Вестник Нижегородской академии МВД России*. 2019; (1): 228–34. <https://doi.org/10.24411/2078-5356-2019-10134> <https://elibrary.ru/aphxpt>
42. Каспарова Е.А., Ян Б., Бочарова Ю.А., Новиков И.А. Применение длинноволнового излучения видимого спектра для инактивации микроорганизмов. *Вестник офтальмологии*. 2020; 136(6): 42–9. <https://doi.org/10.17116/oftalma202013606142> <https://elibrary.ru/aoabua>
43. Гусев Н.М. *Естественное освещение и инсоляция зданий (нормирование, расчеты, проектирование)*. М.; 1968.
44. Майоров В.А. Оконные стекла-состояние и перспективы. *Оптика и спектроскопия*. 2018; 124(4): 559–73. <https://doi.org/10.21883/OS.2018.04.45759.240-17> <https://elibrary.ru/lapctr>
45. Халикова Ф.Р., Куприянов В.Н. Экспериментальные исследования проникновения УФ радиации через оконные стекла. *Вестник МГСУ*. 2011; (3–2): 30–5. <https://elibrary.ru/owcdfn>
46. Куприянов В.Н., Халикова Ф.Р. Пропускание ультрафиолетовой радиации оконными стеклами при различных углах падения. *Жилищное строительство*. 2012; (6): 64–5. <https://elibrary.ru/nrbbug>
47. Серебрякова М.В. Зарубежный опыт проектирования зданий с учетом требований инсоляции и солнцезащиты. *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2019; (9): 63–71. https://doi.org/10.34031/article_5da4538a5391f9.46809256 <https://elibrary.ru/gbbcvl>
48. Халикова Ф.Р. Методика определения относительной бактерицидной эффективности солнечного облучения на микрофлору жилых помещений. *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2013; (2): 139–43. <https://elibrary.ru/qitlch>
49. Данциг Н.М. Обоснование гигиенических требований к инсоляции помещений жилых и общественных зданий и жилой застройки населенных мест. *Гигиена и санитария*. 1968; 47(5): 18–20.

References

1. Eremine G.B., Lomtev A.Yu., Karelin A.O., Mozhukhina N.A., Frolova N.M., Borisova D.S., et al. *Ensuring Sanitary and Epidemiological Safety of Living Conditions [Obespechenie sanitarno-epidemiologicheskoi bezopasnosti uslovii prozhivaniya]*. St. Petersburg: Nauka; 2020. <https://elibrary.ru/lnvft> (in Russian)
2. Nazari M., Matusiak B., Stefani O. Utilising spectral lighting simulation technique for evaluating transmitted daylight through glazing: Exploring the non-visual effects and colour appearance. *Heliyon*. 2023; 9(10): e20436. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20436> <https://elibrary.ru/mgrwgp>

3. Lam M.I., Vojnits K., Zhao M., MacNaughton P., Pakpour S. The effect of indoor daylight spectrum and intensity on viability of indoor pathogens on different surface materials. *Indoor Air*. 2022; 32(7): e13076. <https://doi.org/10.1111/ina.13076> <https://elibrary.ru/lqerzk>
4. Fahimipour A.K., Hartmann E.M., Siemens A., Kline J., Levin D.A., Wilson H., et al. Daylight exposure modulates bacterial communities associated with household dust. *Microbiome*. 2018; 6(1): 175. <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0559-4> <https://elibrary.ru/aazisb>
5. Darula S. Review of the current state and prospects of standardization in the field of natural interior lighting. *Svetotekhnika*. 2019; (1): 6–20. <https://elibrary.ru/powunp> (in Russian)
6. Novikova I.I., Zubtsovskaya N.A., Lobkis M.A., Ivleva G.P. Hygienic standardization of daylight: problems, tasks, and international experience (literature review). *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2020; (3): 10–5. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-324-3-10-15> <https://elibrary.ru/staeww> (in Russian)
7. Dubynin N.V., Dubynin V.N. The Sun and Modern Housing. *Arkhitektura i vremya*. 2014; (4): 2–5. (in Russian)
8. Zolotozubov D.G., Karmanova O.S. Analysis of the impact of changes in insolation of apartments energy saving. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2016; 7(1): 82–92. <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2016.1.11> <https://elibrary.ru/vpzuxp> (in Russian)
9. Revich B.A. Urban planning and public health: analytical review. *Health Risk Analysis*. 2023; (1): 168–85. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.17> <https://elibrary.ru/duongk>
10. Shmarov I.A., Zemtsov V.V., Sladkova Yu.N., Popovskiy Yu.B. Residential buildings design in view of insolation requirements by Russian and European standards. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2025; (8): 3–10. <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2025-8-3-10> <https://elibrary.ru/jhgfyq> (in Russian)
11. Shmarov I.A., Zemtsov V.A., Korkina E.V. Insolation: practice of regulation and calculation. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2016; (7): 48–53. <https://elibrary.ru/whfuwd> (in Russian)
12. Andreeva P.N. Expert analysis of the quality of the legal regime of insolation in the Russian Federation. *Yuridicheskaya tekhnika*. 2022; (16): 531–4. <https://elibrary.ru/hoalxq> (in Russian)
13. Kupriyanov V.N., Khalikova F.R. Study of insolation premises. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2010; (3): 477–82. <https://elibrary.ru/ntlchr> (in Russian)
14. Andreeva P.N. The right of the individual to insolation: the content and development prospects. *Yuridicheskaya nauka i praktika: Vestnik Nizhegorodskoi akademii MVD Rossii*. 2017; (4): 239–46. <https://elibrary.ru/zxrfyf> (in Russian)
15. Sereda S.N. Effect of insolation on room microclimate. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*. 2021; (5–1): 93–8. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.107.5.015> <https://elibrary.ru/gxjixe> (in Russian)
16. Kupriyanov V.N., Sedova F.R. Justification and development of energy method for calculation of insolation of domestic premises. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2015; (5): 83–7. <https://elibrary.ru/ruocdl> (in Russian)
17. Timofeeva S.S., Kustov O.M. Insolation as a factor of litigation. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2015; (4): 105–10. <https://elibrary.ru/rtejxe> (in Russian)
18. Rimshin V.I., Kuzina E.S. Safety of light-climatic environment during construction in restrained urban conditions. *Vestnik MGSU*. 2017; 12(8): 917–23. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2017.8.917-923> <https://elibrary.ru/zfbxyv> (in Russian)
19. Andreeva P.N., Prihodko A.G. Insolation: concept, legislative regulation, role of architecture. *Svetotekhnika*. 2025; (2): 4–9. <https://elibrary.ru/xluhta> (in Russian)
20. Slukin V.M., Smirnov L.N. Providing standardized conditions of natural lighting in residential buildings in compacted urban development. *Akademicheskii vestnik UralNIIProekt RAASN*. 2011; (4): 75–7. <https://elibrary.ru/onjbnj> (in Russian)
21. Serebryakova M.V. Modern approaches of building design considering insolation requirements. *Sovremennoe stroitel'stvo i arkhitektura*. 2019; (2): 9–13. <https://doi.org/10.18454/mca.2019.14.4> <https://elibrary.ru/qpesbh> (in Russian)
22. Vasiliev Yu.V., Velikanova E.A., Dmitruk A.N., Korolevskaya A.V., Tuktarova M.M. On the Role of Insolation of Territories of the Russian Federation in the Dynamics of Population Incidence of Common Infectious Diseases. *Forcipe*. 2023; 6(S1): 111–2. <https://elibrary.ru/ecaick> (in Russian)
23. Rakhmanin Yu.A., Kalinina N.V., Gaponova E.B., Zagainova A.V., Nedachin A.E., Doskina T.V. Hygienic assessment of the safety and efficiency of using ultraviolet plants of the closed type for disinfection of the air environment in the rooms of inpatients facilities. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(8): 804–10. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-8-804-810> <https://elibrary.ru/vvaxbn> (in Russian)
24. Kriy V.E., Sladkova Yu.N., Sklyar D.N., Plekhanov V.P., Volchkova O.V. On safe placement of closed-type ultraviolet germicidal units (recirculators) in residential and public buildings. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2025; 33(5): 61–71. <https://elibrary.ru/mlbtva> (in Russian)
25. Sladkova Yu.N., Kriy V.E., Sklyar D.N., Volchkova O.V., Plekhanov V.P. Domestic and international standarding for the duration of insolation in residential and public buildings. In: *Actual Problems of Hygiene and Occupational Pathology: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th Anniversary of the Federal State Budgetary Institution «SSCC of Hygiene and Public Health» of Rosпотребnadzor (Aktual'nye problemy gigieny i propatologii: Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu FBUN «SZNTs gigieny i obshchestvennogo zdorov'ya» Rosпотребnadzor)*. St. Petersburg: Kost3D; 2024: 308–17. (in Russian)
26. Popovskii Yu.B. History of sanitary-and-epidemiologic regulation of residential houses insolation in USSR and Russian Federation. *Natsional'naya Assotsiatsiya Uchenyykh*. 2015; (6–3): 27–30. <https://elibrary.ru/xyginf> (in Russian)
27. Kupriyanov V.N., Sedova F.R. *Energy Method of Rationing and Calculation of Residential Space Insolation: Educational and Methodological Guide for Masters [Energeticheskii metod normirovaniya i rascheta insolyatsii zhilykh pomeshchenii: Uchebno-metodicheskoe posobie dlya magistrav]*. Kazan'; 2016. (in Russian)
28. Kupriyanov V.N., Khalikova F.R. Field investigation of the energy parameters of insolation of residential premises. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2012; (4): 139–47. <https://elibrary.ru/pmeaxx> (in Russian)
29. Shmarov I.A., Zemtsov V.A., Guskov A.S., Brazhnikova L.V. Insolation of premises as a means of limiting the spread of COVID-19, influenza, and acute respiratory viral infections in an urban environment. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2020; (4): 83–92. <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2020-4-83-92> <https://elibrary.ru/elvplh> (in Russian)
30. Kheyfets A.L. Influence of the date of calculation of the insolation duration on the parameters of a compacted building. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2019; 19(3): 61–70. <https://doi.org/10.14529/build190309> <https://elibrary.ru/rrierg> (in Russian)
31. Shmarov I.A., Zemtsov V.A., Zemtsov V.V., Kozlov V.A. Updated method of calculating time of sun effect duration for rooms of residential and public buildings and territories with insolation charts. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2018; (6): 24–31. <https://elibrary.ru/xtcaip> (in Russian)
32. Zemtsov V.A., Shmarov I.A., Zemtsov V.V., Kozlov V.A. Method of calculating time of sun effect duration for rooms of residential and public buildings and territories with solar maps. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2018; (7): 32–7. <https://elibrary.ru/xukiyh> (in Russian)
33. Shmarov I.A., Zemtsov V.V. Experimental determination of the duration of insolation using a wide-angle lens and solar maps with equidistant projection. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2022; (10): 34–9. <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-10-34-39> <https://elibrary.ru/oxxyyf> (in Russian)
34. Andreeva P.N. The human right to sunlight in foreign countries. *Yuridicheskaya nauka i praktika: Vestnik Nizhegorodskoi akademii MVD Rossii*. 2019; (1): 228–34. <https://doi.org/10.24411/2078-5356-2019-10134> <https://elibrary.ru/aphxpt> (in Russian)
35. Hraška J., Čurpek J. The practical implications of the EN 17037 minimum target daylight factor for building design and urban daylight in several European countries. *Heliyon*. 2023; 10(1): e23297. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23297> <https://elibrary.ru/spubxl>
36. Wirz-Justice A., Skene D.J., Münch M. The relevance of daylight for humans. *Biochem. Pharmacol.* 2021; 191: 114304. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2020.114304> <https://elibrary.ru/taamow>
37. Boubekri M., Lee J., MacNaughton P., Woo M., Schuyler L., Tinianov B., et al. The impact of optimized daylight and views on the sleep duration and cognitive performance of office workers. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020; 17(9): 3219. <https://doi.org/10.3390/ijerph17093219> <https://elibrary.ru/uuxtcq>
38. Aslanoglu R., Kazak J.K., Yekaniabbeiglu S., Pracki P., Ulusoy B. An international survey on residential lighting: Analysis of summer-term results. *Build. Environ.* 2023; 232: 109972. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109972> <https://elibrary.ru/qgdndal>
39. Zhen M., Du Y., Hong F., Bian G. Simulation analysis of natural lighting of residential buildings in Xi'an, China. *Sci. Total. Environ.* 2019; 690: 197–208. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.353>
40. Maduru V.R., Shaik S. Laminated glazing for buildings: energy saving, natural daylighting, and CO₂ emission mitigation prospective. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2022; 29(10): 14299–315. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16565-9> <https://elibrary.ru/qgoamj>
41. Ghaeili Ardabili N., Wang J., Wang N. A systematic literature review: building window's influence on indoor circadian health. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2023; 188: 113796. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113796> <https://elibrary.ru/bjyyw>
42. Kasparova E.A., Yang B., Bocharova Yu.A., Novikov I.A. Application of visible longwave radiation for inactivation of microorganisms. *Vestnik oftal'mologii*. 2020; 136(6): 42–9. <https://doi.org/10.17116/oftalma202013606142> <https://elibrary.ru/aoabua> (in Russian)
43. Gusev N.M. *Natural Lighting and Building Insolation (Standards, Calculations, and Design)*. [Estestvennoe osveshchenie i insolyatsiya zdaniy (normirovanie, raschet, projektirovanie)]. Moscow; 1968. (in Russian)
44. Maiorov V.A. Window glasses: state and prospects. *Optics and Spectroscopy*. 2018; 124(4): 559–73. <https://doi.org/10.1134/S0030400X18040112> <https://elibrary.ru/vbpupl>
45. Khalikova F.R., Kupriyanov V.N. Experimental studies of the penetration of UV radiation through window glass. *Vestnik MGSU*. 2011; (3–2): 30–5. <https://elibrary.ru/owcdfn> (in Russian)
46. Kupriyanov V.N., Khalikova F.R. Transmission of ultraviolet radiation by window glasses at different angles of incidence of the beam. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2012; (6): 64–5. <https://elibrary.ru/nrbbug> (in Russian)
47. Serebryakova M.V. Foreign experience of design of buildings subject to the requirements of insolation and sun protection. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2019; (9): 63–71. https://doi.org/10.34031/article_5da4538a5391f9.46809256 <https://elibrary.ru/gbbvci> (in Russian)
48. Khalikova F.R. Method of determining the relative bactericidal efficiency of solar radiation on the indoor environment. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2013; (2): 139–43. <https://elibrary.ru/qitlxc> (in Russian)

49. Dantsig N.M. Substantiation of hygienic requirements to insulation of premises in apartment houses and public buildings and residential blocks.

Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal). 1968; 47(5): 18–20. (in Russian)

Сведения об авторах

Крийт Владимир Евгеньевич, канд. хим. наук, доктор биол. наук, зам. директора по научной работе, руководитель отд. физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: v.kriit@s-znc.ru

Сладкова Юлия Николаевна, ст. науч. сотр. отд. физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: j.sladkova@s-znc.ru

Шмаров Игорь Александрович, советник РААСН, канд. техн. наук, гл. науч. сотр. лаб. «Строительная светотехника» НИИСФ РААСН, 127238, Москва, Россия. E-mail: shmarovigor@yandex.ru

Волчкова Ольга Валентиновна, науч. сотр. отд. физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: o.volchkova@s-znc.ru

About the authors

Vladimir E. Kriit, PhD (Chemistry), Sc (Biology), Deputy Director for Research, Head of the Department of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1530-4598> E-mail: v.kriit@s-znc.ru

Yulia N. Sladkova, senior researcher, Department of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1745-2663> E-mail: j.sladkova@s-znc.ru

Igor A. Shmarov, Advisor to the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, PhD (Engineering), Chief Researcher of the Laboratory of Building Lighting Engineering, Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, 127238, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0001-1812-4082> E-mail: shmarovigor@yandex.ru

Olga V. Volchkova, researcher, Department of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1033-5165> E-mail: o.volchkova@s-znc.ru



Сюрин С.А.¹, Ковшов А.А.^{1,2}

Профессиональное здоровье медицинских работников Мурманской области

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия;

²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Сохранение здоровья медицинских работников с учётом социальной значимости их профессиональной деятельности входит в число приоритетных задач медицины труда.

Цель исследования — выявление изменений условий труда и профессионального здоровья работников медицинских учреждений Мурманской области в 1988–2023 гг.

Материалы и методы. Выполнен анализ вредных производственных факторов и всех зарегистрированных случаев профессиональной патологии ($n = 73$) у медицинских работников ($n = 55$) Мурманской области. Использованы материалы социально-гигиенического мониторинга Роспотребнадзора «Условия труда и профессиональная заболеваемость населения» и областного реестра профессиональной патологии. При статистическом анализе использованы критерии согласия (χ^2) и аппроксимации (R^2), относительный риск (ОР) и 95%-й доверительный интервал (ДИ), t -критерий Стьюдента (Microsoft Excel 2016).

Результаты. Установлено, что профессиональные болезни (ПБ) у медицинских работников вызывали инфекционные факторы (37%), вредные химические вещества (28,8%), тяжесть труда выше допустимого уровня (31,5%) и вибрация (2,7%). Выявлены особенности развития, нозологии и числа ПБ у медицинских работников трёх категорий: врачей, среднего и младшего персонала. Несмотря на изменение ежегодного числа ПБ и заболевших работников (от 0 до 12 случаев), оба показателя за 36 лет демонстрировали слабую тенденцию к росту: $R^2 = 0,025$ и $R^2 = 0,029$. Средний уровень профессиональной заболеваемости медицинских работников Мурманской области в 1988–2023 гг. был в 5,5–12 раз ниже регионального показателя: 0,9 случая на 10 000 работников.

Ограничение исследования. Возможность регистрации в других регионах России ПБ, сформировавшихся в Мурманской области.

Заключение. Выявленные особенности формирования, нозологической структуры и показателей заболеваемости могут быть использованы для актуализации мер профилактики.

Ключевые слова: вредные производственные факторы; учреждения здравоохранения; врачи; средний и младший персонал; профессиональное здоровье; Мурманская область

Соблюдение этических стандартов. Данное исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Сюрин С.А., Ковшов А.А. Профессиональное здоровье медицинских работников Мурманской области. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(8): 863–868. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-863-868> <https://elibrary.ru/fqkqub>

Для корреспонденции: Сюрин Сергей Алексеевич, e-mail: kola.reslab@mail.ru

Вклад авторов: Сюрин С.А. — концепция и дизайн исследования, сбор данных, подготовка рукописи; Ковшов А.А. — анализ и интерпретация результатов, подготовка рукописи. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи и ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Поступила: 07.10.2025 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Sergei A. Syurin¹, Aleksandr A. Kovshov^{1,2}

Occupational health in medical workers in the Murmansk region

¹North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation;

²North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Maintaining the health in medical workers, given the social significance of their occupational activities, is one of the priority tasks of occupational medicine.

The aim. To identify trends in working conditions and in the occupational health status in medical workers in the Murmansk region in 1988–2023.

Materials and methods. We performed an analysis of production hazards and of all registered occupational ill-health cases ($n = 73$) in medical workers ($n = 55$) of the Murmansk region. The information came from the of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing social and hygienic monitoring “The population working conditions and occupational morbidity” and the regional occupational ill-health registry. The statistical analysis used the criteria of agreement (χ^2) and approximation (R^2), relative risk (RR) and 95% confidence interval (CI), Student's t -test (Microsoft Excel 2016).

Results. Occupational diseases (OD) in healthcare workers were established to be caused by infectious factors (37.0%), harmful chemicals (28.8%), higher than permissible workload (31.5%) and vibration (2.7%). We revealed features of development, nosology, and prevalence of occupational diseases in health workers of three categories: in medical doctors, middle and junior personnel. Despite changes in the annual number of diseases and sick workers (from zero to 12 cases), both indicators demonstrated only a weak upward trend: $R^2 = 0.025$ and $R^2 = 0.029$. Over 1988–2023, the average occupational morbidity rate in health workers in the Murmansk region was 0.90 cases per 10,000 workers, which was 6–12 times less than in the region.

Limitations. The possibility of registering diseases that originated in the Murmansk region in other regions of Russia.

Conclusion. The newly established data on progress of pathological changes, nosology and morbidity rates can be used for updating prevention of occupational ill-health in medical workers of the Murmansk region.

Keywords: harmful production factors; healthcare institutions; doctors; middle and junior staff; occupational ill-health; Murmansk region

Compliance with ethical standards. Ethics approval was not required for this study.

For citation: Syurin S.A., Kovshov A.A. Occupational health in medical workers in the Murmansk region. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(8): 863–868. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-863-868> <https://elibrary.ru/fqkqub> (In Russ.)

For correspondence: Sergei A. Syurin, e-mail: kola.reslab@mail.ru

Contribution: Syurin S.A. — study conception and design, data collection, manuscript writing; Kovshov A.A. — analysis and interpretation of results, manuscript writing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: October 10, 2025 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

Введение

Труд медицинских работников считается одним из наиболее сложных и ответственных видов профессиональной деятельности человека. В мировой системе здравоохранения заняты более 136 млн человек, однако большинство стран, в том числе Россия, испытывает нехватку медицинских кадров¹. Дефицит медицинских работников особенно характерен для отдалённых территорий Российской Федерации с недостаточно развитой инфраструктурой и суровыми климатическими условиями. К таким субъектам относится и Мурманская область. Число медицинских работников на 10 000 человек (20,7 врача и 70,6 человека среднего медицинского персонала [1]) считается одним из показателей развитой национальной системы медицинской помощи населению.

Основными причинами глобального недостатка медицинских специалистов являются сложность, длительность и, как следствие, высокая стоимость их профессиональной подготовки. Есть и дополнительные факторы, затрудняющие преодоление данной проблемы. Это профессиональные болезни (ПБ), сокращающие или досрочно прекращающие трудовую деятельность работников здравоохранения [2–4]. Известно, что оказание любой медицинской помощи сопряжено с воздействием на персонал лечебно-профилактических учреждений ряда вредных производственных факторов [5–7]. В их число входят инфекционные патогены, ионизирующее и неионизирующее излучение, различные химические вещества, в том числе канцерогены, локальная вибрация, повышенная тяжесть и напряжённость трудовых процессов [8–10]. В настоящее время наибольший риск для профессионального здоровья работников здравоохранения создаёт инфекционный фактор [5, 11, 12]. В России это в первую очередь вирусы гепатита и иммунодефицита человека, микобактерии туберкулёза. В период пандемии (с 2020 г.) как глобально, так и в России доминировала новая коронавирусная инфекция (COVID-19) [12–14].

Уровень профессиональной заболеваемости медицинских работников оценивается многими авторами как высокий и даже сопоставимый с показателями рабочих промышленных предприятий с вредными условиями труда [4]. Так, в некоторых субъектах Российской Федерации здравоохранение занимает пятое место по уровню профессиональной заболеваемости среди всех видов экономической деятельности [3].

Однако официальные данные расходятся с результатами этих исследований. В течение многих лет (исключая период пандемии COVID-19) показатели заболеваемости у медицинских работников были ниже общероссийских для разных видов экономической деятельности².

Оценку реальных рисков развития ПБ и уровня профессиональной заболеваемости работников здравоохранения затрудняет значительная разница региональных показателей (не анализируются данные периода пандемии COVID-19) [15–18]. В ряде субъектов (Ивановская, Владимирская, Костромская области, Республика Дагестан) ПБ у медицинских работников не диагностировались^{3,4}. Низкий уровень заболеваемости (0,2–0,23 на 10 000 работников) в последние годы отмечен в Татарстане. Более высокие показатели с тенденцией к снижению регистрировались в Республике Башкортостан (0,47–1,53), Самарской (2,5–2,9) и Мурманской (до 1,3) областях [17, 19]. В Иркутской области заболеваемость была значительно выше (3,1–6,5 на 10 000 работников) и имела тенденцию к повышению [20].

¹ World Health Organization (WHO). Occupational health: health workers. https://www.who.int/occupational_health/topics/hcworkers/en/

² О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2024.

³ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2019.

⁴ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2020.

Цель исследования — выявление изменений условий труда и состояния профессионального здоровья работников медицинских учреждений Мурманской области в 1988–2023 гг.

Материалы и методы

Проведено аналитическое исследование данных о вредных производственных факторах на всех официально зарегистрированных рабочих местах в лечебно-профилактических учреждениях Мурманской области и всех официально зарегистрированных в 1988–2023 гг. случаях первичной профессиональной патологии ($n = 73$) у медицинских работников ($n = 55$) Мурманской области. Источниками информации послужили материалы социально-гигиенического мониторинга Роспотребнадзора по разделу «Условия труда и профессиональная заболеваемость населения» и областного реестра профессиональной патологии. Изучена связь профессиональных нарушений здоровья с возрастом, стажем и условиями труда работников трёх категорий: врачи, средний и младший медицинский персонал. Для оценки динамики показателей выделены три периода наблюдения: 1988–1999, 2000–2011 и 2012–2023 гг.

Исследование не требовало одобрения локального комитета по биомедицинской этике, так как не имело экспериментальной части и заключалось в анализе документов, не содержащих персональной информации.

Статистическая обработка (программы Microsoft Excel 2016 и IBM SPSS Statistics v.22) включала определение относительного риска (ОР) и 95%-го доверительного интервала (ДИ), критериев согласия (χ^2) и аппроксимации (R^2), парного t -критерия Стьюдента. С учётом нормального распределения в выборках с количественными данными (по критерию Колмогорова — Смирнова) применяли параметрические методы исследования. Для характеристики цифровых показателей использованы абсолютные и процентные значения, среднее арифметическое и его стандартная ошибка ($M \pm m$). Уровень значимости нулевой гипотезы менее 0,05 принимался как критический.

Результаты

В 1988–2023 гг. численность персонала лечебных учреждений Мурманской области, имевшего вредные условия труда, составляла в среднем 22 619 чел./год. Эти лица чаще всего подвергались сочетанному воздействию двух или более вредных производственных факторов. Из отдельных факторов наиболее распространёнными были биологические и химические, а также неионизирующие электромагнитные поля (ЭМП) и излучения. Доля каждого из факторов в их общей структуре представлена на **рис. 1**.

В 1988–2023 гг. 73 ПБ были впервые диагностированы у 55 работников здравоохранения, из которых 9 (16,4%) мужчин и 46 (83,6%) женщин; средний возраст $53,1 \pm 1,3$ года, средний стаж $25,3 \pm 1,6$ года соответственно. Одно ПБ выявлено у 41 работника, два — у 11, три — у двух и четыре — у одного работника. Среди всех лиц с профессиональной патологией доля медицинских работников составила 1,36%, а доля выявленных у них ПБ — 0,97% всех патологий. Из указанных 55 работников 16 (29,1%) были врачами, 27 (49,1%) — средними медицинскими работниками, 12 (21,8%) — младшими медицинскими и немедицинскими работниками (водители машин скорой помощи).

В 1988–2023 гг. отмечалась выраженная вариабельность ежегодного числа медицинских работников с ПБ и числа этих патологий. Так, в течение четырёх лет (1992–1993 и 2022–2023 гг.) не диагностировали ни одной ПБ. В остальные 32 года оба показателя колебались от одного до 12 случаев. При этом за весь 36-летний период отмечена слабая тенденция к их росту: $R^2 = 0,025$ и $R^2 = 0,029$ (**рис. 2**).

Причинами развития ПБ в 27 (37%) случаях были биологические факторы, в 23 (31,5%) — тяжесть труда, в 21 (28,8%) — химические факторы и в двух (2,7%) случаях — локальная

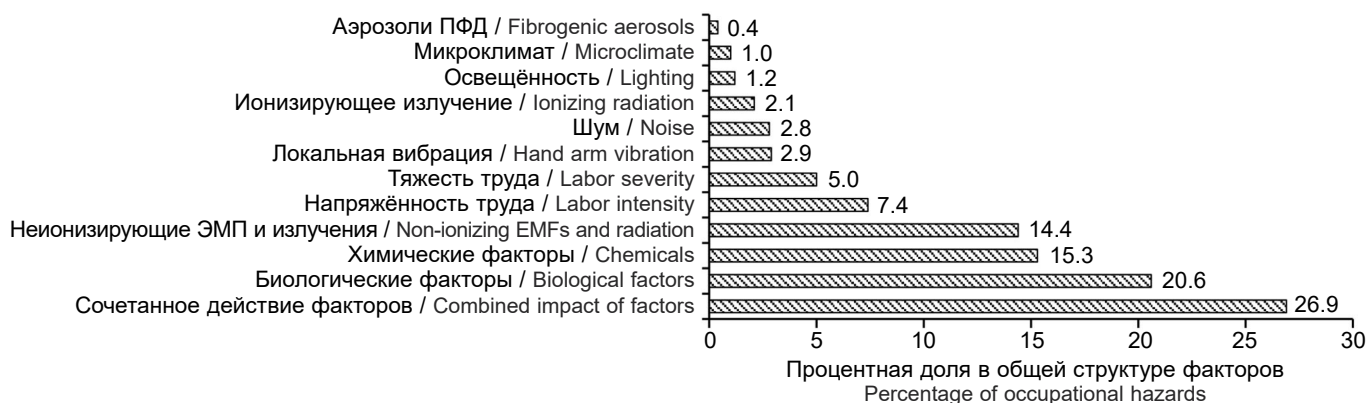


Рис. 1. Структура вредных производственных факторов, воздействующих на медицинских работников.

ПФД – преимущественно фиброгенного действия; ЭМП – электромагнитное поле.

Fig. 1. Structure of occupational hazards affecting health workers. ПФД – presumably of fibrogenic action, ЭМП – electromagnetic field.

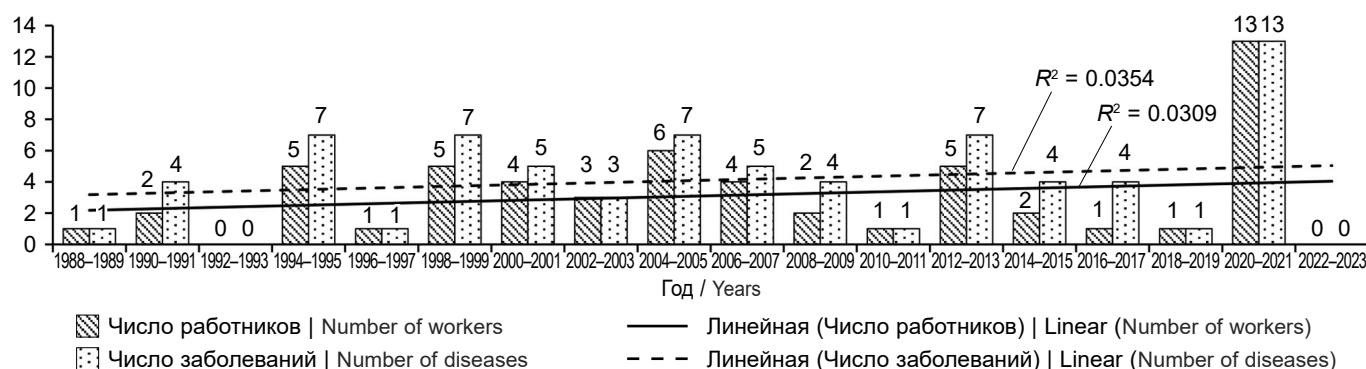


Рис. 2. Число медицинских работников с профессиональной патологией и их профессиональных болезней в 1988–2023 гг.

Fig. 2. The number of health workers with occupational pathology and the number of occupational diseases in 1988–2023.

вибрация. Биологические факторы обусловили 12 случаев COVID-19, 10 случаев туберкулёза лёгких и 5 случаев вирусного гепатита. Воздействием химических веществ были обусловлены экзема и дерматит ($n = 6$), хронический ринофарингит ($n = 6$), бронхиальная астма ($n = 5$), хронический бронхит ($n = 2$), крапивница (один случай). При повышенной тяжести труда было характерно наличие у одного медицинского работника нескольких ПБ (до четырёх нозологических единиц). Болезни костно-мышечной системы были представлены эпикондилитом плечевой кости ($n = 5$), рефлекторными вертеброгенными синдромами ($n = 4$), радикулопатией шейно-плечевого уровня ($n = 3$), миофасцитом разгибателей предплечья, двусторонним плечелопаточным периартрозом, миофиброзом предплечий ($n = 2$), остеоартрозом плечевого сустава (один случай). Болезни нервной системы были представлены вегетосенсорной полиневропатией, синдромами кистевого туннеля и запястного канала (по одному случаю). Последствия воздействия вибрации трактовались как вибрационная болезнь и ангионевроз верхних конечностей.

Минимальный стаж, при котором была выявлена ПБ, составил три года (санитарка противотуберкулёзного диспансера), а максимальный – 45 лет (зубной врач). Период работы при повышенной тяжести труда, предшествовавший ПБ, был максимальным и составлял $29,2 \pm 1,9$ года. При экспозиции химическими факторами этот период был равен $21,8 \pm 2,7$ года, а при действии биологических агентов – $17,3 \pm 2,9$ года, то есть меньше, чем при повышенной тяжести труда ($p < 0,05$).

Демографические показатели, причины развития, структура и распространённость ПБ в трёх выделенных группах имели существенные различия (табл. 1). Так, среди врачей

по сравнению со средними медицинскими работниками было больше мужчин ($p < 0,001$), и они имели больший трудовой стаж при установлении ПБ по сравнению с младшими медицинскими работниками ($p = 0,045$).

Основной причиной возникновения ПБ у младших медицинских работников и врачей являлись инфекционные факторы, причём у младшего персонала их доля была больше, чем у врачей ($p = 0,044$) и среднего медицинского персонала ($p < 0,001$). Кроме того, у врачей доля воздействий инфекционных факторов превышала показатель у средних медицинских работников ($p = 0,004$). Развитие ПБ, обусловленных тяжестью трудового процесса, чаще отмечалось у врачей и среднего медицинского персонала, нежели у младших медицинских работников: $p = 0,036$ и $p = 0,012$. Доля вредных химических веществ в формировании ПЗ у среднего медицинского персонала была больше, чем у врачей ($p = 0,033$).

Представленные данные показывают, что из одиннадцати вредных факторов, воздействию которых подвергались медицинские работники, развитие ПБ вызывали только четыре. При этом биологические факторы обусловили формирование ПБ у 27 работников, химические – у 15, повышенная тяжесть труда – у 11 и локальная вибрация – у двух. Однако с учётом общего числа работников, экспонированных к каждому из вышеуказанных факторов, риск развития ПБ инфекционной этиологии был не выше, чем при воздействии химических факторов (ОР = 1,33; ДИ 0,71–2,5), повышенной тяжести труда (ОР = 1,68; ДИ 0,84–3,37) и локальной вибрации (ОР = 1,87; ДИ 0,45–7,84).

В структуре ПБ у врачей и среднего персонала доля костно-мышечных болезней была больше, чем у младшего персонала: $p = 0,03$ и $p = 0,013$. Характер нарушений здоровья

Таблица 1 / Table 1

Демографические и клинические показатели трёх групп медицинских работников
Demographic and clinical indicators in three groups of health workers

Показатель Indicator		Группа медицинских работников Group of medical workers		
		Врачи Doctors	Средний персонал Mid-level staff	Младший персонал Junior staff
Мужчины, человек (%) / Males, n (%)		8 (50.0)	0*	2 (16.7)
Женщины, человек (%) / Females, n (%)		8 (50.0)	27 (100.0)*	10 (83.3)
Средний возраст, лет / Mean age, yrs		56.5 ± 2.6	50.4 ± 1.9	53.9 ± 2.7
Средний стаж, лет / Mean work experience, yrs		30.0 ± 2.6	25.0 ± 2.2	20.5 ± 3.7**
Причины профессиональных болезней, случаи (%) Causes of occupational diseases, cases (%)	Биологические факторы / Biological factors	10 (50.0)	6 (15.0)*	11 (84.6)**, ***
	Тяжесть труда / Labor severity	8 (40.0)	15 (37.5)	0**, ***
	Химические факторы / Chemicals	2 (10.0)	17 (42.5)*	2 (15.4)
	Локальная вибрация / Hand-arm vibration	0	2 (5.0)	0
Классы профессиональной патологии, случаи (%) Categories of occupational diseases, cases (%)	Инфекционные болезни / Infectious diseases	10 (50.0)	6 (15.0)	11 (84.6)
	Болезни костно-мышечной системы / Musculoskeletal diseases	6 (30.0)	13 (32.5)	0**, ***
	Болезни органов дыхания / Respiratory diseases	1 (5.0)	11 (27.5)*	1 (7.7)
	Болезни кожи / Skin diseases	0	7 (17.5)	1 (7.7)
	Болезни нервной системы / Nervous diseases	1 (5.0)	3 (7.5)	0
	Травмы, отравления и другие последствия внешних воздействий Injuries, poisoning and other consequences of external influences	2 (10.0)	0	0
Число болезней у одного работника / Number of diseases per worker		1.25 ± 0.11	1.48 ± 0.15	1.08 ± 0.093***

Примечание. Здесь и в табл. 2: значимые различия ($p < 0.05$): * — между врачами и средним персоналом; ** — между врачами и младшим персоналом; *** — между средним и младшим персоналом

Note: Here and in Table 2: significant differences ($p < 0.05$): * — between doctors and mid-level staff; ** — between doctors and junior staff; *** — between mid-level and junior staff.

Таблица 2 / Table 2

Демографические и клинические показатели медицинских работников в различные периоды наблюдения
Demographic and clinical indicators of health workers in different study periods

Показатель Indicator		Период наблюдения, годы Study period, years		
		1988–1999	2000–2011	2012–2023
Мужчины, человек (%) / Males, n (%)		0	4 (20.0)	5 (23.8)
Женщины, человек (%) / Females, n (%)		14 (100.0)	16 (80.0)	16 (76.2)
Средний возраст, лет / Mean age, yrs		48.6 ± 2.7	50.3 ± 2.0	58.0 ± 2.2**, ***
Средний стаж, лет / Mean work experience, yrs		21.1 ± 3.5	22.3 ± 2.5	30.6 ± 2.5**, ***
Врачи, чел. (%) / Doctors, n (%)		2 (14.3)	7 (35.0)	7 (33.3)
Средний медицинский персонал, чел. (%) / Mid-level staff, n (%)		9 (64.3)	8 (40.0)	10 (47.6)
Младший медицинский и немедицинский персонал, чел. (%) / Junior staff, n (%)		3 (21.4)	5 (25.0)	4 (19.0)
Причины профессиональных болезней, случаи (%) Causes of occupational diseases, cases (%)	Биологические факторы / Biological factors	6 (30.0)	8 (32.0)	13 (46.4)
	Тяжесть труда / Labor severity	6 (30.0)	7 (28.0)	10 (35.7)
	Химические факторы / Chemicals	7 (35.0)	10 (40.0)	4 (14.3)***
	Локальная вибрация / Hand-arm vibration	1 (5.0)	0	1 (3.6)
Классы профессиональной патологии, случаи (%) Categories of occupational diseases, cases (%)	Инфекционные болезни / Infectious diseases	4 (20.0)	10 (40.0)	13 (46.4)
	Болезни костно-мышечной системы / Musculoskeletal diseases	5 (25.0)	5 (20.0)	9 (32.1)
	Болезни органов дыхания / Respiratory diseases	5 (25.0)	7 (28.0)	1 (3.6)***, **
	Болезни кожи / Skin diseases	2 (10.0)	3 (12.0)	2 (7.1)
	Болезни нервной системы / Nervous diseases	3 (15.0)	0*	2 (7.1)
	Травмы, отравления и другие последствия внешних воздействий Injuries, poisoning and other consequences of external influences	1 (5.0)	0	1 (3.6)
Число болезней у одного работника / Number of diseases per worker		1.43 ± 0.12	1.25 ± 0.10	1.33 ± 0.08

среднего персонала отличался от такового у врачей большей долей болезней органов дыхания ($p = 0,01$), а от младшего персонала — большим количеством ПБ, диагностируемых у одного работника ($p = 0,028$).

Проведён анализ изменений за 36 лет демографических и клинических показателей заболевших медицинских работников в трёх двенадцатилетних периодах: 1988–1999, 2000–2011 и 2012–2023 гг. (табл. 2). По сравнению с 1988–1999 гг. установлено увеличение возраста ($p = 0,011$) и стажа ($p = 0,034$) на момент выявления ПБ в 2012–2023 гг. В 2017–2023 гг. по сравнению с 2000–2011 гг. уменьшилась доля химических веществ в структуре вредных факторов, вызывавших развитие ПБ ($p = 0,035$). Среди ПБ отмечено снижение долей болезней нервной системы ($p = 0,046$) в 2000–2011 гг. и органов дыхания ($p = 0,027$) в 2012–2023 гг. Число ПБ, диагностированных у одного работника, значимо не изменилось. Средний показатель профессиональной заболеваемости медицинских работников в 1988–2023 гг. составил 0,9 случая на 10 000 работников.

Доля инфекционных заболеваний в структуре профессиональной патологии в 1988–2023 гг. существенно не изменилась, но произошла полная смена нозологических форм заболеваний. В 1988–1999 и 2000–2011 гг. диагностировались туберкулёз органов дыхания и вирусный гепатит. Последний случай лёгочного туберкулёза был выявлен в 2005 г., а последний случай хронического вирусного гепатита типа В — в 2013 г.

Обсуждение

Прежде всего заслуживают внимания и обсуждения особенности причин развития и характера профессиональных нарушений здоровья у врачей, среднего и младшего медицинского персонала лечебных учреждений. Из этих особенностей нужно отметить высокую долю заболеваний инфекционной этиологии у младшего персонала, включая водителей машин скорой помощи, и врачей: почти 90 и 50% соответственно. И если доминирование инфекционной патологии у младшего персонала может быть обусловлено несоблюдением мер профилактики [2, 11], то у врачей, особенно в пандемию COVID-19, такое объяснение вряд ли может быть убедительным. В этой связи нужно отметить, что у медицинских сестёр доля ПБ инфекционной этиологии составила только 15% при не менее тесном контакте с пациентами, чем у других медицинских работников.

По данным ряда исследований, профессиональная патология у медицинских сестёр имеет также другие отличия [4, 14, 15]. Выполненное исследование подтвердило, что ведущей причиной развития ПБ у них является контакт

с вредными химическими веществами, а в структуре патологии более значительные доли имеют болезни органов дыхания. Также важно большее число ПБ у одного работника по сравнению с младшим медицинским персоналом. Эти особенности должны учитываться при разработке и проведении профилактических мероприятий у данной категории работников.

Ежегодное число ПБ у медицинских работников в 1988–2023 гг. варьировало в широком диапазоне от их отсутствия до 12 случаев в период пандемии COVID-19. В 2022–2023 гг. не было выявлено ни одного ПБ, что может свидетельствовать о трудностях их диагностики при перегрузке системы здравоохранения и возникновении «отложенных» случаев патологии [13].

Установленный уровень заболеваемости работников лечебных учреждений в Мурманской области (0,9 случая на 10 000 работников) мало отличался от данных предыдущего исследования (0,64 случая на 10 000 работников) за период 1978–2017 гг. [14]. Важно, что он был в 5,5–12 раз ниже, чем общий региональный показатель, а также близок к уровню национальных показателей заболеваемости медицинских работников. Основным же отличием результатов данного и предыдущего исследований можно считать выход биологических факторов на первое место в структуре причин развития ПБ (ранее — третье место) и смену нозологии профессиональных инфекционных болезней с туберкулёза и вирусного гепатита на COVID-19 [19].

Необходимо отметить в 2012–2023 гг. увеличение возраста и стажа работников на момент выявления у них ПБ. Данный феномен нуждается в изучении и объяснении, так как определялся и в других отраслях экономики Мурманской области [21].

Заключение

У медицинских работников Мурманской области в 1988–2023 гг. основную угрозу развития профессиональных болезней создавали инфекционные факторы (37%), повышенная тяжесть труда (31,5%) и вредные химические вещества (28,8%). Установлены особенности причин развития, структуры и распространённости ПБ у врачей, среднего и младшего медицинского персонала. Выявлена полная смена в течение 36 лет структуры инфекционных факторов: от туберкулёзной инфекции и вирусного гепатита к новой коронавирусной инфекции. Полученные сведения об изменениях причин развития и нозологии профессиональной патологии целесообразно использовать при проведении мероприятий, направленных на сохранение здоровья работников медицинских учреждений Мурманской области.

Литература

- GBD 2019 Human Resources for Health Collaborators. Measuring the availability of human resources for health and its relationship to universal health coverage for 204 countries and territories from 1990 to 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*. 2022; 399(10341): 2129–54. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)00532-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)00532-3) <https://elibrary.ru/ylemis>
- Гатиятуллина Л.Л. Состояние здоровья медицинских работников. *Вестник современной клинической медицины*. 2016; 9(3): 69–75. [https://doi.org/10.20969/VSKM.2016.9\(3\).69-75](https://doi.org/10.20969/VSKM.2016.9(3).69-75) <https://elibrary.ru/tuomew>
- Ермолина Т.А., Мартынова Н.А., Калинин А.Г., Красильников С.В. Состояние здоровья медицинских работников. Обзор литературы. *Вестник новых медицинских технологий*. 2012; 19(3): 197–201. <https://elibrary.ru/pewhlf>
- Клярская И.Л., Максимова Е.В., Жукова Н.В., Григоренко Е.И., Мошко Ю.А. Профессиональные заболевания медицинских работников. *Крымский терапевтический журнал*. 2019; (3): 5–11. <https://elibrary.ru/urjgrq>
- Бектасова М.В., Капцов В.А., Шепарев А.А. Профессиональная заболеваемость медицинских работников Приморского края (2005–2014 гг.). *Гигиена и санитария*. 2017; 96(3): 258–60. <https://elibrary.ru/yhswoj>
- Петрухин Н.Н. Профессиональная заболеваемость медработников в России и за рубежом (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2021; 100(8): 845–50. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-845-850> <https://elibrary.ru/aswuel>
- Che Huei L., Ya-Wen L., Chiu Ming Y., Li Chen H., Jong Yi W., Ming Hung L. Occupational health and safety hazards faced by healthcare professionals in Taiwan: A systematic review of risk factors and control strategies. *SAGE Open Med*. 2020; 8: 2050312120918999. <https://doi.org/10.1177/2050312120918999> <https://elibrary.ru/oukaw1>
- Сюрин С.А. Профессиональная патология у работников здравоохранения в Арктической зоне Российской Федерации (2007–2021 гг.). *Российская Арктика*. 2022; (3): 56–69. <https://elibrary.ru/nkdf1k>
- Kumar A., Panigrahi A. Occupational health hazards among health care personnel working in public health facilities in Bhubaneswar, India. *J. Public Health (Berl.)* 2021; 29: 633–9. <https://doi.org/10.1007/s10389-019-01167-0>
- Mossburg S., Agore A., Nkimbeng M., Commodore-Mensah Y. Occupational hazards among healthcare workers in Africa: a systematic review. *Ann. Glob. Health*. 2019; 85(1): 78. <https://doi.org/10.5334/aogh.2434>
- Гарипова Р.В., Стрижаков Л.А., Умбетова К.Т., Сафина К.Р. Профессиональные заболевания медицинских работников от воздействия инфекционных агентов: современное состояние проблемы. *Медицина труда и промышленная экология*. 2021; 61(1): 13–7. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-1-13-17> <https://elibrary.ru/fbyxcj>
- Горбянский Ю.Ю., Рамазанова Э.Р., Контарович Е.П., Понамарева О.П. Задачи медицины труда в период пандемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19). *Медицинский вестник Юга России*. 2023; 14(1): 101–11. <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2023-14-1-101-111> <https://elibrary.ru/hphmhh>

13. Ступак В.С., Зубко А.В., Маношкина Е.М., Кобыкова О.С., Деев И.А., Енина Е.Н. Здравоохранение России в период пандемии COVID-19: вызовы, системные проблемы и решение первоочередных задач. *Профилактическая медицина*. 2022; 25(11): 21–7. <https://doi.org/10.17116/profmed2022511121> <https://elibrary.ru/izobgl>
14. Туков А.Р., Кретов А.С., Вьюнова А.А., Власова И.В. Профессиональная заболеваемость коронавирусной инфекцией среди работников учреждений здравоохранения ФМБА России. *Инфекционные болезни: Новости. Мнения. Обучение*. 2023; 12(2): 23–8. <https://doi.org/10.33029/2305-3496-2023-12-2-23-28> <https://elibrary.ru/ofyuyy>
15. Бабанов С.А., Азовская Т.А., Васюкова Г.Ф., Лотков В.С., Лаврентьева Н.Е., Будах Д.С. и др. Профессиональная заболеваемость в Самарской области. *Санитарный врач*. 2018; (5): 25–30. <https://elibrary.ru/ovwzmf>
16. Гарипова Р.В., Берхеева З.М. Анализ профессиональной заболеваемости медицинских работников Республики Татарстан. *Медицина труда и экология человека*. 2015; (4): 107–13. <https://elibrary.ru/uwallz>
17. Карамова Л.М., Валеева Э.Т., Власова Н.В., Хафизова А.С. О профессиональных заболеваниях медицинских работников в Республике Башкортостан. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(11): 1250–5. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1250-1255> <https://elibrary.ru/meydit>
18. Омариева Э.Я., Алжанбекова И.Г. Профессиональная заболеваемость в Республике Дагестан. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; (9): 143–4. <https://elibrary.ru/vrkxna>
19. Сюрин С.А. Условия труда и профессиональная заболеваемость медицинских работников Мурманской области. *Санитарный врач*. 2019; (1): 28–31. <https://elibrary.ru/vrkxna>
20. Панков В.А., Кулешова М.В. Профессиональная заболеваемость и производственный травматизм в здравоохранении Иркутской области. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(8): 839–44. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-839-844> <https://elibrary.ru/lxosbk>
21. Сюрин С.А., Кизеев А.Н., Полякова Е.М. Особенности профессиональной патологии в Мурманской области в 2007–2021 гг. *Российская Арктика*. 2023; 5(1): 20–32. <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-1-20-32> <https://elibrary.ru/bgsdyt>

References

1. GBD 2019 Human Resources for Health Collaborators. Measuring the availability of human resources for health and its relationship to universal health coverage for 204 countries and territories from 1990 to 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*. 2022; 399(10341): 2129–54. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)00532-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)00532-3) <https://elibrary.ru/ylemis>
2. Gatiyatullina L.L. Health status of medical professionals. *Vestnik sovremennoi klinicheskoi meditsiny*. 2016; 9(3): 69–75. [https://doi.org/10.20969/VSKM.2016.9\(3\).69-75](https://doi.org/10.20969/VSKM.2016.9(3).69-75) <https://elibrary.ru/tuomew> (in Russian)
3. Yermolina T.A., Martynova N.A., Kalinin A.G., Krasilnikov S.V. Medical workers' state of health; literature review. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii*. 2012; 19(3): 197–201. <https://elibrary.ru/pewhlf> (in Russian)
4. Klyaritskaya I.L., Maksimova E.V., Zhukova N.V., Grigorenko E.I., Moshko Yu.A. Professional diseases of medical workers. *Krymskii terapevicheskii zhurnal*. 2019; (3): 5–11. <https://elibrary.ru/urjgrq> (in Russian)
5. Bektasova M.V., Kapsov V.A., Sheparev A.A. Occupational morbidity of medical workers in Primorsky Krai (2005–2014). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(3): 258–60. <https://elibrary.ru/yhswoj> (in Russian)
6. Petrukhin N.N. Prevalence of occupational morbidity among healthcare workers in the Russian Federation and abroad (literature review). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(8): 845–50. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-845-850> <https://elibrary.ru/aswucl> (in Russian)
7. Che Huei L., Ya-Wen L., Chiu Ming Y., Li Chen H., Jong Yi W., Ming Hung L. Occupational health and safety hazards faced by healthcare professionals in Taiwan: A systematic review of risk factors and control strategies. *SAGE Open Med*. 2020; 8: 2050312120918999. <https://doi.org/10.1177/2050312120918999> <https://elibrary.ru/oukaw1>
8. Syurin S.A. Occupational diseases of healthcare workers in the Russian Arctic (2007–2021). *Rossiiskaya Arktika*. 2022; (3): 56–69. <https://elibrary.ru/nkdfk> (in Russian)
9. Kumar A., Panigrahi A. Occupational health hazards among health care personnel working in public health facilities in Bhubaneswar, India. *J. Public Health (Berl.)*. 2021; 29: 633–9. <https://doi.org/10.1007/s10389-019-01167-0>
10. Mossburg S., Agore A., Nkimbeng M., Commodore-Mensah Y. Occupational hazards among healthcare workers in Africa: a systematic review. *Ann. Glob. Health*. 2019; 85(1): 78. <https://doi.org/10.5334/aogh.2434>
11. Garipova R.V., Strizhakov L.A., Umbetova K.T., Safina K.R. Occupational diseases of health care workers from exposure to infectious agents: the current state of the problem. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2021; 61(1): 13–7. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-1-13-17> <https://elibrary.ru/fbyxj> (in Russian)
12. Gorblyansky Y.Y., Ramazanova E.R., Kontorovich E.P., Ponamareva O.P. Challenges for occupational medicine during the pandemic of a new coronavirus infectious disease (COVID-19). *Meditsinskii vestnik Yuga Rossii*. 2023; 14(1): 101–11. <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2023-14-1-101-111> <https://elibrary.ru/hphmh> (in Russian)
13. Stupak V.S., Zubko A.V., Manoshkina E.M., Kobaykova O.S., Deev I.A., Enina E.N. Healthcare in Russia during the COVID-19 pandemic: challenges, systemic issues, and addressing priorities. *Profilakticheskaya meditsina*. 2022; 25(11): 21–7. <https://doi.org/10.17116/profmed2022511121> <https://elibrary.ru/izobgl> (in Russian)
14. Tukov A.R., Kretov A.S., Vyunova A.A., Vlasova I.V. The incidence of occupational coronavirus infection COVID-19 in medical workers of healthcare institutions of the FMBA of Russia. *Infektsionnye bolezni: Novosti. Mneniya. Obuchenie*. 2023; 12(2): 23–8. <https://doi.org/10.33029/2305-3496-2023-12-2-23-28> <https://elibrary.ru/ofyuyy> (in Russian)
15. Babanov S.A., Asovskaya T.A., Vasyukova G.F., Lotkov V.S., Lavrenteva N.E., Bodas D.S., et al. Occupational morbidity in the Samara region. *Sanitarnyi vrach*. 2018; (5): 25–30. <https://elibrary.ru/ovwzmf> (in Russian)
16. Garipova R.V., Berkheeva Z.M. Analysis of occupational morbidity among Tatarstan healthcare workers. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2015; (4): 107–13. <https://elibrary.ru/uwallz> (in Russian)
17. Karamova L.M., Valeeva E.T., Vlasova N.V., Khafizova A.S. On occupational diseases in medical workers in the Republic of Bashkortostan. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(11): 1250–5. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1250-1255> <https://elibrary.ru/meydit> (in Russian)
18. Omarieva E.Y., Alzhanbekova I.G. Occupational morbidity in Dagestan republic. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2017; (9): 143–4. <https://elibrary.ru/zfqlcf> (in Russian)
19. Syurin S.A. Working conditions and occupational morbidity of medical workers in the Murmansk oblast. *Sanitarnyi vrach*. 2019; (1): 28–31. <https://elibrary.ru/vrkxna> (in Russian)
20. Pankov V.A., Kulshova M.V. Occupational morbidity and injuries in health care of the Irkutsk region. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(8): 839–44. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-839-844> <https://elibrary.ru/lxosbk> (in Russian)
21. Syurin S.A., Kizeev A.N., Polyakova E.M. Specific features of occupational pathology in the Murmansk region in 2007–2021. *Rossiiskaya Arktika*. 2023; 5(1): 20–32. <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-1-20-32> <https://elibrary.ru/bgsdyt> (in Russian)

Сведения об авторах

Сюрин Сергей Алексеевич, доктор мед. наук, доцент, вед. науч. сотр. отд. гигиены ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: kola.reslab@mail.ru

Ковшов Александр Александрович, канд. мед. наук, и. о. руководителя отд. гигиены, ст. науч. сотр. ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.kovshov@s-znc.ru

About the authors

Sergei A. Syurin, DSc (Medicine), leading researcher, associate professor, Department of hygiene, North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-0275-0553> E-mail: kola.reslab@mail.ru

Aleksandr A. Kovshov, PhD (Medicine), senior researcher, acting head, Department of hygiene, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9453-8431> E-mail: a.kovshov@s-znc.ru



Астахова С.Г.¹, Берёза И.А.¹, Шаихова Д.Р.¹, Кикоть А.М.¹, Сутункова М.П.^{1,2},
Потатурко А.В.¹, Полянина Д.Д.¹, Боковой В.Д.¹, Федорук А.А.¹

Темпы старения работников конвертерного цеха и роль полиморфизма rs7069102 гена *SIRT1*

¹ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия;

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

РЕЗЮМЕ

Введение. Работа во вредных условиях труда сопряжена с перегрузками организма и воздействием вредных физических и химических факторов, что приводит к ранней манифестации болезней. Учёт биологического возраста рабочих критически важен, поскольку это позволяет выявить преждевременное старение организма и применить персонализированные меры сохранения здоровья и трудоспособности. *SIRT1*, известный как ген долголетия, защищает клетки от окислительного стресса, и его полиморфизм потенциально может влиять на темпы старения организма.

Цель исследования — определить темпы старения рабочих чёрной металлургии и оценить ассоциацию полиморфизма rs7069102 гена *SIRT1* с этими темпами.

Материалы и методы. Обследованы работники металлургического предприятия ($n = 229$, мужчины). В группу конвертерного цеха вошли 103 работника, в группу сравнения — 126 работников. Определение темпов старения проводилось по методике Горелкина — Пинхасова. Полиморфизм гена *SIRT1* генотипировали с помощью набора «SNP-Скрин» (ООО «Синтол», Россия) методом ПЦР. Расчёт отношения шансов с 95%-м доверительным интервалом (95% ДИ) проводили в программе SPSS.

Результаты. Анализ отношения шансов позволил определить, что работа в условиях конвертерного цеха увеличивала риск ускоренного старения более чем в два раза по сравнению с нормальным и замедленным темпами (ОШ = 2,221; 95% ДИ = 1,303–3,785; $p = 0,004$). Выявлена высокая распространённость ускоренного темпа старения относительно двух других темпов у носителей мутантной аллели G в группе сравнения, но данный результат не достигал уровня статистической значимости.

Ограничения исследования. Не учитывали влияние электромагнитного излучения офисной техники и образа жизни. Определение биологического возраста проведено по методике, включавшей только антропометрические показатели.

Заключение. Работа в условиях конвертерного цеха увеличивала риск ускоренного темпа старения. В то время как полиморфизм rs7069102 гена *SIRT1* не имел достоверного вклада в темп старения в обеих изученных группах.

Ключевые слова: биологический возраст; темпы старения; *SIRT1*; rs7069102; работники чёрной металлургии

Соблюдение этических стандартов. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора (протокол № 1 от 26.02.2021 г.). Работа выполнялась в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (редакция 2013 г.).

Для цитирования: Астахова С.Г., Берёза И.А., Шаихова Д.Р., Кикоть А.М., Сутункова М.П., Потатурко А.В., Полянина Д.Д., Боковой В.Д., Федорук А.А. Темпы старения работников конвертерного цеха и роль полиморфизма rs7069102 гена *SIRT1*. Гигиена и санитария. 2026; 105(8): 869–873. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-869-873> <https://elibrary.ru/fynvyl>

Для корреспонденции: Берёза Иван Андреевич, e-mail: berezaia@ymrc.ru

Вклад авторов: Астахова С.Г. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста; Берёза И.А., Шаихова Д.Р., Кикоть А.М. — статистическая обработка данных, написание текста, редактирование; Сутункова М.П., Потатурко А.В., Федорук А.А. — концепция и дизайн исследования, редактирование; Полянина Д.Д., Боковой В.Д. — сбор и обработка материала. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 25.05.2026 / Поступила после доработки: 05.06.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Svetlana G. Astakhova¹, Ivan A. Bereza¹, Daria R. Shaikhova¹, Anna M. Kikot¹, Marina P. Sutunkova^{1,2},
Aleksei V. Potaturko¹, Daria D. Polianina¹, Vyacheslav D. Bokovoy¹, Anna A. Fedoruk¹

Aging rates in converter shop workers and the contribution of the *SIRT1* rs7069102 polymorphism

¹Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation;

²Ural State Medical University, Yekaterinburg, 620028, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Working in hazardous conditions is associated with physical overload and to adverse exposure to physical and chemical factors, both leading to the early manifestation of diseases. Accounting for the biological age of workers is critical as it helps to detect premature aging and take timely, personalized measures to maintain health and workability. *SIRT1*, commonly termed the “longevity gene”, protects cells from oxidative stress, and its polymorphism can potentially affect aging rates.

The aim of the study. To determine aging rates in ferrous metallurgy workers and evaluate the association between them and the *SIRT1* rs7069102 polymorphism.

Materials and methods. The study included two hundred twenty nine men aged of 30 to 59 years working at a metallurgical plant. The converter shop group consisted of 103 workers while the reference group included 126 employees from administrative and management units. Aging rates in the subjects were determined using the Gorelkin — Pinkhasov method. *SIRT1* gene polymorphism was genotyped using the commercially available SNP-Screen kit (Synthol, Russia) by real-time PCR. Odds ratios with 95 % confidence intervals (CI) were calculated using SPSS.

Results. Calculations of the odds ratio showed that working in the converter shop more than doubled the risk of an accelerated aging rate compared to normal or delayed rates ($OR = 2.221$; $95\% CI = 1.303–3.785$; $p = 0.004$). A high, though insignificant, prevalence of accelerated aging was found in carriers of the mutant *G* allele in the reference group.

Limitations. Neither health effects of electromagnetic radiation from office equipment nor the lifestyle of the study participants were taken into account in the analysis. Biological age was determined using the method that allowed for anthropometric parameters only.

Conclusions. Working in the converter shop increased the risk of accelerated aging. The *SIRT1* rs7069102 polymorphism did not contribute significantly to the aging rate in either study group.

Keywords: biological age; aging rate; *SIRT1*; rs7069102; ferrous metallurgy workers

Compliance with ethical standards. Ethics approval was provided by the local Ethics Committee of the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers (Protocol No. 1 of February 26, 2021). The research was done in accordance with ethical principles of the World Medical Association (2013) Declaration of Helsinki. All subjects gave their written informed consent for inclusion before they participated in the study.

For citation: Astakhova S.G., Bereza I.A., Shaikhova D.R., Kikot A.M., Sutunkova M.P., Potaturko A.V., Polianina D.D., Bokovoy V.D., Fedoruk A.A. Aging rates in converter shop workers and the contribution of the *SIRT1* rs7069102 polymorphism. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal.* 2026; 105(8): 869–873. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-869-873> <https://elibrary.ru/fynvyl> (In Russ.)

For correspondence: Ivan A. Bereza, e-mail: berezaia@ymrc.ru

Contributions: Astakhova S.G. — study conception and design, data collection and processing, draft manuscript preparation; Bereza I.A., Shaikhova D.R., Kikot A.M. — statistical data analysis, draft manuscript preparation, editing; Sutunkova M.P., Potaturko A.V., Fedoruk A.A. — study conception and design, editing; Polianina D.D., Bokovoy V.D. — data collection and processing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of its final version.

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: May 25, 2026 / Revised: June 5, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

Введение

В чёрной металлургии, одной из ключевых отраслей экономики страны, занято свыше 260 тыс. человек, что составляет более 50% всех работников металлургической сферы [1]. При этом 72,5% сотрудников отрасли трудятся в условиях, оказывающих негативное воздействие на организм [2, 3]. Исследования подтверждают, что на здоровье работников влияют повышенные концентрации пыли, шум, тяжесть трудового процесса и контрастный микроклимат [4–7]. Воздействие этих факторов обладает кумулятивным действием: оно вызывает хронический стресс и молекулярные повреждения, приводящие к дисрегуляции систем организма и способствующие его преждевременному старению [8–10].

Биологическое старение рассматривается как процесс, зависящий от взаимодействия генетических, эпигенетических, метаболических, иммунологических и экологических факторов [11, 12]. Концепция биологического возраста позволяет на основе функциональных показателей и молекулярно-генетических биомаркёров более точно оценить состояние здоровья, работоспособность и риск для человека неблагоприятных исходов, в том числе болезней, связанных с возрастными изменениями [13, 14].

На молекулярно-генетическом уровне ключевая роль в механизмах клеточного старения отводится сиртуинам — семейству эволюционно консервативных НАД-зависимых белков [15]. Предполагается, что в основе их участия в старении лежит постепенная потеря активности, ведущая к конденсации хроматина и нарушению репарации ДНК [16]. Особый интерес представляет ген *SIRT1* («ген долголетия»), кодирующий белок, защищающий клетки от окислительного стресса и поддерживающий стабильность генома [17]. Полиморфизм rs7069102 C>G в интроне 4 гена *SIRT1* способен изменять уровень его экспрессии, что позволяет предположить влияние на окислительный стресс, а также на развитие болезней системы кровообращения [17–19].

Цель исследования — определить темпы старения у рабочих чёрной металлургии и оценить ассоциацию полиморфизма rs7069102 гена *SIRT1* с этими темпами.

Материалы и методы

Обследованы работники металлургического предприятия ($n = 229$, мужчины, возраст от 30 до 59 лет). Группа конвертерного цеха состояла из 103 работников. В группу сравнения вошли 126 работников административно-управленческих подразделений. Группы были сопоставимы по возрасту и достоверно не отличались, средний возраст

в группах составил $46,3 \pm 7,1$ и $44,7 \pm 6,6$ года соответственно. Условия труда работников конвертерного цеха относились к вредным (классы 3.1 и 3.2) по таким показателям, как промышленные аэрозоли, производственный шум, неблагоприятный микроклимат, тяжесть трудового процесса, освещённость рабочего места. Условия труда работников административно-управленческих подразделений оценены как допустимые. По данным специальной оценки труда основными производственными факторами группы сравнения были электрическое и магнитное поля широкого спектра частот персональных электронно-вычислительных машин (2-й допустимый класс).

Коэффициент скорости старения (КСС) определяли по формуле* Горелкина А.Г., Пинхасова Б.Б. При КСС от 0,95 включительно до 1,05 включительно делают заключение о соответствии скорости старения норме, при КСС менее 0,95 — о замедлении старения, при КСС более 1,05 — об ускорении старения. При определении биологического возраста у мужчин учитывают рост (м), массу тела (кг), окружность талии (см) и календарный возраст.

Отбор венозной периферической крови для выделения ДНК осуществлялся в одноразовые стерильные вакуумные пробирки с трикалием этилендиаминтетраацетата (КЭДТА) для предотвращения свёртывания. Выделение ДНК из цельной крови проводилось с помощью набора Lumipure (Lumiprobe, Россия) на спин-колонках в соответствии с инструкцией производителя.

Определение полиморфизма rs7069102 гена *SIRT1* выполняли с помощью системы ПЦР с оптической детекцией в реальном времени Applied Biosystems QuantStudio 3 (ThermoFisher, США) методом ПЦР-РВ. Для ПЦР-РВ применяли готовый коммерческий набор «SNP-Скрин» (Синтол, Россия). Интерпретация результатов проводилась с помощью ПО QuantStudio Design & Analysis Software (ThermoFisher, США).

Оценка зависимости признаков была выполнена в таблицах сопряжённости при помощи χ^2 . Анализ таблиц сопряжённости и расчёт отношения шансов (ОШ) с доверительными интервалами (95% ДИ) и уровнем значимости (p) проводился при помощи пакета программ IBM SPSS Statistics. Для соблюдения требований к применению по-

* Патент № 2387374 Российская Федерация, МПК А61В 5/107 (2006.01). Способ определения биологического возраста человека и скорости старения: № 2008130456: заявлено 22.07.2008 г.: опубликовано 27.04.2010 г. Горелкин А.Г., Пинхасов Б.Б.; патентообладатель ГУ НЦКЭМ СО РАМН. 5 с. (13.12.2023) Горелкин А.А., Пинхасов Б.Б. Патент 2387374. Описание изобретения к патенту, 1. 27.04.2010 г. Бюл. № 12 (13.12.2023 г.).

Таблица 1 / Table 1

Распространённость темпов старения у работников в исследуемых группах

Distribution of aging rates in workers in the study groups

Темпы старения Aging rate	Конвертерный цех Converter shop workers	Группа сравнения Reference group
Замедленный / Delayed	31	61
Нормальный / Normal	16	21
Ускоренный / Accelerated	56	44

казателя ОШ использовалась доминантная генетическая модель наследования, при которой носители мутантного гомозиготного генотипа (GG) сравнивались с объединённой группой носителей нормального гомозиготного генотипа и гетерозиготного генотипа (CC + CG). Кроме того, были объединены в одну группу рабочие с замедленным и нормальным темпами старения с целью определения риска негативного исхода (ускоренных темпов старения) при наличии негативного фактора (мутантного гомозиготного генотипа).

Результаты

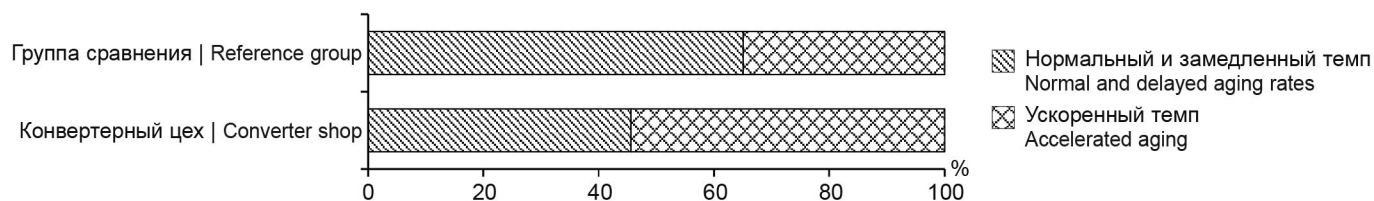
Для определения влияния вредных факторов конвертерного цеха на темпы старения было проведено сравнение распространённости ускоренного темпа старения у работников конвертерного цеха и в группе сравнения. Число работников с ускоренными темпами старения относительно двух других типов в группе конвертерного цеха было статистически выше, чем в группе сотрудников административно-управленческих подразделений (табл. 1).

Анализ ОШ позволил определить, что работа в условиях конвертерного цеха увеличивала риск ускоренного темпа старения более чем в два раза по сравнению с нормальным и замедленным темпами (ОШ = 2,221; 95% ДИ = 1,303–3,785; $p = 0,004$) (см. рисунок).

Проведён анализ ОШ для каждой из групп (конвертерный цех и группа сравнения) с учётом генотипа *SIRT1* (табл. 2). Несмотря на отсутствие достоверных различий, была выявлена тенденция к увеличению распространённости ускоренного темпа старения у носителей мутантной аллели G в группе сравнения ($p = 0,051$).

Обсуждение

В настоящем исследовании были получены данные об увеличении риска ускоренного темпа старения в условиях конвертерного цеха более чем в два раза по сравнению с нормальным и замедленным темпами. В ряде других исследований было также показано, что вредные условия труда и образ жизни влияют на темпы старения и биологический возраст работников [20]. Так, биологический возраст больных вибрационной болезнью и двусторонней сенсоневральной тугоухостью превышал календарный возраст в среднем на $7,36 \pm 0,36$ года и должный биологический возраст на $10,79 \pm 0,72$ года, в то время как темп биологического старения обследованных пациентов в $1,14 \pm 0,08$ раза превышал темп старения их здоровых сверстников [21]. На биологический возраст в группе подземных рабочих в большей степени влиял стаж работы во вредных условиях труда, в группе наземных — календарный возраст и образ жизни [22]. Также установлено, что по сравнению с людьми того же возраста, работающими на руководящих должностях, работники сферы услуг биологически старше на 1,65 года, при этом подъём тяжестей ускорял темпы старения на 2,08 года, а большая продолжительность рабочего дня — на 1,87 года [23]. Исследование китайских рабочих химической промышленности



Нормированное распределение темпов старения рабочих исследуемых групп.

Normalized distribution of aging rates in workers in the study groups.

Таблица 2 / Table 2

Распределение аллелей и генотипов гена *SIRT1* в исследуемых группахDistribution of alleles and genotypes of the *SIRT1* gene in the study groups

Группа Group	Аллели и генотипы Alleles and genotypes	Ускоренный темп старения, <i>n</i> Accelerated aging rate, <i>n</i>	Нормальный и замедленный темпы старения, <i>n</i> Normal and delayed aging rates, <i>n</i>	<i>p</i>	ОШ OR	95% ДИ 95% CI
Конвертерный цех Converter shop workers	G	77	61	0.558	1.190	0.665–2.131
	C	35	33	0.558	1.190	0.665–2.131
	GG	28	21	0.591	1.238	0.569–2.695
	CC + CG	28	26	0.591	1.238	0.569–2.695
Группа сравнения Reference group	G	65	101	0.051	1.763	0.997–3.118
	C	23	63	0.051	1.763	0.997–3.118
	GG	23	33	0.196	1.626	0.777–3.402
	CC + CG	21	49	0.196	1.626	0.777–3.402

Примечание. ОШ — отношение шансов; ДИ — доверительный интервал.

Note: OR — odds ratio; CI — confidence interval.

показало, что воздействие углекислого газа, бензола и угольной пыли ускоряет биологическое старение, затрагивая в первую очередь сердечно-сосудистую и метаболическую системы [24]. В целом повышение биологического возраста связывают как с вредными условиями труда, так и с присутствием поведенческих факторов риска, таких как увеличенные значения ИМТ, низкая физическая активность и курение табака.

Ранее другими исследователями было продемонстрировано, что *SIRT1* играл важную роль в регуляции старения, а также во многих сигнальных путях, связанных со старением [25]. В данной работе была обнаружена тенденция к высокой распространённости мутантной аллели G гена *SIRT1* у работников из группы сравнения с ускоренным темпом старения, не достигшая статистической значимости. Вероятно, влияние полиморфизма не является чистым генети-

ческим маркером скорости старения, и значительную роль играют другие факторы, в том числе условия труда.

Ограничения исследования. Не учитывалось влияние электромагнитного излучения офисной техники и образа жизни. Определение биологического возраста проведено по методике, учитывающей только антропометрические показатели.

Заключение

В результате проведённого исследования было установлено, что условия работы в конвертерном цехе способствуют ускоренному старению организма. При этом аллель G полиморфного гена, а также гомозиготный мутантный генотип гена *SIRT1* по полиморфизму rs7069102 не формировали достоверного вклада в темп старения представителей обеих исследуемых групп.

Литература

(п.п. 4, 7, 11–13, 15–19, 23–25 см. References)

1. Газимова В.Г. Профессиональная заболеваемость металлургов Свердловской области. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(3): 253–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-3-253-257> <https://elibrary.ru/lzgws1>
2. Онищенко Г.Г. Состояние условий труда и профессиональная заболеваемость работников в Российской Федерации. *Гигиена и санитария*. 2009; 88(3): 68–73. <https://elibrary.ru/kvktbs>
3. Масягутова Л.М., Абдрахманова Е.Р., Бакиров А.Б., Гимранова Г.Г., Ахметшина В.Т., Гизатуллина Л.Г. и др. Роль условий труда в формировании профессиональной заболеваемости работников металлургического производства. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(1): 47–52. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-1-47-52> <https://elibrary.ru/vvtvdr>
5. Чеботарёв А.Г., Семенцова Д.Д. Комплексная оценка условий труда и состояния профессиональной заболеваемости работников горно-металлургических предприятий. *Горная промышленность*. 2021; (1): 114–9. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-1-114-119> <https://elibrary.ru/ubonqd>
6. Яцкина И.В., Сухова А.В., Преображенская Е.А., Егорова А.М. Оценка прогнозирования и управления рисками для здоровья работающих (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2022; 101(10): 1249–54. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1249-1254> <https://elibrary.ru/yrgcft>
8. Сутункова М.П. Экспериментальные данные и методические соображения к обоснованию предельно допустимой концентрации железо-оксидных наночастиц в воздухе рабочей зоны. *Токсикологический вестник*. 2016; 24(6): 11–7. <https://elibrary.ru/xcsjpr>
9. Сутункова М.П., Соловьёва С.Н., Кацнельсон Б.А., Гурвич В.Б., Привалова Л.И., Минигалиева И.А. и др. Некоторые особенности реакции организма на хроническую ингаляцию SiO₂ – содержащих субмикронных (преимущественно наноразмерных) частиц реального про-
- мышленного аэрозоля. *Токсикологический вестник*. 2017; 25(3): 17–26. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2017-3-17-26> <https://elibrary.ru/zagzhl>
10. Каримов Д.Д., Эрдман В.В., Кудояров Э.Р., Валова Я.В., Смолянкин Д.А., Репина Э.Ф. и др. Профессиональные факторы риска и старение человека (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2022; 101(4): 375–81. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-4-375-381> <https://elibrary.ru/dqamqz>
14. Каримов Д.Д., Кудояров Э.Р., Мухаммадиева Г.Ф., Зиятдинова М.М., Байгильдин С.С., Якупова Т.Г. Биомаркеры старения в исследовании профессионально обусловленных вредных воздействий (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2021; 100(11): 1328–32. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1328-1332> <https://elibrary.ru/zjkjhh>
20. Мишина Е.А., Беломестнова О.В. Определение основных маркеров ускоренного биологического старения работников литейного производства в зависимости от стажа, вида профессии и наличия поведенческих рисков. *Профилактическая медицина*. 2019; 22(4-2): 2024–9. <https://doi.org/10.17116/profmed20192204224> <https://elibrary.ru/tjffq>
21. Еренев С.И., Плотникова О.В. Биологический возраст и темпы постарения больных вибрационной болезнью и двусторонней нейросенсорной тугоухостью. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(9): 624. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-624-625> <https://elibrary.ru/pdwrlt>
22. Беломестнова О.В., Мишина Е.А., Федорук А.А. Сравнение параметров биологического возраста работающих в наземных и подземных условиях в горнодобывающей промышленности. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(9): 562–3. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-562-563> <https://elibrary.ru/vjrfwf>
1. Gazimova V.G. Occupational prevalence rates in metallurgists in the Sverdlovsk region. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2024; 103(3): 253–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-3-253-257> <https://elibrary.ru/lzgws1> (in Russian)
2. Onishchenko G.G. Working conditions and occupational morbidity in workers of the Russian Federation. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2009; 88(3): 68–73. <https://elibrary.ru/kvktbs> (in Russian)
3. Masyagutova L.M., Abdrakhmanova E.R., Bakirov A.B., Gimranova G.G., Akhmetshina V.T., Gizatullina L.G., et al. The role of working conditions in the formation of occupational morbidity of workers in metallurgical production. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(1): 47–52. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-1-47-52> <https://elibrary.ru/vvtvdr> (in Russian)
4. Doney B.C., Miller W.E., Hale J.M., Syamlal G. Estimation of the number of workers exposed to respirable crystalline silica by industry: Analysis of OSHA compliance data (1979–2015). *Am. J. Ind. Med.* 2020; 63(6): 465–77. <https://doi.org/10.1002/ajim.23109> <https://elibrary.ru/yknhut>
5. Chebotarev A.G., Sementsova D.D. Comprehensive assessment of working conditions and occupational disease rates at mining and metallurgical enterprises. *Gornaya promyshlennost'*. 2021; (1): 114–9. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-1-114-119> <https://elibrary.ru/ubonqd> (in Russian)
6. Yatsyna I.V., Sukhova A.V., Preobrazhenskaya E.A., Egorova A.M. Scientific and methodological aspects of assessment, forecasting and risk management for the health of workers (literature review). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(10): 1249–54. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1249-1254> <https://elibrary.ru/yrgcft> (in Russian)
7. Duan D., Leng P., Li X., Mao G., Wang A., Zhang D. Characteristics and occupational risk assessment of occupational silica-dust and noise exposure in ferrous metal foundries in Ningbo, China. *Front. Public Health*. 2023; 11: 1049111. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1049111> <https://elibrary.ru/xocwsw>
8. Sutunkova M.P. Experimental data and methodological considerations for justification of iron oxide nanoparticles maximum allowable concentration in occupational air. *Toksikologicheskii vestnik*. 2016; 24(6): 11–7. <https://elibrary.ru/xcsjpr> (in Russian)
9. Sutunkova M.P., Solovyeva S.N., Katsnelson B.A., Gurvich V.B., Privanova L.I., Minigalieva I.A., et al. Some peculiarities of the organism's responses to a long-term inhalation of silica-containing submicron (predominantly, nanoscale) particles in a real industrial aerosol. *Toksikologicheskii vestnik*. 2017; 25(3): 17–26. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2017-3-17-26> <https://elibrary.ru/zagzhl> (in Russian)
10. Karimov D.D., Erdman V.V., Kudoyarov E.R., Valova Ya.V., Smolyankin D.A., Repina E.F., et al. Influence of occupational risk factors on human aging (literature review). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(4): 375–81. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-4-375-381> <https://elibrary.ru/dqamqz> (in Russian)
11. Dutta S., Goodrich J.M., Dolinoy D.C., Ruden D.M. Biological aging acceleration due to environmental exposures: An exciting new direction in toxicogenomics research. *Genes (Basel)*. 2023; 15(1): 16. <https://doi.org/10.3390/genes15010016> <https://elibrary.ru/bgggnz>
12. Quintero F.A., Garraza M., Navazo B., Cesani M.F. Theories of biological aging: An integrative review. *Rev. Esp. Geriatr. Gerontol.* 2024; 59(6): 101530. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2024.101530> <https://elibrary.ru/qblhlf> (in Spanish)
13. Diebel L.W.M., Rockwood K. Determination of biological age: Geriatric assessment vs biological biomarkers. *Curr. Oncol. Rep.* 2021; 23(9): 104. <https://doi.org/10.1007/s11912-021-01097-9> <https://elibrary.ru/gnvrij>
14. Karimov D.D., Kudoyarov E.R., Mukhammadiyeva G.F., Ziatdinova M.M., Baigildin S.S., Yakupova T.G. Biomarkers of ageing in the study of occupational harm impacts (literature review). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(11): 1328–32. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1328-1332> <https://elibrary.ru/zjkjhh> (in Russian)

Original article

15. Shimoyama Y., Suzuki K., Hamajima N., Niwa T. Sirtuin 1 gene polymorphisms are associated with body fat and blood pressure in Japanese. *Transl. Res.* 2011; 157(6): 339–47. <https://doi.org/10.1016/j.trsl.2011.02.004>
16. Chong Z.Z., Wang S., Shang Y.C., Maiese K. Targeting cardiovascular disease with novel SIRT1 pathways. *Future Cardiol.* 2012; 8(1): 89–100. <https://doi.org/10.2217/fca.11.76>
17. Kilic U., Gok O., Bacaksiz A., Izmirli M., Elibol-Can B., Uysal O. SIRT1 gene polymorphisms affect the protein expression in cardiovascular diseases. *PLoS One.* 2014; 9(2): e90428. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090428>
18. Kilic U., Gok O., Elibol-Can B., Uysal O., Bacaksiz A. Efficacy of statins on sirtuin 1 and endothelial nitric oxide synthase expression: The role of sirtuin 1 gene variants in human coronary atherosclerosis. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* 2015; 42(4): 321–30. <https://doi.org/10.1111/1440-1681.12362>
19. Sosnowska B., Mazidi M., Penson P., Gluba-Brzózka A., Rysz J., Banach M. The sirtuin family members SIRT1, SIRT3 and SIRT6: Their role in vascular biology and atherogenesis. *Atherosclerosis.* 2017; 265: 275–82. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2017.08.027>
20. Mishina E.A., Belomestnova O.V. Identifying the key biomarkers of accelerated aging in foundry workers as dependent on their working tenure, job position and health risk behavior. *Profilakticheskaya meditsina.* 2019; 22(4–2): 2024–9. <https://doi.org/10.17116/profmed20192204224> <https://elibrary.ru/tjfqjqq> (in Russian)
21. Ereniev S.I., Plotnikova O.V. Biological age and rates of aging of patients with vibration disease and bilateral sensorineural hearing loss. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2019; 59(9): 624. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-624-625> <https://elibrary.ru/pdwrlt> (in Russian)
22. Belomestnova O.V., Mishina E.F., Fedoruk A.F. Comparison of parameters of biological age of workers in ground and underground conditions in the mining industry. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2019; 59(9): 562–3. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-562-563> <https://elibrary.ru/vjrfwf> (in Russian)
23. Andrasfay T., Kim J., Ailshire J., Crimmins E. Aging on the job? The association between occupational characteristics and accelerated biological aging. *J. Gerontol. B. Psychol. Sci. Soc. Sci.* 2023; 78(7): 1236–45. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbad055> <https://elibrary.ru/fhdgma>
24. Gu Z., Zhang L., Zhao X., Yang B., Yang Y., Wang P., et al. Accelerated biological aging among chemical plant workers. *Environ. Res.* 2025; 285(Pt. 5): 122709. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.122709> <https://elibrary.ru/htaxod>
25. Chen C., Zhou M., Ge Y., Wang X. SIRT1 and aging related signaling pathways. *Mech. Ageing Dev.* 2020; 187: 111215. <https://doi.org/10.1016/j.mad.2020.111215> <https://elibrary.ru/xbcboxd>

Сведения об авторах

Астахова Светлана Геннадьевна, зав. отд. организации клинической деятельности и медицинской статистики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: astahova@ymrc.ru

Берёза Иван Андреевич, науч. сотр. отд. молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: berezaia@ymrc.ru

Шаихова Дарья Рамильевна, науч. сотр. отд. молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: darya.boo@mail.ru

Кикоть Анна Михайловна, науч. сотр. отд. молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: kikotam@ymrc.ru

Сутункова Марина Петровна, доктор мед. наук, директор ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: sutunkova@ymrc.ru

Потатурко Алексей Владимирович, доктор мед. наук, главный врач ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: potaturko@ymrc.ru

Полянина Дарья Дмитриевна, мл. науч. сотр. отд. молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: polyaninadd@ymrc.ru

Бокковой Вячеслав Дмитриевич, лаборант отд. молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: bokovoyvd@ymrc.ru

Федорук Анна Алексеевна, канд. мед. наук, учёный секретарь ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: annaf@ymrc.ru

About the authors

Svetlana G. Astakhova, head, Department of Clinical Activity Organization and Medical Statistics, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6027-704X> E-mail: astahova@ymrc.ru

Ivan A. Bereza, researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-4109-9268> E-mail: berezaia@ymrc.ru

Daria R. Shaikhova, researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-7029-3406> E-mail: darya.boo@mail.ru

Anna M. Kikot, researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-8794-7288> E-mail: kikotam@ymrc.ru

Marina P. Sutunkova, DSc (Medicine), director, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; head, Department of Occupational Hygiene and Medicine, Ural State Medical University, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1743-7642> E-mail: sutunkova@ymrc.ru

Aleksei V. Potaturko, DSc (Medicine), chief physician, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-4457-7093> E-mail: potaturko@ymrc.ru

Daria D. Polianina, junior researcher, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0007-5046-0207> E-mail: polyaninadd@ymrc.ru

Vyacheslav D. Bokovoy, laboratory assistant, Department of Molecular Biology and Electron Microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6551-3937> E-mail: bokovoyvd@ymrc.ru

Anna A. Fedoruk, PhD (Medicine), academic secretary, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6354-0827> E-mail: annaf@ymrc.ru

Читать
онлайн
Read
online

Панков В.А., Кулешова М.В.

Алекситимия и эмоциональное выгорание у медицинских работников

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 665827, Ангарск, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Высокие профессиональные нагрузки, сопровождающие деятельность медицинских работников (МР), могут способствовать формированию эмоционального выгорания (ЭВ). Одной из внешних детерминант ЭВ называют алекситимию (АТ).

Цель исследования — выявить взаимосвязь алекситимии с психологическими особенностями и эмоциональным выгоранием у медицинских работников.

Материалы и методы. Психометрическое онлайн-исследование выполнено с помощью Торонтской алекситимической шкалы, опросников В.В. Бойко, Леонарда — Шмишека, шкал Спилберга — Ханина, Зунга, методик Э. Хайма, методики «Индекс жизненного стиля». Результаты представлены в виде медианы, верхнего и нижнего квартилей, экстенсивных показателей. Для сравнения показателей использовали критерий Манна — Уитни, χ^2 , для оценки связи между признаками — корреляционный анализ; оценку вероятности формирования ЭВ выполняли с помощью анализа таблиц сопряженности, расчётов относительного риска.

Результаты. Среди обследованных у 37,8% МР выявлена АТ, у 40% — промежуточная степень АТ, неалекситимический тип личности установлен у 22,2% МР. У лиц с АТ регистрировались высокие уровни ситуативной, личностной тревожности, депрессия, различия в структуре акцентуаций характера, преимущественно использовались неадаптивные формы поведенческих стратегий. У МР с АТ в фазе «напряжение» доминировали симптомы «переживание психотравмирующих обстоятельств», «неудовлетворённость собой»; в фазе «резистенция» — эмоционально-нравственная дезориентация, редукция профессиональных обязанностей; в фазе «истощение» — деперсонализация, эмоциональный дефицит. Наибольшая сила связей отмечалась между АТ и ситуативной, личностной тревожностью, депрессией, фазой «напряжение», симптомом «редукция профессиональных обязанностей» фазы «резистенция». Выраженность АТ увеличивает риск формирования фазы «напряжение», симптома «редукция профессиональных обязанностей» фазы «резистенция» в 3–5,5 раза.

Ограничения исследования. Исследование одномоментное, выполнено с участием одной профессиональной группы.

Заключение. Алекситимию и эмоциональное выгорание следует рассматривать как взаимосвязанные компоненты, образующие сложный паттерн профессиональной дезадаптации медицинских работников. Результаты обосновывают важность учёта личностных факторов для разработки психопрофилактических мероприятий в рамках профилактики ЭВ у медицинского персонала.

Ключевые слова: эмоциональное выгорание; медицинские работники; алекситимия

Соблюдение этических стандартов. Исследование выполнено в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» (с поправками 2024 г.), не ущемляло прав и не подвергало опасности благополучие субъектов исследования, проведено с их согласия и одобрено Локальным этическим комитетом ФГБНУ ВСИМЭИ (заключения ЛЭК № 3 от 16.02.2021 г. и № 5 от 21.03.2023 г.).

Для цитирования: Панков В.А., Кулешова М.В. Алекситимия и эмоциональное выгорание у медицинских работников. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(8): 874–880. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-874-880> <https://elibrary.ru/gwewla>

Для корреспонденции: Панков Владимир Анатольевич, e-mail: lmt_angarsk@mail.ru

Вклад авторов: Панков В.А. — концепция и дизайн исследования, набор материала, написание текста, редактирование; Кулешова М.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста. *Все соавторы* — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках средств, выделяемых для реализации государственного задания ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований».

Поступила: 25.03.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Vladimir A. Pankov, Marina V. Kuleshova

Alexithymia and emotional burnout in health care professionals

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The high-intensity workloads can contribute to emotional burnout (EB) in healthcare care workers (HCP). Alexithymia (AT) is one of the external determinants of EB.

The purpose of the study is to identify the relationship between alexithymia and psychological characteristics and EB in healthcare care workers.

Material and methods. The psychometric online study was conducted using the Toronto Alexithymia Scale, V.V. Boyko's questionnaire, Leonhard-Schmishek's questionnaire, the Spielberger-Khanin scale, the Zung scale, and E. Heim's method, as well as the Lifestyle index. Results are presented as medians, upper and lower quartiles, and extensive indicators. The Mann-Whitney U test and χ^2 criterion were used to compare indicators, correlation analysis was used to assess the relationship between features, and contingency table analysis and relative risk calculations were used to assess the probability of EB developing.

Results. 37.8% of HCP were diagnosed with AT, 40.0% had an intermediate degree of AT, and 22.2% of HCP had a “non-alexithymic” personality type. High levels of state anxiety, trait anxiety, depression, differences in the structure of character accentuations, and predominantly use maladaptive forms of behavioral strategies are characterized for AT persons. The symptoms of “experiencing psychotraumatic circumstances” and “dissatisfaction with oneself” predominate in the Tension phase in HCP with AT; emotional and moral disorientation are in the Resistance phase; depersonalization, emotional deficit reduction of occupational responsibilities are in the Exhaustion phase. The greatest strength of connections is noted between AT and state anxiety, trait anxiety, depression, the Tension phase, and the Resistance phase symptom “reduction of occupational responsibilities”. The severity of AT increases the risk of forming the Tension phase, the “reduction of occupational responsibilities” symptom of the Resistance phase by 3.0–5.5 times.

Limitations. The study is one-stage, performed with the participation of one occupational group.

Conclusion. Alexithymia and emotional burnout should be considered as interrelated components that form a complex pattern of professional maladjustment in healthcare care professionals. The results substantiate the importance of considering personality factors when developing psychoprophylactic measures to prevent EB in healthcare personnel.

Keywords: emotional burnout; health care workers; alexithymia

Compliance with ethical standards. The study was performed in accordance with ethical standards and approved by the Local Ethics Committee of the East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research (conclusion No. 3 dated February 16, 2021, conclusion No. 5 dated March 21, 2023).

For citation: Pankov V.A., Kuleshova M.V. Alexithymia and emotional burnout in health care workers. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal.* 2026; 105(8): 874–880. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-874-880> <https://elibrary.ru/gwewla> (In Russ.)

For correspondence: Vladimir A. Pankov, e-mail: lmt_angarsk@mail.ru

Contribution: Pankov V.A. — concept and design of the study, collection of material, writing text, editing, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article; Kuleshova M.V. — concept and design of the study, collection and processing of material, statistical processing, writing text, responsibility for the integrity of all parts of the article. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Funding. The work was performed within the funds allocated for the implementation of the State task for the East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research.

Received: March 25, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

Введение

Высокие профессиональные нагрузки, разнообразные стрессогенные факторы, с которыми сопряжена профессиональная деятельность медицинского персонала, могут способствовать формированию эмоционального выгорания [1, 2]. Несмотря на большое количество работ, посвящённых изучению феномена эмоционального выгорания у медицинских работников, актуальность исследований в этой области сохраняется. Согласно современным метаанализам, распространённость выгорания среди медицинских работников варьирует от 30 до 70% в зависимости от специальности и региона [3], при этом в среднем каждый третий-четвёртый медицинский работник сталкивался с клинически значимыми проявлениями выгорания [4]. Одной из внешних детерминант эмоционального выгорания исследователи считают alexitimия [5]. В связи с этим изучение alexitimии как фактора, характеризующегося снижением способности к опознаванию и вербализации эмоций, создающего затруднения в коммуникативной сфере, проявляющегося в затруднении осознания как своего собственного эмоционального состояния, так и состояния партнёра по общению, представляет особый интерес для понимания механизмов формирования эмоционального выгорания. Выгорание сопровождается снижением способности к эмоциональному контакту, эмоциональной отстранённостью, и это позволяет предполагать, что оно может быть тесно связано с «эмоциональной слепотой» как защитным механизмом от негативных и подавляющих эмоций, то есть с alexitimией. В исследованиях, в том числе выполненных среди медицинских работников, показано, что между alexitimией и компонентами эмоционального выгорания существует связь [6–9]. Однако большинство исследований носит в основном описательный характер, при этом недостаточно изученной остаётся взаимосвязь alexitimии с широким спектром психологических особенностей личности в контексте эмоционального выгорания, в том числе у медицинского персонала.

В связи с вышеизложенным важно изучение особенностей проявлений эмоционального выгорания медицинского персонала и его взаимосвязи с alexitimическими чертами.

Цель исследования — выявить взаимосвязь alexitimии с психологическими особенностями и эмоциональным выгоранием у медицинских работников.

Материалы и методы

Исследования выполнены с участием среднего медицинского персонала терапевтического профиля ($n = 45$; средний возраст на момент обследования $44,4 \pm 1,6$ года; средний стаж в профессии $23,7 \pm 1,6$ года). Все обследованные были лицами женского пола. Психометрическое исследование выполнено посредством онлайн-опроса. Уровень alexitimии определялся с помощью русскоязычной версии Торонт-

ской alexitimической шкалы (Toronto Alexithymia Scale (TAS)) [10], где суммарный балл ниже 62 принят за нормальный уровень alexitimии (неalexitimический тип личности), 62–74 — промежуточная степень alexitimии (группа риска), 74 балла и выше — явная alexitimия (alexitimический тип личности). Исследование составляющих эмоционального выгорания проведено с использованием опросника В.В. Бойко [11, 12]. Для измерения тревожности использовали «Шкалу оценки уровня реактивной и личностной тревожности» Спилберга — Ханина [13], уровня депрессии — шкалу депрессии Зунга [13], вариантов копинг-поведения — методику Э. Хайма [14], механизмов психологической защиты — методику «Индекс жизненного стиля» (LSI) [15], характерологических особенностей личности — опросник К. Леонгарда (в модификации Г. Шмишека) [16].

Исследование выполнено в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» (с поправками 2024 г.), не ущемляло прав и не подвергало опасности благополучие субъектов исследования, проведено с их согласия и одобрено Локальным этическим комитетом ФГБНУ ВСИМЭИ (заключения ЛЭК № 3 от 16.02.2021 г. и № 5 от 21.03.2023 г.).

Информацию обрабатывали с помощью пакета прикладных программ Microsoft Office 2003 (в ОС Windows XP), статистического программного обеспечения Jamovi. Результаты исследований представлены в виде медианы (Me), верхнего и нижнего квартилей (Q_1 – Q_3), экстенсивных (%) показателей и 95%-го доверительного интервала. Для изучения связи между признаками выполнен корреляционный анализ с расчётом коэффициента корреляции Спирмена (r_s), анализ таблиц сопряжённости, расчёты относительного риска. Задача сравнения решалась с помощью критерия Манна — Уитни, χ^2 с поправкой Йейтса.

Результаты

Ранее в наших исследованиях показано, что значительная часть обследованных медицинских работников испытывала симптомы эмоционального выгорания (ЭВ), при этом существовала реципрокная связь между выраженностью ЭВ, тревожностью, депрессией, характерологическими особенностями личности [17, 18].

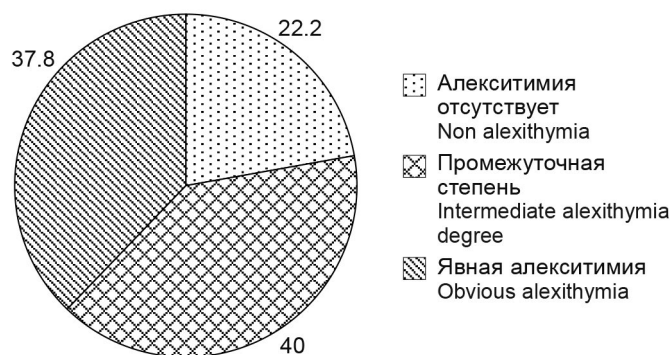
В общей выборке обследуемых медицинских работников alexitimический тип личности по шкале TAS выявлен в 37,8 [22,3–51,1]% случаев, неalexitimический — в 22,2 [11,1–35,6]% случаев, у 40 [26,7–55,6]% респондентов выявлена промежуточная степень alexitimии (см. рисунок). Среднегрупповой показатель alexitimии (АТ) составил 71 (62–78) балл.

Для анализа психометрических параметров и проявлений ЭВ в зависимости от степени выраженности АТ группа обследованных была разделена на три подгруппы:

1-я — лица без выявленной АТ ($n = 10$; средний возраст $44,4 \pm 4,1$ года; средний стаж работы $22,1 \pm 2,3$ года); 2-я — лица с промежуточной степенью АТ ($n = 18$; средний возраст $43,4 \pm 2$ года; средний стаж работы $21,8 \pm 2,3$ года); 3-я — респонденты с явными признаками АТ ($n = 17$; средний возраст $45,5 \pm 2,9$ года; средний стаж работы $26,4 \pm 2,8$ года).

Сравнительная оценка психоэмоционального статуса показала, что лица с АТ имели значимо высокие уровни ситуативной ($p = 0,004$) и личностной ($p = 0,004$) тревожности, депрессию различной степени выраженности ($p = 0,001$) по сравнению с респондентами, у которых отсутствовала или была установлена промежуточная степень АТ (табл. 1).

Выполненный анализ также показал, что у лиц с разной степенью выраженности АТ наблюдались различия в структуре акцентуаций характера: у респондентов первой группы наиболее проявлены черты демонстративного (14 баллов), застревающего (15 баллов), гипертимного (15 баллов) и эмотивного (15 баллов) типов, у лиц третьей группы — застревающего (16 баллов), возбудимого (15 баллов), дистимического (15 баллов), тревожно-боязливого (15 баллов) и циклотимного (15 баллов) типов. Следует отметить отсутствие доминирования черт вышеуказанных акцентуаций, за исключением эмотивного типа (18 баллов), у медицинского персонала с промежуточной степенью АТ. Также установлена наибольшая напряжённость механизмов психологической защиты у лиц с явными признаками АТ: вытеснение, регрессия, проекция, интеллектуализация и реактивные образования. Анализ структуры совладающего поведения показал, что лица с АТ чаще использовали неадаптивные формы поведенче-



Распределение обследованных в зависимости от степени выраженности алекситимии (на 100 обследованных).

Distribution of the examined individuals in dependence on the alexithymia degree (per 100 examined cases).

ских стратегий (64,7 [41,2–88,2]% случаев). В то же время среди вариантов когнитивных и эмоциональных стратегий в 59,3 [33,3–77,8] и 70,6 [41,2–88,2]% случаев соответственно чаще использовались адаптивные и относительно адаптивные копинги.

Установлено, что у лиц с различной степенью выраженности АТ общий индекс выгорания соответствовал среднему уровню, однако у лиц с явной АТ значения индекса были статистически значимо выше (табл. 2).

Таблица 1 / Table 1

Психометрические характеристики в зависимости от степени выраженности алекситимии, $Me (Q_1-Q_3)$

Psychometrical characteristics in dependence on the exprezsion of alexithymia, $Me (Q_1-Q_3)$

Психологические характеристики Psychological characteristics	Выраженность алекситимии Expression of alexithymia		
	Алекситимия отсутствует Without alexithymia	Промежуточная степень Intermediate degree of alexithymia	Явная алекситимия Obvious alexithymia
	1-я группа 1 st group	2-я группа 2 nd group	3-я группа 3 rd group
Ситуативная тревожность, балл State anxiety, score	32.0 (27.5–43.7) ^{1–3, p = 0.004}	36.0 (31.0–42.8) ^{2–3, p = 0.004}	51.0 (40.0–63.0)
Личностная тревожность, балл Trait anxiety, score	40.0 (35.0–46.2) ^{1–3, p = 0.0004}	45.0 (39.0–52.0) ^{2–3, p = 0.001}	56.0 (50.0–59.0)
Депрессия, балл Depression, score	33.7 (31.9–44.1) ^{1–2, p = 0.014; 1–3, p = 0.0002}	46.2 (39.4–53.1) ^{2–3, p = 0.0003}	58.7 (56.2–66.2)
Тип акцентуации характера, балл Accentuation type, score			
Демонстративный Demonstrative	14.0 (11.5–14.5) ^{1–2, p = 0.01, 1–3, p = 0.002}	10.0 (8.0–12.0)	8.0 (6.0–11.5)
Застревающий Stuck	15.0 (10.0–18.5)	12.0 (10.0–14.0) ^{2–3, p = 0.002}	16.0 (14.0–18.0)
Педантичный Pedantic	9.0 (7.0–12.5)	11.0 (5.5–14.0)	12.0 (8.0–16.0)
Возбудимый Excitable	6.0 (3.0–9.0) ^{1–3, p = 0.004}	9.0 (5.2–15.0)	15.0 (9.0–18.0)
Гипертимный Hyperthymic	15.0 (14.2–18.0) ^{1–3, p = 0.032}	15.0 (9.0–18.0)	10.5 (9.0–14.2)
Дистимический Dysthymic	9.0 (6.0–9.7) ^{1–3, p = 0.0004}	10.5 (8.2–12.0) ^{2–3, p = 0.004}	15.0 (12.0–18.0)
Тревножно-боязливый Anxious-fearful	7.5 (3.0–12.7) ^{1–3, p = 0.027}	12.0 (5.2–15.0)	15.0 (9.7–17.2)
Циклотимный Cyclothymic	10.5 (9.0–15.0)	13.5 (8.2–18.7)	15.0 (12.0–18.0)
Аффективно-экзальтированный Affective-exalted	12.0 (12.0–18.0)	12.0 (12.0–18.0)	12.0 (7.5–18.0)
Эмотивный Emotive	15.0 (12.0–18.7)	18.0 (14.2–21.0)	15.0 (12.0–18.0)
Типы психологической защиты, процентиль Types of the psychological defence, percentile			
Отрицание Denial	76.5 (52.0–93.0) ^{1–3, p = 0.012}	97.0 (47.2–99.0) ^{2–3, p = 0.003}	52.0 (13.5–61.0)
Вытеснение Repression	34.0 (15.0–54.0) ^{1–3, p = 0.001}	54.0 (34.0–85.0) ^{2–3, p = 0.044}	71.0 (71.0–91.0)
Регрессия Regression	30.0 (1.0–64.0) ^{1–3, p = 0.030}	47.0 (15.0–83.7)	73.0 (38.5–89.0)
Компенсация Compensation	53.5 (25.7–62.0)	45.0 (29.0–62.0)	45.0 (22.5–62.0)
Проекция Projection	68.0 (26.0–89.5)	60.5 (33.2–88.0)	88.0 (39.5–98.0)
Замещение Displacement	27.0 (15.0–30.2) ^{1–3, p = 0.035}	21.0 (15.0–30.2) ^{2–3, p = 0.042}	53.0 (15.0–83.0)
Интеллектуализация Intellectualization	62.5 (46.2–87.0) ^{1–3, p = 0.050}	62.5 (51.0–87.0)	87.0 (62.0–95.0)
Реактивные образования Reaction formations	72.0 (56.0–93.0)	81.0 (56.0–89.2)	81.0 (56.0–93.0)

Таблица 2 / Table 2

Характеристики эмоционального выгорания в зависимости от степени выраженности алекситимии, *Me* (Q_1 – Q_3)
Emotional burnout depending on the alexithymia degree, *Me* (Q_1 – Q_3)

Фазы выгорания /Симптомы выгорания, балл Burnout stages / Burnout symptoms, score	Выраженность алекситимии Expression of alexithymia		
	Алекситимия отсутствует Without alexithymia	Промежуточная степень Intermediate degree of alexithymia	Явная алекситимия Obvious alexithymia
	1-я группа 1 st group	2-я группа 2 nd group	3-я группа 3 rd group
Общий балл Overall score	136.5 (110.0–155.0) ^{1–3, p = 0.004}	147.0 (131.2–159.7) ^{2–3, p = 0.012}	175.0 (146.5–195.5)
Фаза «напряжение» <i>Tension</i>	9.5 (3.0–39.7) ^{1–3, p = 0.001}	22.0 (11.5–44.2) ^{2–3, p = 0.003}	62.0 (36.5–72.0)
Симптом 1. Переживание психотравмирующих обстоятельств Symptom 1. Experience of traumatic circumstances	4.0 (0–22.0) ^{1–3, p = 0.032}	10.0 (2.0–17.5) ^{2–3, p = 0.044}	18.0 (12.0–27.0)
Симптом 2. Неудовлетворённость собой Symptom 2. Self dissatisfaction	5.0 (0–8.5) ^{1–3, p = 0.002}	5.0 (2.2–8.5) ^{2–3, p = 0.001}	15.0 (9.0–22.5)
Симптом 3. «Загнанность в клетку» Symptom 3. "Being trapped in a cage"	1.0 (0–8.7) ^{1–3, p = 0.014}	6.0 (0–7.2) ^{2–3, p = 0.022}	11.0 (4.0–16.5)
Симптом 4. Тревога и депрессия Symptom 4. Anxiety and depression	2.5 (0–5.0) ^{1–3, p = 0.001}	3.0 (0–11.5) ^{2–3, p = 0.026}	10.0 (7.5–17.0)
Фаза «резистенция» <i>Resistance</i>	61.5 (49.7–70.7)	67.0 (58.7–75.0)	65.0 (54.5–76.5)
Симптом 1. Неадекватное избирательное эмоциональное реагирование Symptom 1. Inadequate selective emotional response	16.0 (8.5–19.7)	15.0 (9.0–20.5)	17.0 (10.0–19.5)
Симптом 2. Эмоционально-нравственная дезориентация Symptom 2. Emotional and moral disorientation	18.0 (15.2–20.0)	15.5 (13.7–20.5)	17.0 (13.0–20.0)
Симптом 3. Расширение сферы экономии эмоций Symptom 3. Expanding the sphere of saving emotions	20.0 (11.0–23.0)	19.0 (12.2–22.2)	12.0 (7.0–20.5)
Симптом 4. Редукция профессиональных обязанностей Symptom 4. Reduction of occupational responsibilities	10.0 (8.0–13.2) ^{1–2, p = 0.003; 1–3, p = 0.001}	18.0 (15.0–20.0)	19.0 (16.5–23.0)
Фаза «истощение» <i>Exhaustion</i>	53.0 (38.5–71.2)	53.5 (47.5–60.0)	49.0 (43.0–59.5)
Симптом 1. Эмоциональный дефицит Symptom 1. Emotional deficit	14.0 (8.7–19.0)	10.0 (8.0–15.5) ^{2–3, p = 0.014}	15.0 (14.5–17.0)
Симптом 2. Эмоциональная отстраненность Symptom 2. Emotional distance	17.0 (7.0–21.2)	17.0 (11.5–20.2) ^{2–3, p = 0.023}	12.0 (8.0–14.0)
Симптом 3. Личностная отстранённость (деперсонализация) Symptom 3. Depersonalization	18.0 (9.5–18.5)	15.0 (10.0–18.0)	17.0 (10.0–20.0)
Симптом 4. Психосоматические и психовегетативные нарушения Symptom 4. Psychosomatic and psychovegetative disorders	5.0 (1.5–18.0)	10.0 (6.5–16.2)	8.0 (6.0–10.0)

Также выявлено, что уровень сформированности отдельных симптомов и фаз выгорания у респондентов различных групп отличался. Так, у лиц с АТ наблюдались статистически значимо высокие показатели фазы «напряжение» и формирующих её симптомов, при этом симптомы «переживание психотравмирующих обстоятельств», «неудовлетворённость собой» и «загнанность в клетку» можно считать сложившимися. Следует отметить, что у 52,9 [29,4–76,5]% лиц этой группы фаза «напряжение» сформирована в основном за счёт доминирования симптомов «переживание психотравмирующих обстоятельств» и «неудовлетворённость собой», у 23,5 [5,9–41,2]% фаза находилась в стадии формирования. При этом у респондентов с промежуточной степенью АТ эта фаза не сформирована в 55,6 [33,3–77,8]% случаев, у неалекситимических лиц – в 70 [40–99,7]% случаев.

У части обследованных во всех группах выявлена сформированность фазы «резистенция» (в первой группе – в 50 [20–80]% случаях, во второй – в 72,2 [50–88,9]% случаев, в третьей группе – в 64,7 [41,2–88,2]% случаев). Среди доминирующих симптомов, способствующих формированию этой фазы, следует выделить расширение сферы экономии эмоций у лиц без АТ и с промежуточной степенью АТ (70

и 50% случаев соответственно), у лиц с АТ – эмоционально-нравственную дезориентацию (35,3% случаев) и редукцию профессиональных обязанностей (47,1% случаев).

У значительной части обследованных формируется фаза «истощение» (в первой группе – в 50 [20–80]% случаях, во второй – в 77,8 [55,7–94,4]% случаев, в третьей – в 88,2 [70,6–100]% случаев). Для неалекситимических лиц и работников с промежуточной степенью АТ среди симптомов фазы «истощение» характерно доминирование эмоциональной отстранённости (40 и 33,3% случаев соответственно), для лиц с явными признаками АТ – деперсонализации и эмоционального дефицита (17,6 и 29,4% соответственно). В меньшей степени в фазе «истощение» выражен симптом психосоматических и психовегетативных нарушений.

С целью проверки гипотезы о роли алекситимии в формировании эмоционального выгорания был проведён корреляционный анализ связи между психоэмоциональными, характерологическими особенностями личности медицинских работников и симптомами фаз выгорания. Анализ взаимосвязей показал, что выраженность алекситимии статистически значимо коррелировала с ситуативной ($r_s = 0,555$; $p = 0,0001$) и личностной ($r_s = 0,648$; $p = 0,0001$) тревожностью,

депрессией ($r_s = 0,668$; $p = 0,0001$), фазой «напряжение» ($r_s = 0,616$; $p = 0,0001$) и характеризующими её симптомами (переживание психотравмирующих обстоятельств — $r_s = 0,444$, $p = 0,002$; неудовлетворённость собой — $r_s = 0,565$, $p = 0,0001$; «загнанность в клетку» — $r_s = 0,483$, $p = 0,001$; тревога и депрессия — $r_s = 0,538$, $p = 0,001$), а также с симптомом «редукция профессиональных обязанностей» фазы «резистенция» ($r_s = 0,545$; $p = 0,0001$). Кроме того, установлена положительная взаимосвязь между алекситимией и типами акцентуации характера (возбудимый — $r_s = 0,468$, $p = 0,001$; дистимический — $r_s = 0,676$, $p = 0,0001$; тревожно-боязливый — $r_s = 0,382$, $p = 0,01$; циклотимный — $r_s = 0,308$, $p = 0,042$), напряжённостью механизмов психологической защиты (вытеснение — $r_s = 0,580$, $p = 0,0001$; регрессия — $r_s = 0,369$, $p = 0,013$; проекция — $r_s = 0,295$, $p = 0,049$; замещение — $r_s = 0,368$, $p = 0,013$; интеллектуализация — $r_s = 0,348$, $p = 0,019$) и поведенческими стратегиями совладания ($r_s = 0,371$; $p = 0,012$). Следует отметить, что выявлены отрицательные корреляционные связи между алекситимией и демонстративным типом акцентуации личности ($r_s = -0,477$; $p = 0,001$), механизмом психологической защиты «отрицание» ($r_s = -0,408$; $p = 0,005$).

С учётом выявленной ассоциированности алекситимии с проявлениями фаз выгорания были выполнены анализ таблиц сопряжённости и расчёт относительного риска. Установлено, что выраженность алекситимии увеличивала риск формирования фазы «напряжение» ($RR = 5,54$; 95% ДИ 0,85–35,89; $\chi^2 = 6,24$; $p = 0,013$), симптома «редукция профессиональных обязанностей» фазы «резистенция» ($RR = 3$; 95% ДИ 0,67–9,302; $\chi^2 = 7,33$; $p = 0,007$) в 3–5,5 раза.

Обсуждение

Изучение алекситимии у медицинских работников показало, что неалекситимический тип личности встречается в 22,2% случаев, промежуточная степень алекситимии — в 40% случаев, алекситимический тип личности — в 37,8% случаев, что частично согласуется с исследованиями других авторов. Так, в эмпирических российских и зарубежных исследованиях показано, что у медицинских работников различных специальностей выявлялся как высокий [7, 19], так и низкий [6, 19, 20] уровень алекситимии.

Сравнительный анализ психометрических параметров и проявлений эмоционального выгорания в зависимости от выраженности алекситимии показал, что у лиц с АТ регистрировались высокие уровни ситуативной и личностной тревожности, депрессия различной степени выраженности, что в целом не противоречит исследованиям, в которых отмечалось, что высокие показатели АТ могут быть значимо связаны с выраженностью депрессии и тревоги [21–23]. Установлено, что лица с АТ чаще использовали неадаптивные формы поведенческих стратегий, адаптивные и относительно адаптивные варианты когнитивных и эмоциональных стратегий, что частично согласуется с результатами исследований других авторов, изучавших неадаптивные поведенческие копинг-стратегии [24]. Преобладание же в структуре когнитивных и эмоциональных копингов адаптивных и относительно адаптивных стратегий можно объяснить тем, что у лиц с высоким уровнем АТ при обработке эмоциональной информации наблюдался специфический паттерн «раннее избегание» (early avoidance) [25], когда при предъявлении эмоциональных стимулов у лиц с АТ снижалась активация в миндале и предклинье, что позволяло быстрее реагировать и не требовало большого вовлечения лобных и височных отделов коры больших полушарий, отвечающих за сложную семантическую обработку. Такую раннюю, почти автоматическую когнитивную реакцию можно интерпретировать как адаптивную когнитивную стратегию, которая позволяла быстро «отфильтровать» эмоциональную составляющую стрессора и перейти к его логическому анализу, не погружаясь в эмоции, то есть проблема эффективно решалась на уровне мыслей, а её эмоциональ-

ный контекст просто «выносился за скобки». Кроме того, можно предположить, что стратегии, которые определены нами как адаптивные, могут быть ригидными, заученными паттернами, позволяющими избегать эмоций, а не проживать и интегрировать их. В долгосрочной перспективе это может способствовать накоплению аллостатической нагрузки [26], так как эмоциональная сфера остаётся неотраженной. В исследовании Parker и соавт. также показано, что у лиц с АТ могут сочетаться незрелые психологические защиты и некоторые адаптивные копинги, если они не требуют глубокой эмоциональной переработки [24]. Выявленная высокая напряжённость незрелых, невротических механизмов психологической защиты у лиц с высоким уровнем АТ (вытеснение, регрессия, проекция, интеллектуализация, реактивные образования), вероятнее всего, следует рассматривать как компенсаторный механизм, который позволял сохранять когнитивный контроль ценой накопления эмоционального напряжения.

Результаты наших исследований также показали, что уровень сформированности отдельных симптомов и фаз выгорания у лиц с различной степенью выраженности АТ отличался. Так, у лиц с АТ наблюдались статистически значимо высокие показатели фазы «напряжение» и формирующих её симптомов, при этом у более 50% лиц этой группы фаза «напряжение» была сформирована в основном за счёт доминирования симптомов «переживание психотравмирующих обстоятельств» и «неудовлетворённость собой». Поскольку симптомы «переживание психотравмирующих обстоятельств» и «неудовлетворённость собой» проявляются как осознание психотравмирующих трудно устранимых факторов [12], доминирование их у алекситимичных лиц выглядит не вполне логично. Это можно объяснить дисфункциональной природой эмоциональной переработки у алекситимичных лиц, то есть неспособностью адекватно реагировать на стресс через осознание и обсуждение, что может привести к его трансформации в хроническое состояние и тотальное самообвинение.

Среди доминирующих симптомов фазы «резистенция», отражающих развитость механизмов психологической защиты, у лиц без АТ и с промежуточной степенью АТ преобладало расширение сферы экономии эмоций, которое проявлялось полным или частичным исключением эмоций в ответ на психотравмирующие воздействия [12]. У алекситимичных индивидуумов наблюдалась эмоционально-нравственная дезориентация, усугублявшая неадекватную реакцию в межличностных отношениях и редукцию профессиональных обязанностей, проявляясь в сокращении обязанностей, требующих эмоциональных затрат. Невозможность вербализовать психотравмирующие обстоятельства и ситуации способна приводить к экономии ресурсов организма через деформацию профессионального поведения, а не через регуляцию эмоций, что подтверждается выявленной нами взаимосвязью между АТ и симптомом «редукция профессиональных обязанностей» фазы «резистенция» ($r_s = 0,545$; $p = 0,0001$). Связь симптома «редукция профессиональных обязанностей» с АТ можно объяснить когнитивно-поведенческим искажением защитного механизма: из-за низкого уровня эмоционального интеллекта алекситимичный индивидуум не имел возможности переработать хронический стресс и выйти из фазы «напряжение», в результате через сознательное упрощение, формализацию рабочих задач и сопутствующие этому этические деформации включается примитивная защита, направленная на снижение психоэмоционального напряжения.

Установлено, что у значительной части обследованных формируется фаза «истощение», при этом доли респондентов с промежуточной и явно выраженной АТ составляли 77,8 и 88,2% соответственно. Важно, что у лиц без АТ в 40% случаев эта фаза не была сформирована, у работников с промежуточной степенью АТ и явно выраженной АТ она сформирована в 16,7 и 11,8% случаев соответственно. Из симптомов, формирующих данную фазу, доминировали

эмоциональная отстранённость у неалекситимических лиц и работников с промежуточной степенью АТ, деперсонализация и эмоциональный дефицит у индивидуумов с явными признаками АТ. По мнению Starita F. и соавт., АТ связана с нарушением способности обучаться на негативном эмоциональном опыте [27], поэтому специалист с явными признаками АТ не сможет гибко менять своё поведение, его стратегией будет упрощение (избегание) выполнения части профессиональных обязанностей. При этом такой способ защиты, вероятнее всего, не будет способствовать восстановлению ресурсов, а лишь временно снизит нагрузку, маскируя дезадаптацию, поэтому фаза «истощение» у лиц с АТ формируется чаще (по нашим данным, 88,2% случаев) и проявляется через эмоциональный дефицит и деперсонализацию. В исследованиях Javadzadeh A. и соавт. (2024), выполненном с участием медицинских сестёр, также показано, что между алекситимией и деперсонализацией существует умеренно значимая положительная корреляция ($r = 0,441$; $p < 0,001$) [20]. Нами установлено, что симптом психосоматических и психовегетативных нарушений фазы «истощение» выражен у обследованных медицинских работников в меньшей степени, но некоторые авторы рассматривают алекситимию как фактор риска развития психосоматических болезней [28].

В нашем исследовании выявлены в основном положительные корреляционные связи между алекситимией и психоэмоциональными, характерологическими особенностями личности, эмоциональным выгоранием, что согласуется с мнением ряда авторов [7, 8, 21–23, 29] и подтверждает тезис о том, что АТ тесно переплетена с базовыми структурами личности. Выявленная ассоциированность положительной направленности связи между уровнем АТ и выгоранием позволяет предполагать, что алекситимический радикал в структуре личности обследованных может способствовать снижению адаптивных ресурсов и становиться одним из факторов формирования выгорания. Нами установлено, что выраженность алекситимии увеличивала риск формирования фазы «напряжение», симптома «редукция профессиональных обязанностей» фазы «резистенция» в 3–5,5 раза.

Ограничением исследования является преимущественное включение респондентов одной профессиональной группы медицинских работников, что может не в полной мере от-

ражать общую картину. Поскольку данные о врождённом или вторичном характере АТ у обследованных отсутствуют, результаты настоящего исследования не могут в полной мере ответить на вопрос, что первично: является алекситимия предиктором выгорания или выгорание выступает как причина алекситимии. Вероятно, необходимы лонгитюдные исследования в динамике, что позволит получить более полное представление об алекситимии и выгорании у медицинского персонала. Тем не менее результаты исследований показывают значимость изучения эмоционального выгорания у медицинских работников, демонстрируя неоднозначность изучаемых феноменов и подчёркивая необходимость дальнейших исследований в этой области.

Заключение

Результаты выполненного исследования свидетельствуют о том, что алекситимия является широко распространённым феноменом среди медицинских работников: более 37% обследованных имеют в структуре личности алекситимический радикал, у 40% диагностирована промежуточная степень алекситимии. У этих лиц регистрируются статистически значимо высокие уровни ситуативной, личностной тревожности, депрессия различной степени выраженности, им присущ специфический профиль личностных акцентуаций с доминированием возбуждимого, дистимического, тревожно-боязливого и циклотимного типов, высокие показатели фазы «напряжение» и формирующих её симптомов. По результатам выполненных психометрических исследований алекситимию и эмоциональное выгорание следует рассматривать как взаимосвязанные компоненты, образующие сложный паттерн профессиональной дезадаптации медицинских работников. Наличие алекситимического радикала в структуре личности может способствовать формированию эмоционального выгорания. Возможно, присутствует и обратная связь, когда выгорание потенцирует развитие алекситимических черт. Полученные результаты обосновывают важность учёта личностных черт, в частности алекситимии, не только для понимания механизмов эмоционального выгорания, но и для разработки психопрофилактических мероприятий, в том числе индивидуальных, в рамках профилактики эмоционального выгорания медицинского персонала.

Литература

(п.п. 3, 4, 6, 7, 9, 20, 22–29 см. References)

- Горбянский Ю.Ю., Конторович Е.П., Понамарева О.П., Волынская Е.И., Крищенко В.Н. Психосоциальные производственные факторы и риск нарушений здоровья медицинских работников (тематический обзор). *Южно-Российский журнал терапевтической практики*. 2020; 1(3): 27–36. <https://doi.org/10.21886/2712-8156-2020-1-3-27-36> <https://elibrary.ru/setbiv>
- Попов В.В., Дьякова Ю.А., Новикова И.А. Факторы профессионального выгорания врачей-терапевтов поликлиник. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(3): 265–9. <https://elibrary.ru/yhswpd>
- Акимова А.К. Динамика рефлексивных характеристик личности в структуре профессионального выгорания. *Известия саратовского университета. Новая серия. Серия: Акмеология образования. Психология развития*. 2017; 6(4): 367–73. <https://doi.org/10.18500/2304-9790-2017-6-4-367-373> <https://elibrary.ru/zwztdp>
- Маршалкин А.П., Труфанова Г.К., Хлыстова Е.В. Анализ взаимосвязи эмоционального выгорания с проявлениями алекситимии и агрессии у педагогов системы специального образования. *Специальное образование*. 2019; (1): 102–12. <https://doi.org/10.26170/sp19-01-09>
- Ереско Д.Б., Исурина Г.Л., Кайдановская Е.В., Карвасарский Б.Д., Карпова Э.Б., Корепанова Т.Г. и др. *Алекситимия и методы её определения при пограничных психосоматических расстройствах*. СПб.: 2005. <https://elibrary.ru/vplwux>
- Водолянова Н.Е., Старченкова Е.С. *Синдром выгорания: диагностика и профилактика*. СПб.: Питер; 2008. <https://elibrary.ru/vnrgff>
- Бойко В.В. *Синдром «эмоционального выгорания» в профессиональном общении*. СПб.: Питер; 1999.
- Киришева Н.В., Рябчиков Н.В. *Психология личности: Тесты, опросники, методики*. М.: Геликон; 1995.
- Карвасарский Б.Д., Абаков В.А., Васильева А.В., Исурина Г.Л., Караваева Т.А., Назыров Р.К. и др. *Копинг-поведение у больных неврозами и его динамика под влиянием психотерапии*. СПб.: 1999. <https://elibrary.ru/ygyjlg>
- Вассерман Л.И., Ерышев О.Ф., Клубов Е.Б., Петрова Н.Н., Беспалько И.Г., Березин М.А. и др. *Психологическая диагностика индекса жизненного стиля*. СПб.: 2005.
- Кортнева Ю. *Диагностика актуальной проблемы*. М.: 2004. <https://elibrary.ru/ztjzvj>
- Кулешова М.В., Панков В.А. Психоэмоциональное состояние среднего медицинского персонала при формировании синдрома эмоционального выгорания. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(8): 830–5. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-8-830-835> <https://elibrary.ru/jobdrg>
- Панков В.А., Кулешова М.В. Эмоциональное выгорание медицинских работников и проявления акцентуации черт характера. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(7): 895–900. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-7-895-900> <https://elibrary.ru/hdygkl>
- Васильева И.А., Хамаза М.С., Кайгородова Н.З., Парамонова О.В. Синдром эмоционального выгорания в контексте преобладающей копинг-стратегии и выраженности алекситимии на примере онкологического центра «Надежда». *Вестник психологии и педагогики Алтайского государственного университета*. 2016; (1): 33–9. <https://elibrary.ru/wroukl>
- Зимогляд О.Е., Иванова Ю.С., Смирнова А.П., Волкова Е.И. Алекситимия и связанные с ней психические и психосоматические расстройства. *Клиническая медицина*. 2023; 101(4–5): 223–8. <https://doi.org/10.30629/0023-2149-2023-101-4-5-223-228> <https://elibrary.ru/oknoal>

References

- Gorblyansky Y.Y., Kontorovich E.P., Ponamareva O.P., Volynskaya E.I., Krishchenko V.N. Psychosocial occupational factors and the risk of health issues in healthcare workers (thematic review). *Yuzhno-Rossiiskii zhurnal terapevticheskoi praktiki*. 2020; 1(3): 27–36. <https://doi.org/10.21886/2712-8156-2020-1-3-27-36> <https://elibrary.ru/setbiv> (in Russian)
- Popov V.V., Dyakova Yu.A., Novikova I.A. Professional burnout factors in physicians of polyclinics. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(3): 265–9. <https://elibrary.ru/yhswpd> (in Russian)
- Prevalence, contributing factors, and mitigation strategies for burnout and job satisfaction among multidisciplinary healthcare workers: a systematic review including health administration, health informatics, pharmacists, dental professionals, EMS, and H. *Rev. Diabet. Stud.* 2025; 21(S5): 110–2.
- Alhassan M.A., Alarabi M.A., Alhassan S.A., Albalawi W.M., AlRabiah E.S. Prevalence of burnout and its risk and protective factors among healthcare workers in the Middle East, North Africa, and Turkey: a systematic review and meta-analysis. *Front. Psychol.* 2025; 16: 1539105. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1539105> <https://elibrary.ru/jholmu>
- Akimenko A.K. Dynamics of reflective personality characteristics in the structure of professional burnout. *Izvestiya saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Akmeologiya obrazovaniya. Psikhologiya razvitiya*. 2017; 6(4): 367–73. <https://doi.org/10.18500/2304-9790-2017-6-4-367-373> <https://elibrary.ru/zwztdp> (in Russian)
- Riethof N., Bob P., Laker M., Zmolikova J., Jiraskova T., Raboch J. Alexithymia, traumatic stress symptoms and burnout in female healthcare professionals. *J. Int. Med. Res.* 2020; 48(4): 300060519887633. <https://doi.org/10.1177/0300060519887633>
- Akhtar S., Khan M.J. Effect of occupational stress on burnout and alexithymia among mental health professionals. *Pak. J. Physiol.* 2019; 15(1): 48–51.
- Marshalkin A.P., Trufanova G.K., Khlystova E.V. Analysis of the correlation between emotional burnout and manifestations of alexithymia and aggression among special education teachers. *Spetsial'noe obrazovanie*. 2019; (1): 102–12. <https://doi.org/10.26170/sp19-01-09> (in Russian)
- Shang B., Chen R., Luo C., Lv F., Wu J., Shao X., et al. The relationship between alexithymia, depression, anxiety, and stress in elderly with multiple chronic conditions in China: a network analysis. *Front. Psychiatry*. 2023; 14: 1209936. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1209936> <https://elibrary.ru/eozsek>
- Eresko D.B., Isurina G.L., Kaidanovskaya E.V., Karvasarskii B.D., Karpova E.B., Korepanova T.G., et al. *Alexithymia and Methods of Its Determination in Borderline Psychosomatic Disorders (Aleksitimiya i metody ee opredeleniya pri pograniichnykh psikhosomaticheskikh rasstroistvakh)*. St. Petersburg; 2005. <https://elibrary.ru/vplwux> (in Russian)
- Vodop'yanova N.E., Starchenkova E.S. *Burnout Syndrome: Diagnosis and Prevention (Sindrom vygoraniya: diagnostika i profilaktika)*. Peter: St. Petersburg; 2008. <https://elibrary.ru/vnrjff> (in Russian)
- Boyko V.V. *Syndrom of «Emotional Burnout» in Professional Communication (Sindrom «emotsional'nogo vygoraniya» v professional'nom obshchenii)*. St. Petersburg: Piter; 1999. (in Russian)
- Kirshcheva N.V., Ryabchikova N.V. *Psychology of Personality: Tests, Questionnaires, Methods (Psikhologiya lichnosti: Testy, oprosniki, metodiki)*. Moscow: Gelikon; 1995. (in Russian)
- Karvasarskii B.D., Ababkov V.A., Vasil'eva A.V., Isurina G.L., Karavaeva T.A., Nazyrov R.K., et al. *Coping Behavior in Patients with Neurosis and Its Dynamics under the Influence of Psychotherapy (Koping-povedenie u bol'nykh nevrozami i ego dinamika pod vliyaniem psikhoterapii)*. St. Petersburg; 1999. <https://elibrary.ru/yqyljr> (in Russian)
- Wasserman L.I., Eryshev O.F., Klubova E.B., Petrova N.N., Bepalko I.G., Berebin M.A., et al. *Psychological Diagnostics of Lifestyle Index (Psikhologicheskaya diagnostika indeksa zhiznennogo stilya)*. St. Petersburg; 2005. (in Russian)
- Kortneva Yu. *Diagnostics of the Current Problem (Diagnostika aktual'noi problemy)*. Moscow; 2004. <https://elibrary.ru/ztjzvj> (in Russian)
- Kuleshova M.V., Pankov V.A. Psychoemotional state during the formation of emotional burnout syndrome in middle-grade medical staff. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(8): 830–5. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-8-830-835> <https://elibrary.ru/jobdrj> (in Russian)
- Pankov V.A., Kuleshova M.V. Features of emotional burnout in health care professionals and manifestations of character accentuation. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2025; 104(7): 895–900. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-7-895-900> <https://elibrary.ru/hdygkl> (in Russian)
- Vasilyeva I.A., Khamaza M.S., Kaigorodova N.Z., Paramonova O.V. Emotional burnout syndrome in the context of the prevailing coping strategy and severity of alexithymia: the example of the oncology center «Nadezhda». *Vestnik psikhologii i pedagogiki Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2016; (1): 33–9. <https://elibrary.ru/wroukl> (in Russian)
- Javadzadeh A., Sheikholeslami F., Maroufizadeh S., Javadi-Pashaki N. The relationship between alexithymia and burnout in nurses: A cross-sectional study. *J. Nurs. Rep. Clin. Pract.* 2024; 3(5): 426–34. <https://doi.org/10.32598/JNRCP.2408.1174> <https://elibrary.ru/vplobp>
- Zimoglyad O.E., Ivanova Yu.S., Smirnova A.P., Volkova E.I. Alexithymia and related mental and psychosomatic disorders. *Klinicheskaya meditsina*. 2023; 101(4–5): 223–8. <https://doi.org/10.30629/0023-2149-2023-101-4-5-223-228> <https://elibrary.ru/oknoal> (in Russian)
- Honkalampi K., Hintikka J., Laukkanen E., Lehtonen J., Viinamäki H. Alexithymia and depression: a prospective study of patients with major depressive disorder. *Psychosomatics*. 2001; 42(3): 229–34. <https://doi.org/10.1176/appi.psy.42.3.229> <https://elibrary.ru/ykgxdr>
- Kim J.H., Lee S.J., Rim H.D., Kim H.W., Bae G.Y., Chang S.M. The relationship between alexithymia and general symptoms of patients with depressive disorders. *Psychiatry Investig.* 2008; 5(3): 179–85. <https://doi.org/10.4306/pi.2008.5.3.179>
- Parker J.D., Taylor G.J., Bagby R.M. Alexithymia: relationship with ego defense and coping styles. *Compr. Psychiatry*. 1998; 39(2): 91–8. [https://doi.org/10.1016/s0010-440x\(98\)90084-0](https://doi.org/10.1016/s0010-440x(98)90084-0)
- Shu-Hui L. Neural basis of cognitive bias for emotions and social functioning in alexithymia. *Chin. J. Psychol.* 2023; 65(2): 163–85. [http://doi.org/10.6129/CJP.202306_65\(2\).0005](http://doi.org/10.6129/CJP.202306_65(2).0005)
- Panayiotou G., Panteli M., Vlemingx E. Adaptive and maladaptive emotion processing and regulation, and the case of alexithymia. *Cogn. Emot.* 2021; 35(3): 488–99. <http://doi.org/10.1080/02699931.2019.1671322> <https://elibrary.ru/gsglqt>
- Starita F., di Pellegrino G. Alexithymia and the Reduced Ability to Represent the Value of Aversively Motivated Actions. *Front. Psychol.* 2018; 9: 2587. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02587> <https://elibrary.ru/jdjpag>
- Lumley M.A., Stettner L., Wehmer F. How are alexithymia and physical illness linked? A review and critique of pathways. *J. Psychosom. Res.* 1996; 41(6): 505–18. [http://doi.org/10.1016/s0022-3999\(96\)00222-x](http://doi.org/10.1016/s0022-3999(96)00222-x)
- Mattila A.K., Ahola K., Honkonen T., Salminen J.K., Huhtala H., Joukamaa M. Alexithymia and occupational burnout are strongly associated in working population. *J. Psychosom. Res.* 2007; 62(6): 657–65. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2007.01.002>

Сведения об авторах

Панков Владимир Анатольевич, доктор мед. наук, зав. лаб. эколого-гигиенических исследований ФГБНУ ВСИМЭИ, 665827, Ангарск, Россия. E-mail: lmt_angarsk@mail.ru
Кулешова Марина Владимировна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. эколого-гигиенических исследований ФГБНУ ВСИМЭИ, 665827, Ангарск, Россия.

About the authors

Vladimir A. Pankov, DSc (Medicine), head, Ecological and hygienic research laboratory, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-3849-5630> E-mail: lmt_angarsk@mail.ru

Marina V. Kuleshova, senior researcher, Ecological and hygienic research laboratory, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9253-2028>



Сюрин С.А.

Возраст как фактор риска для здоровья горняков подземных рудников Кольского полуострова

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Влияние возрастного фактора на здоровье работников с вредными условиями труда остаётся во многом неизученным.

Цель исследования — изучение влияния возрастного фактора на здоровье горняков подземных рудников Кольского полуострова.

Материалы и методы. В десяти возрастных группах изучено влияние возрастного фактора на развитие и нозологическую структуру болезней (11 003 случая непрофессиональных и 1597 случаев профессиональных болезней). Источники информации: данные периодических медицинских осмотров и Мурманского областного реестра профессиональной патологии.

Результаты. Изменениями здоровья, связанными с увеличением возраста, были рост заболеваемости при непрофессиональной костно-мышечной патологии (с 4,1 до 158,11 случая на 100 работников), болезнях кровообращения (с 14,28 до 116,22 случая), болезнях уха (с 0 до 18,92 случая). Также выявлено снижение доли болезней органов дыхания у работников в возрасте 55 лет и старше ($p = 0,010$), органов пищеварения — в возрасте 40 лет — 44 года и старше ($p = 0,003 - < 0,001$), кожи — после 25–29 лет ($p = 0,015 - < 0,001$), эндокринной системы в возрасте ≥ 60 лет ($p = 0,011$). Установлено развитие костно-мышечной патологии в начале трудовой деятельности, а болезней кровообращения и уха — в её конце. С увеличением возраста доля здоровых работников снижалась: 33,3% в возрасте менее 20 лет до 0 к окончанию периода трудовой деятельности. Наиболее выраженный прирост числа профессиональных болезней отмечен в 41–45 лет. В возрасте старше 55 лет по сравнению с возрастом ≤ 40 лет заболеваемость увеличилась в 67,1 раза, а доля работников с профессиональной патологией выросла в 58,5 раза.

Ограничения исследования. Сопутствующее влияние на здоровье горняков изменений стажа, которое теоретически не должно отличаться в разных возрастных группах.

Заключение. Необходимо учитывать возрастные периоды повышенного риска развития нарушений здоровья, требующие целевых мероприятий для эффективной профилактики профессиональной патологии у горняков подземных рудников.

Ключевые слова: горняки; подземные рудники; возраст; риск для здоровья; непрофессиональные и профессиональные болезни; Кольский полуостров

Соблюдение этических стандартов. Данное исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Сюрин С.А. Возраст как фактор риска для здоровья горняков подземных рудников Кольского полуострова. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(8): 881–887. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-881-887> <https://elibrary.ru/ixuqjw>

Для корреспонденции: Сюрин Сергей Алексеевич, e-mail: kola.reslab@mail.ru

Вклад автора. Автор подтверждает единоличную ответственность за концепцию и дизайн исследования, сбор и анализ данных, интерпретацию результатов, а также подготовку рукописи.

Конфликт интересов. Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 17.04.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликована: 28.09.2026

Sergei A. Syurin

Age as a health risk for Kola Peninsula underground miners

North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The influence of age on the health in workers in hazardous working conditions remains largely unexplored.

Objective: To study the impact of age on the health of underground miners on the Kola Peninsula.

Materials and methods. We studied the impact of age on the development and nosological structure of 11,003 non-occupational and 1,597 occupational diseases in ten age groups. Data sources included periodic medical examinations and Murmansk regional registry of occupational pathologies.

Results. The changes in miners' health associated with increasing age include gains in the incidence of non-occupational musculoskeletal pathology (from 4.10 to 158.11 cases per 100 workers), circulatory diseases (from 14.28 to 116.22 cases), and ear diseases (from zero to 18.92 cases). Also, there was a decrease in the proportion of respiratory diseases at the age of 55 years and over ($p=0.010$), digestive diseases at the age of 40–44 and over ($p=0.003 - < 0.001$), skin diseases after the age of 25–29 ($p=0.015 - < 0.001$), and endocrine diseases at the age of ≥ 60 ($p=0.011$). An increase in the incidence of musculoskeletal pathology was observed at the beginning of working life, while a rise in circulatory and ear diseases took place at the end of working life. The proportion of healthy workers decreased with age from 33.3% at age < 20 to none at age over 55 years. The most pronounced increase in occupational diseases was observed among persons aged of 41–45 years. Among those aged over 55 years, compared to workers aged of ≤ 40 years, the incidence of occupational diseases increased by 67.1 times, and the proportion of workers with occupational pathologies increased by 58.5 times.

Limitations. The accompanying impact of changes in service length on miners' health, which should not theoretically differ in all age groups.

Conclusion. It is necessary to consider age periods with increased risk of developing health problems that require targeted preventive measures.

Keywords: underground miners; age; health risks; non-occupational and occupational diseases; Kola Peninsula

Compliance with ethical standards. Ethics approval was not required for the study.

For citation: Syurin S.A. Age as a health risk for Kola Peninsula underground miners. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(8): 881–887. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-881-887> <https://elibrary.ru/ixuqjw> (In Russ.)

For correspondence: Sergei A. Syurin, e-mail: kola.reslab@mail.ru

Contribution. The author confirms sole responsibility for the study conception and design, data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation. The author is responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interests. The author declares that there is no conflict of interests.

Funding. The study had no sponsorship.

Received: April 17, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

Введение

Подземная добыча рудного сырья — отрасль экономической деятельности Российской Федерации, в которой зафиксированы самые высокие показатели профессиональной заболеваемости работающих [1]. Ещё выше её уровень у горняков рудных месторождений в Арктике, превышающий в 3–5 раз общероссийские показатели [2]. Риски для здоровья горняков обусловлены повышенной тяжестью труда, общей и локальной вибрацией, шумом, пылегазовыми смесями, неблагоприятным микроклиматом рабочих мест и природно-климатическими условиями региона [3–5]. Среди нарушений здоровья, обусловленных профессиональной деятельностью, у горняков преобладают болезни костно-мышечной системы. Также значительно распространены вибрационная болезнь, нарушения слуха, болезни органов дыхания и нервной системы [6–8].

Наряду с вредными условиями труда на здоровье работающего человека влияют многочисленные факторы, не связанные с производством. К важнейшим относится возраст, признаваемый в разные периоды жизни человека немодифицируемым фактором риска развития многих острых и хронических болезней [9, 10]. Известно, что старение — это генетически запрограммированный естественный процесс функциональных и морфологических изменений органов и систем. Он приводит к снижению адаптационных возможностей организма при неблагоприятных условиях внутренней и окружающей среды, в том числе производственной [11–13].

Скорость, характер и степень инволютивных изменений организма при старении у каждого человека индивидуальны. Они зависят от сочетания генетических факторов, культивируемых вредных привычек, влияния окружающей среды. Образ жизни, физическая активность, характер питания, продолжение или прекращение трудовой деятельности могут замедлить или ускорить появление некоторых возрастных изменений [14, 15]. Старение человека долгое время считалось постепенным процессом второй половины жизни. Однако было доказано, что первые признаки старения появляются уже в возрасте 20–25 лет, и, кроме того, существуют два возрастных рубежа повышенного риска. Первый — 34–44 года, второй — 60 лет. Они сопровождаются значительными изменениями в составе белков, липидов, РНК и микробиоты организма, что существенно влияет на процессы старения. При этом специфические для каждого органа клетки замещаются недифференцированной жировой или соединительной тканью [16]. Важно отметить, что эти изменения, как правило, приходятся на период трудовой деятельности человека.

В современном мире вследствие улучшения бытовых и производственных условий, изменения характера питания, развития профилактических и медицинских технологий, из-за воздействия других факторов отмечается постоянное увеличение продолжительности жизни населения в большинстве развитых стран. По данным ВОЗ, в 2015–2050 гг. доля населения мира в возрасте старше 60 лет увеличится с 12 до 22%*, что ставит вопрос об увеличении продолжительности периода трудовой деятельности и о более позднем наступлении времени пенсионных выплат, в том числе и работникам с вредными условиями труда [17, 18].

В России, испытывающей дефицит трудовых ресурсов, более продолжительный период трудовой деятельности возрастного населения имеет большое экономическое значение. Однако в значительной степени остаются неизвестными критические пороги возраста и стажа, производственных нагрузок, режима труда безопасной более длительной трудовой деятельности с точки зрения максимально возможного сохранения здоровья работников [19, 20]. Ответы на эти вопросы позволят достигнуть экономических преимуществ

как для самого работника, так и общества в целом без необходимости дополнительных затрат на преодоление возникших нарушений здоровья.

Цель исследования состояла в изучении влияния возрастного фактора на состояние здоровья горняков подземных рудников Кольского полуострова.

Материалы и методы

На первом этапе изучены результаты периодических медицинских осмотров горняков ($n = 4501$) в 2003 г., когда было диагностировано 11 003 непрофессиональные болезни (НБ). На втором этапе проведён анализ 1597 профессиональных болезней (ПБ), выявленных впервые у 682 горняков из этой группы (данные Мурманского областного реестра профессиональной патологии). Изучены сведения о поле, возрасте, специальности, стаже, состоянии здоровья, степени утраты трудоспособности горняками, имеющими ПБ. Для сравнительного анализа выделены десять пятилетних возрастных групп в диапазоне от «не старше 19 лет» до «60 и лет и старше».

Методы статистической обработки числовых данных (ПО Microsoft Excel 2016) включали определение t -критерия Стьюдента для независимых выборок, хи-критерия Пирсона (χ^2), критерия аппроксимации (R^2), критерия корреляции Пирсона (r) относительного риска (ОР) и 95%-го доверительного интервала (ДИ). Результаты представлены в виде среднего арифметического и его стандартной ошибки ($M \pm m$). Различия показателей считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Среди работников, прошедших периодический медицинский осмотр, мужчин было 4070 (90,4%), женщин — 431 (9,6%). Их возраст варьировал от 18 до 69 лет, в среднем $37,7 \pm 0,1$ года. Продолжительность стажа на горнодобывающих предприятиях — от 6 мес до 48 лет при среднем показателе $11,8 \pm 0,2$ года. Между возрастом и продолжительностью стажа выявлена высокая степень корреляции: $r = 0,861$. Следовательно, большая часть или вся трудовая деятельность горняков обследованной группы была связана с добычей рудного сырья на данном предприятии. Всего в медосмотре участвовали горняки 47 специальностей. Наиболее многочисленными были профессиональные группы слесарей-ремонтников ($n = 837$), горнорабочих подземных ($n = 312$), машинистов подземного электровоза ($n = 299$), взрывников ($n = 272$), проходчиков ($n = 250$).

Горняки всех специальностей, занятые на подземных работах, имели вредные условия труда. У проходчика на ручной проходке, бурильщика шпуров, взрывника, машиниста вибропогрузочной установки, дробильщика итоговый класс условий труда определялся как 3.2–3.3 (вредные условия труда 2–3-й степеней). У машиниста буровой установки, скреперной лебёдки, погрузочно-доставочной, подземной самоходной машины, крепильщика, горнорабочего очистного забоя, горнорабочего подземного условия труда оценивались как 3.1–3.2 (вредные условия труда 2-й степени). У машиниста электровоза, электрогазосварщика, слесаря, люкового, раздатчика взрывных веществ, стволового, машиниста подъёмной машины, ламповщика, горного мастера условия труда соответствовали классу 3.1 (вредные условия труда 1-й степени).

Средний возраст и средний стаж во всех возрастных группах работников превышали исходный уровень и показатели предыдущей группы (табл. 1). Связь между возрастом и стажем снижалась от весьма высокой ($r = 0,95$ при возрасте ≤ 20 лет) до слабой ($r = 0,105$ при возрасте ≥ 60 лет). В начале трудовой деятельности (возраст 18–19 лет) треть работников характеризовалась как практически здоровые лица (без хронических нарушений здоровья). Наиболее часто в этой группе выявлялись НБ глаза, органов пищеварения, кожи и системы кровообращения.

* Всемирная организация здравоохранения. Вопросы здравоохранения. Старение и здоровье. Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>

Характеристика работников подземных рудников различных возрастных групп

Characteristics of underground miners of different age groups

Показатель Indicator	Возраст / Age, лет / yrs									
	≤ 19 n = 42	20–24 n = 551	25–29 n = 696	30–34 n = 688	35–39 n = 596	40–44 n = 571	45–49 n = 607	50–54 n = 428	55–59 n = 248	≥ 60 n = 74
Средний возраст, лет / Mean age, yrs	18.9 ± 0.1	22.6 ± 0.1*	27.1 ± 0.1**	31.8 ± 0.1**	38.0 ± 0.1**	42.1 ± 0.1**	47.0 ± 0.1**	51.8 ± 0.1**	56.6 ± 0.1**	61.9 ± 0.3**
Средний стаж, лет / Mean work length, yrs	1.16 ± 0.07	2.18 ± 0.05*	4.07 ± 0.08**	6.91 ± 0.12**	9.94 ± 0.19**	14.7 ± 0.2**	18.2 ± 0.3**	23.1 ± 0.3**	26.0 ± 0.4**	33.2 ± 0.8**
Здоровые лица, n (%) / Healthy persons, n (%)	14/33.3	164/29.8	69/23.6	143/20.8	74/12.4**	44/7.7**	34/5.6	14/3.3	5/2.0	0
Число болезней у одного горняка Number of diseases per miner, случаи / cases	1.14 ± 0.16	1.23 ± 0.05	1.45 ± 0.04#	1.66 ± 0.10*	2.38 ± 0.08**	2.97 ± 0.11*	3.43 ± 0.10*	4.08 ± 0.12**	4.44 ± 0.15**	4.88 ± 0.27**
Классы болезней, случаи (%) / Disease categories, / cases (%)										
Костно-мышечной системы Musculoskeletal diseases	2/4.8	107/15.9*	224/22.2*	317/27.8*	454/32.1*	656/38.7*	823/39.6	691/39.5	423/38.4	117/32.4
Болезни глаза / Eye diseases	8/16.7	166/24.6	253/25.1	257/22.5**	225/15.9*	246/14.5*	253/12.2	230/13.2	141/12.8	49/13.6
Системы кровообращения / Circulatory diseases	6/12.5	48/7.1	60/6.0	95/8.3*	126/8.9**	203/12.0**	280/13.5	258/14.8	187/17.0	86/23.8*
Органов дыхания / Respiratory diseases	6/12.5	95/14.1	122/12.1	127/11.1**	157/11.1*	127/7.5*	171/8.2	126/7.2	63/5.7	14/3.9
Органов пищеварения / Digestive diseases	8/16.7	73/10.8	88/8.7	96/8.4**	112/7.9**	101/6.0*	102/4.9*	71/4.1*	46/4.2*	14/3.9*
Инфекционные болезни / Infectious diseases	1/2.1	33/4.9	52/5.2	36/3.2*	55/3.9*	44/2.6*	44/2.1	40/2.3	16/1.5	11/3.0
Болезни кожи / Skin diseases	7/14.6	70/10.4	59/5.9	47/4.1*	44/3.1*	43/2.5**	32/1.5*	15/1.0*	14/1.3*	4/1.1*
Эндокринной системы / Endocrine diseases	4/8.3	20/3.0	45/4.5	55/4.8	83/5.9	87/5.1	121/5.8	77/5.2	54/4.9	7/1.9*
Нервной системы / Nervous diseases	0	15/2.2	24/2.4	28/2.5**	46/3.2*	53/3.1*	83/4.0	56/3.8	32/2.9	5/1.4
Мочеполовой системы / Genitourinary diseases	4/8.3	28/4.1	34/3.4	40/3.5	49/3.5	54/3.2	49/2.4	55/3.7	26/2.4	14/3.9
Болезни уха / Ear diseases	0	12/1.8	18/1.8	18/1.6*	31/4.0**	35/2.1**	65/3.1	76/5.1	69/6.3	28/7.8
Другие классы / Other categories	2/4.2	8/1.2	28/2.8	26/2.3	51/2.2*	46/2.7	56/2.7	54/3.7	29/2.6	12/3.3

Примечание. * – различия ($p < 0,05$) между возрастной группой ≤ 19 лет и остальными группами; # – различия ($p < 0,05$) с предыдущей группой.
 Note: * – differences ($p < 0.05$) between the age group ≤ 19 years and other groups; # – differences ($p < 0.05$) with the previous group.

В первые пять лет значимые изменения здоровья горняков проявлялись только увеличением доли НБ костно-мышечной системы ($p = 0,029$), и этот тренд непрерывно сохранялся до возраста 40–44 года включительно. При этом различия между смежными пятилетними группами не были значимыми, а различия возникали на десятилетних временных отрезках: 20 лет – 24 года и 30 лет – 34 года ($p < 0,001$), 25–29 лет и 35–39 лет ($p < 0,001$), а также 30 лет – 34 года и 40 лет – 44 года ($p < 0,001$). Начиная с возраста 40 лет – 44 года в пяти последующих возрастных группах доля болезней костно-мышечной системы среди всех нарушений здоровья горняков не изменялась.

С увеличением возраста отмечались изменения состояния здоровья: по сравнению с началом трудовой деятельности уменьшились доли болезней органов дыхания у работающих 55 лет и старше ($p = 0,01$), болезней органов пищеварения – в возрасте от 40–44 лет и старше ($p = 0,003 - < 0,001$), болезни кожи – после возрастного периода 25–29 лет ($p = 0,015 - < 0,001$), болезнью эндокринной системы – в возрасте 60 лет и старше ($p = 0,011$).

Число НБ, выявляемых у одного работника, впервые превысило исходный уровень только в возрастной группе 30 лет – 34 года ($p = 0,006$). В последующем оно увеличивалось через каждые пять лет до возрастного периода 50 лет – 54 года ($p = 0,002 - < 0,001$) со стабилизацией показателей в возрастных группах 55–59 и 60 лет и старше. Доля здоровых лиц постоянно снижалась с увеличением возраста. В возрасте 35–39 лет она была ниже начального уровня ($p < 0,001$), а в возрасте 60 лет и старше здоровых лиц среди горняков уже не было.

В смежных возрастных группах риск развития хронических НБ был выше в возрасте 25–29 лет по сравнению с возрастной группой от 20 до 24 лет (ОР = 1,08; ДИ 1,01–1,16), в возрасте 35–39 лет – по сравнению с группой от 30 до 34 лет (ОР = 1,11; ДИ 1,05–1,16), в возрасте от 40 до 44 лет – по сравнению с возрастом 35–39 лет (ОР = 1,05; ДИ 1,01–1,1), в возрасте от 50 до 54 лет – по сравнению с группой 45–49 лет (ОР = 1,03; ДИ 1–1,05), а также в возрасте 60 лет и старше по сравнению с группой 55–59 лет (ОР = 1,02; ДИ 1–1,04).

Самые высокие показатели заболеваемости для всех классов болезнью отмечались в возрасте работников от 40 до 44 лет и старше (за исключением болезней мочеполовой системы в возрасте до 20 лет). Такое увеличение, коррелирующее с возрастом, произошло в шести классах болезней: костно-мышечной системы ($R^2 = 0,952$), уха ($R^2 = 0,877$), системы кровообращения ($R^2 = 0,832$), мочеполовой ($R^2 = 0,556$) и нервной ($R^2 = 0,664$) систем, а также

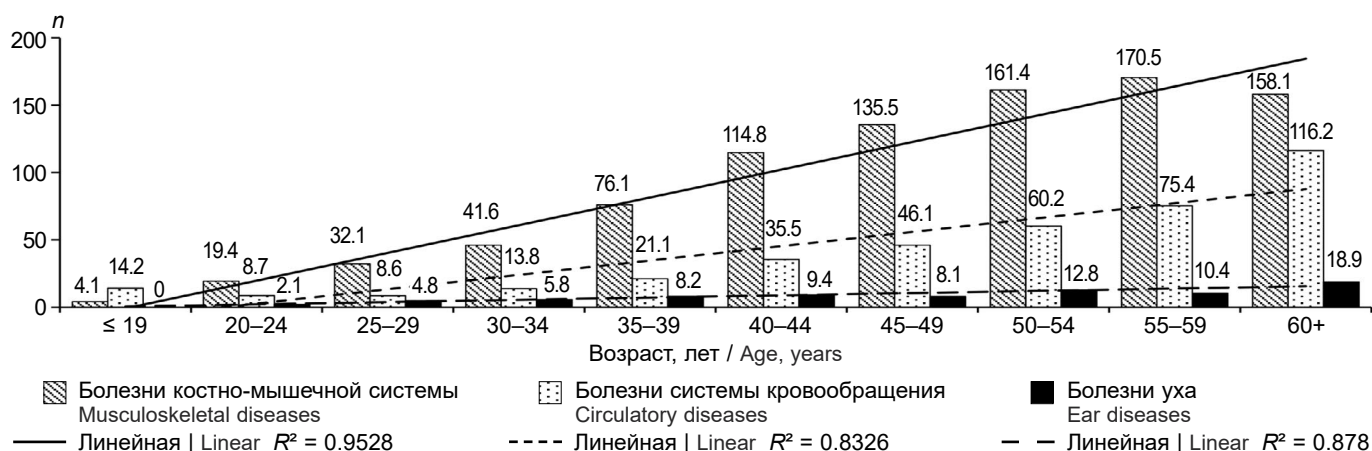


Рис. 1. Частота непрофессиональных болезней костно-мышечной системы, системы кровообращения и болезней уха в различных возрастных группах горняков (число случаев на 100 работников).

Fig. 1. Prevalence of non-occupational diseases of the musculoskeletal system and the circulatory and ear diseases in different age groups of miners (cases per 100 workers).

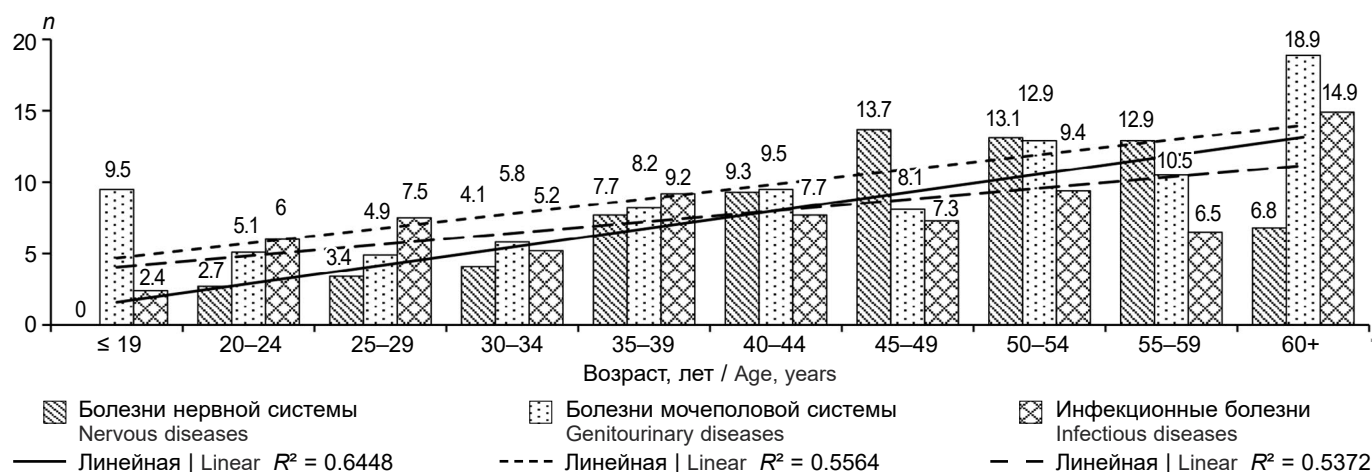


Рис. 2. Частота непрофессиональных болезней нервной и мочеполовой систем, инфекционных болезней в различных возрастных группах горняков (число случаев на 100 работников).

Fig. 2. Prevalence of non-occupational nervous, genitourinary, and infectious diseases in different age groups of miners (cases per 100 workers).

инфекционных болезней ($R^2 = 0,537$). При этом наиболее выраженный рост числа НБ в расчёте на 100 работников отмечен при костно-мышечной патологии (рис. 1, 2).

Не было выявлено изменений показателей заболеваемости, связанных с увеличением возраста горняков, при патологиях эндокринной системы ($R^2 = 0,446$), болезнях органов дыхания ($R^2 = 0,411$) и пищеварения ($R^2 = 0,214$). Только при болезнях кожи произошло значимое снижение ($R^2 = 0,703$).

В течение 2004–2023 гг. были впервые выявлены 1597 ПБ у 682 горняков подземных рудников (мужчины, средний возраст $51,1 \pm 0,2$ года, стаж работы на рудниках – $24,5 \pm 0,3$ года). Между показателями возраста и стажа отмечена умеренная степень связи: $r = 0,627$. Среди заболевших были горняки 22 специальностей. Чаще профессиональные болезни выявлялись у проходчиков ($n = 158$), взрывников ($n = 72$), машинистов погрузочно-доставочных машин ($n = 68$), машинистов буровой установки и бурильщиков шпуров ($n = 67$), машинистов подземного электровоза ($n = 64$), горнорабочих очистного забоя ($n = 49$), крепильщиков ($n = 38$). Реже ПЗ развивались у машинистов подземных самоходных машин ($n = 17$), слесарей подземных ($n = 13$), электрогазосварщиков ($n = 12$), дробильщиков ($n = 11$), машинистов вибропогрузочных установок ($n = 9$) и в некоторых других профессиональных группах.

Возраст работников при первичном выявлении ПБ варьировал от 31 года до 72 лет. Число работников в возрасте младше 40 лет было наименьшим, а наибольшим – в группе от 50 до 54 лет. Степень связи возраста и продолжительности стажа в группе младше 40 лет была умеренной ($r = 0,493$), а в остальных группах – слабой ($r = 0,114–0,239$). В каждой возрастной группе средний стаж работников был выше, чем в предыдущей ($p < 0,001$). В структуре профессиональной патологии доля болезней костно-мышечной системы составляла более половины и значимо не отличалась во всех возрастных группах. Доля вибрационной болезни была наибольшей в возрасте до 40 лет. В сравнении с этим показателем она последовательно уменьшалась в возрастных группах от 40 до 44 лет ($p = 0,032$), от 45 до 49 лет ($p = 0,004$), от 50 до 54 лет ($p < 0,002$), 55 лет и старше ($p < 0,001$). Кроме того, в возрастной группе 55 лет и старше доля вибрационной болезни была меньше, чем в группе от 50 до 54 лет ($p = 0,026$). При этом доля нейросенсорной тугоухости в возрасте работников до 40 лет была минимальной; в сравнении с этим уровнем отмечалось её последовательное увеличение в возрастных группах от 40 до 44 лет ($p = 0,019$), от 45 до 49 лет ($p = 0,006$), от 50 до 54 лет ($p = 0,002$), 55 лет и старше ($p < 0,001$). Также доля нейросенсорной тугоухости у работников 55 лет и старше была больше, чем в группе от 50 до 54 лет ($p = 0,005$). Распространённость болезней нервной системы

Таблица 2 / Table 2

Возрастная характеристика горняков с профессиональной патологией

Age characteristics of miners with occupational pathology

Показатель Indicator	Возраст / Age, лет / yrs				
	≤ 39 n = 34	40–44 n = 93	45–49 n = 185	50–54 n = 195	≥ 55 n = 175
Средний стаж, лет Average length of service, yrs	15.2 ± 0.8	19.1 ± 0.4*#	21.1 ± 0.4*#	26.5 ± 0.3*#	30.7 ± 0.4*#
Болезни костно-мышечной системы, случаи (%) Musculoskeletal diseases, cases (%)	41 (61.2)	123 (56.1)	249 (58.6)	276 (58.6)	238 (56.7)
Вибрационная болезнь, случаи (%) Vibration disease, cases (%)	23 (34.3)	57 (26.6)*	95 (22.5)	87 (18.4)*	54 (12.9)*#
Нейросенсорная тугоухость, случаи (%) Sensorineural hearing loss, cases (%)	1 (1.5)	23 (10.7)*	56 (13.2)*	81 (17.1)*	100 (23.9)*#
Болезни нервной системы, случаи (%) Nervous diseases, cases (%)	2 (5.9)	7 (3.3)	16 (3.8)	22 (4.7)	13 (3.1)
Болезни органов дыхания, случаи (%) Respiratory diseases, cases (%)	0	4 (1.9)	9 (1.9)	7 (1.5)	13 (3.1)
Среднее число болезней у одного работника, случаи Average number of diseases per employee, cases	1.97 ± 0.18	2.30 ± 0.11	2.23 ± 0.08	2.42 ± 0.09*	2.40 ± 0.08*
Общая профессиональная заболеваемость, случаи на 10 000 работников Overall occupational morbidity, cases per 10,000 workers	12.50	175.41	392.86	592.73	839.36
Доля работников с профессиональной патологией, n (%) Proportion of workers with occupational pathology, n (%)	0.06	0.77*	1.59*	2.44*	3.51*
Степень потери трудоспособности, % Degree of working capacity loss, %	32.0 ± 1.2	29.1 ± 0.9	29.6 ± 0.7	29.4 ± 0.6	31.0 ± 0.8
Работники с инвалидностью, n (%) Workers with disabilities, n (%)	2 (6.9)	8 (6.3)	28 (15.1)*	36 (18.5)*	32 (18.3)*

Примечание. * – различия при $p < 0,05$ с возрастной группой до 39 лет; # – различия при $p < 0,05$ с предыдущей возрастной группой.

Note: * – differences at $p < 0.05$ with the age group up to 39 years; # – differences at $p < 0.05$ with the previous age group.

и органов дыхания не превышала 5,9% и мало изменялась в сравниваемых пяти возрастных группах.

По сравнению с возрастной группой до 40 лет число нозологических форм ПБ, диагностируемых у одного горняка, было больше в возрастной группе от 50 до 54 лет ($p = 0,026$), 55 лет и старше ($p = 0,03$). Уровень профессиональной заболеваемости резко повысился в возрасте от 40 до 44 лет (в 14 раз) и далее продолжал стабильно повышаться: в 2,24; 1,15 и 1,42 раза. Сходные изменения отмечены у работников с профессиональной патологией: резкий рост профессиональной заболеваемости в возрасте от 40 до 44 лет (в 12,8 раза) с последующим более медленным повышением в старших возрастных группах (в 1,44–2,1 раза). Процентная доля утраты трудоспособности не имела значимых возрастных различий, но доля работников, признанных инвалидами, в возрасте до 40 лет и возрасте от 40 до 44 лет была меньше, чем в возрастных группах от 45 до 49 лет ($p = 0,027$), от 51 года до 56 лет ($p = 0,007$), а также у работников 56 лет и старше ($p = 0,008$). В целом наиболее выраженные негативные изменения здоровья горняков происходили в возрасте от 40 до 44 лет. В последующем они прогрессировали, но были менее выраженными (табл. 2).

Проведена дополнительная оценка динамики профессиональной заболеваемости в пяти возрастных группах при патологиях костно-мышечной системы, вибрационной болезни и нейросенсорной тугоухости, на которые в совокупности приходилось 94,2% всех случаев патологии (рис. 3). Применение критерия аппроксимации показало, что по мере увеличения возраста работников происходит значимое повышение заболеваемости болезнями костно-мышечной системы ($R^2 = 0,995$), вибрационной болезнью ($R^2 = 0,915$) и нейросенсорной тугоухостью ($R^2 = 0,901$).

Кроме того, было выявлено, что увеличение возраста было связано с ростом числа ПБ, диагностируемых у одного работника ($R^2 = 0,572$), уровня общей профессиональной заболеваемости ($R^2 = 0,995$), доли лиц с профессиональной патологией ($R^2 = 0,995$), доли лиц с установленной инвалидностью ($R^2 = 0,845$). Отсутствовала связь увеличения возраста работников с процентной долей утраты трудоспособности ($R^2 = 0,047$).

По сравнению с возрастом до 40 лет риск развития ПБ был выше во всех остальных возрастных группах: ОР = 5,64; ДИ 1,1–29 в группе от 41 года до 45 лет; ОР = 9,52; ДИ 2,06–43,92 в группе 46–50 лет; ОР = 15; ДИ 3,3–68,19 в группе от 51 года до 55 лет и ОР = 17,94; ДИ 3,9–82,65 при возрасте старше 55 лет. При этом значимые различия между группами 41–45, 46–50, 51–55 и старше 55 лет отсутствовали.

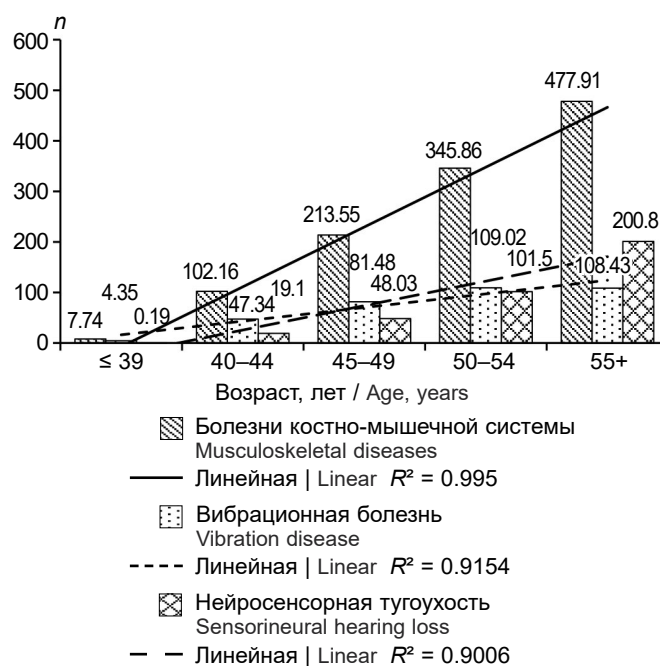


Рис. 3. Динамика показателей заболеваемости наиболее распространёнными профессиональными болезнями по мере увеличения возраста работников.

Fig. 3. Trend in the most prevalence of most occurring occupational diseases as the age of workers increases.

Обсуждение

Проведённое исследование подтвердило вывод о том, что увеличение возраста и связанное с ним старение организма снижают функциональные возможности организма и обуславливают закономерное развитие нарушений здоровья [10, 13, 21]. Однако это не равномерный монотонный процесс, во всяком случае — у горняков подземных рудников. В нём наблюдались периоды ускоренных и замедленных функциональных и морфологических изменений при различных болезнях. Наиболее выраженное ухудшение показателей профессионального здоровья (заболеваемость, число заболеваний у одного горняка, костно-мышечная патология, вибрационная болезнь) отмечено у горняков возрастной группы от 40 до 44 лет. Возможно, это проявления критических точек и периодов старения организма [16], а также различий в хронологическом и биологическом возрасте человека [12, 17, 22].

Полученные результаты дают основание для обсуждения целесообразности ряда практических действий, направленных на предотвращение рисков для здоровья и предупреждение уменьшения периода трудоспособности горняков. Известно, что такие риски создают прежде всего формирующиеся в период трудовой деятельности болезни костно-мышечной системы [2, 8]. Поскольку было выявлено наиболее быстрое развитие этих патологий в первые пять лет трудовой деятельности, следует рассмотреть целесообразность допуска к подземным работам не с 18 лет (по действующему законодательству), а в более позднем возрасте. Например, с 21 года при более сформированных структурах опорно-двигательного аппарата.

Число болезней костно-мышечной системы и их доля в общей структуре профессиональной патологии увеличивались с момента допуска к выполнению подземных работ до возраста 55–59 лет, следовательно, применяемая методика профилактики (начала профилактических мероприятий только после выявления даже самых ранних патологических изменений) неэффективна. Она не приводит к регрессии

этих изменений и не останавливает их прогрессирования. Поэтому профилактика болезней костно-мышечной системы немедикаментозными и медикаментозными методами может быть более эффективной при проведении с самого начала трудовой деятельности до появления ранних симптомов.

Однозначного ответа на вопрос о безопасности и целесообразности увеличения длительности периода допуска к подземным работам возрастных горняков данное исследование не даёт. Но надо отметить, что начиная с возраста 40–44 лет замедляется прирост числа патологий костно-мышечной системы и их доли в общей структуре профессиональных болезней. Более того, в возрасте 60 и старше по сравнению с возрастом 55–59 лет выявлена тенденция к снижению уровня этих показателей. В то же время в возрасте 60 лет и старше у горняков отмечается наиболее выраженный рост распространённости болезней системы кровообращения и нейросенсорной тугоухости, что необходимо учитывать при проведении профилактических мероприятий в предшествующих возрастным периодах.

Ограничением исследования является возможное влияние на состояние здоровья горняков изменений длительности стажа, который теоретически должен быть сопоставимым во всех возрастных группах. Известно, что дифференциация влияния на здоровье производственных и непроизводственных факторов при их сочетанном действии — сложная и не всегда выполнимая задача. Вероятно, новые методы анализа клинического материала (оценка профессиональной и непрофессиональной фракций годового прироста риска хронических нарушений здоровья и др.) могут способствовать её решению [19, 23].

Заключение

Для повышения эффективности профилактики профессиональной патологии у горняков подземных рудников Кольского полуострова необходимо учитывать возрастные периоды повышенного риска развития нарушений здоровья, требующих целевых мероприятий.

Литература

- Чиботарев А.Г. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости работников горнодобывающих предприятий. *Горная промышленность*. 2018; (1): 92–5. <https://elibrary.ru/yvoshx>
- Сюрин С.А. Профессиональная патология горняков подземных рудников Кольского полуострова (14-летнее лонгитудинальное обсервационное исследование). *Здоровье населения и среда обитания* – *ЗНУСО*. 2024; 32(5): 42–52. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-5-42-52> <https://elibrary.ru/keuteq>
- Бухтияров И.В. Проблемы медицины труда на горнодобывающих предприятиях Сибири и Крайнего Севера. *Горная промышленность*. 2013; (5): 77. <https://elibrary.ru/tjlrpt>
- Горяев Д.В., Фадеев А.Г., Шур П.З., Фокин В.А., Зайцева Н.В. Гигиеническая оценка условий труда и профессиональной заболеваемости работников горнодобывающей промышленности в Арктической зоне Норильского промышленного района. *Анализ риска здоровью*. 2023; (2): 88–94. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.2.08> <https://elibrary.ru/nliwot>
- Donaldson S., Adlard B., Odland J.O. Overview of human health in the Arctic: conclusions and recommendations. *Int. J. Circumpolar Health*. 2016; 75: 33807. <https://doi.org/10.3402/ijch.v75.33807>
- Скрипаль Б.А. Состояние здоровья и заболеваемость рабочих подземных рудников горно-химического комплекса Арктической зоны Российской Федерации. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016; 56(6): 22–6. <https://elibrary.ru/wccskp>
- Gendler S.G., Rudakov M.L., Falova E.S. Analysis of the risk structure of injuries and occupational diseases in the mining industry of the Far North of the Russian Federation. *Scientific Bulletin of National Mining University*. 2020; 2020(3): 81–5. <https://elibrary.ru/hfbbde>
- Syurin S.A., Kovshov A.A., Odland J.O., Talykova L.V. Retrospective assessment of occupational disease trends in Russian Arctic apatite miners. *Int. J. Circumpolar Health*. 2022; 81(1): 2059175. <https://doi.org/10.1080/22423982.2022.2059175> <https://elibrary.ru/hfbbde>
- Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д., Шилов В.В. Возрастная уязвимость работников к факторам производственной среды. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(8): 807–11. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-807-811> <https://elibrary.ru/tmcmmf>
- Гантман А.А., Горблянский Ю.Ю., Конторович Е.П., Понамарева О.П. Концепция здорового старения на работе. *Медицинский вестник Юга Рос-*
- сии*. 2022; 13(4): 5–13. <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2022-13-4-5-13> <https://elibrary.ru/wooejh>
- Михеев Р.К., Андреева Е.Н., Григорян О.Р., Шереметьева Е.В., Абсатрова Ю.С., Одарченко А.С. и др. Молекулярные и клеточные механизмы старения: современные представления (обзор литературы). *Проблемы эндокринологии*. 2023; 69(5): 45–54. <https://doi.org/10.14341/probl13278> <https://elibrary.ru/goblp>
- Preston J., Biddell B. The physiology of ageing and how these changes affect older people. *Medicine*. 2021; 49(1): 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.mpmed.2020.10.011> <https://elibrary.ru/igoyfo>
- Guo J., Huang X., Dou L., Yan M., Shen T., Tang W., et al. Aging and aging-related diseases: from molecular mechanisms to interventions and treatments. *Signal Transduct. Target. Ther.* 2022; 7(1): 391. <https://doi.org/10.1038/s41392-022-01251-0>
- Ларина В.Н., Ларин В.Г., Врублевский А.Н., Самородская И.В. Процесс старения организма с позиции многофакторных изменений. *Лечебное дело*. 2023; (4): 8–16. <https://doi.org/10.24412/2071-5315-2023-13022> <https://elibrary.ru/oliimg>
- Chmielewski P.P. Human ageing as a dynamic, emergent and malleable process: from disease-oriented to health-oriented approaches. *Biogerontology*. 2020; 21(1): 125–30. <https://doi.org/10.1007/s10522-019-09839-w> <https://elibrary.ru/evjjcd>
- Shen X., Wang C., Zhou X., Zhou W., Hornburg D., Wu S., et al. Nonlinear dynamics of multi-omics profiles during human aging. *Nat. Aging*. 2024; 4(11): 1619–34. <https://doi.org/10.1038/s43587-024-00692-2> <https://elibrary.ru/jomfim>
- Melzer D., Pilling L.C., Ferrucci L. The genetics of human ageing. *Nat. Rev. Genet.* 2020; 21(2): 88–101. <https://doi.org/10.1038/s41576-019-0183-6> <https://elibrary.ru/othyrh>
- Каримов Д.Д., Эрдман В.В., Кудояров Э.Р., Валова Я.В., Смолянкин Д.А., Репина Э.Ф. и др. Профессиональные факторы риска и старение человека (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2022; 101(4): 375–81. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-4-375-381> <https://elibrary.ru/dqamqz>
- Сорокин Г.А., Сюрин С.А., Кирьянова М.Н. Возрастная динамика рисков хронических болезней у горняков и металлургов Кольского Заполярья. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(1): 63–70. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-1-63-70> <https://elibrary.ru/nzckse>
- Каримов Д.Д., Кудояров Э.Р., Мухаммадиева Г.Ф., Зиятдинова М.М., Байильдин С.С., Якупова Т.Г. Биомаркеры старения в исследовании профессионально обусловленных вредных воз-

Original article

- действий (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2021; 100(11): 1328–32. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1328-1332> <https://elibrary.ru/zjkjkh>
21. Сюрин С.А. Возрасто-стажевые особенности развития и структуры нарушений здоровья у горняков Кольского Заполярья. *Российская Арктика*. 2021; (3): 18–31. <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2021-3-00-02> <https://elibrary.ru/sdttaf>
 22. Шпагина Л.Н., Филимонов С.Н. Оценка биологического возраста и темпа старения как показателя состояния здоровья шахтеров Кузбасса. *Фундаментальные исследования*. 2013; (7-3): 666–9. <https://elibrary.ru/qoyrgh>
 23. Сорокин Г.А. Возрастная и стажевая динамика показателей здоровья работающих как критерий для сравнения профессиональных и непрофессиональных рисков. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(4): 355–61. <https://elibrary.ru/vzvzll>

References

1. Chebotarev A.G. Working environment and occupational morbidity of mine personnel. *Gornaya promyshlennost'*. 2018; (1): 92–5. <https://elibrary.ru/vvoshx> (in Russian)
2. Syurin S.A. Occupational diseases in underground miners of the Kola peninsula: a 14-year longitudinal observational study. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2024; 32(5): 42–52. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-5-42-52> <https://elibrary.ru/keuteq> (in Russian)
3. Bukhtiyarov I.V., Chebotarev A.G. Occupational health care problems of mines in Siberia and the Extreme North. *Gornaya promyshlennost'*. 2013; (5): 77. <https://elibrary.ru/rjlpit> (in Russian)
4. Goryaev D.V., Fadeev A.G., Shur P.Z., Fokin V.A., Zaitseva N.V. Hygienic assessment of working conditions and occupational incidence among mining workers in the Arctic zone of the Norilsk industrial area. *Health Risk Analysis*. 2023; (2): 88–94. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.2.08> <https://elibrary.ru/svdppb>
5. Donaldson S., Adlard B., Odland J.Ø. Overview of human health in the Arctic: conclusions and recommendations. *Int. J. Circumpolar Health*. 2016; 75: 33807. <https://doi.org/10.3402/ijch.v75.33807>
6. Skripal B.A. Health state and morbidity of underground mines in mining chemical enterprise in Arctic area of Russian Federation. *Meditina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2016; 56(6): 23–6. <https://elibrary.ru/wcksp> (in Russian)
7. Gendler S.G., Rudakov M.L., Falova E.S. Analysis of the risk structure of injuries and occupational diseases in the mining industry of the Far North of the Russian Federation. *Scientific Bulletin of National Mining University*. 2020; 2020(3): 81–5. <https://elibrary.ru/hfbbde>
8. Syurin S.A., Kovshov A.A., Odland J.Ø., Talykova L.V. Retrospective assessment of occupational disease trends in Russian Arctic apatite miners. *Int. J. Circumpolar Health*. 2022; 81(1): 2059175. <https://doi.org/10.1080/22423982.2022.2059175> <https://elibrary.ru/hfbbde>
9. Sorokin G.A., Chistyakov N.D., Shilov V.V. Age-related vulnerability of employees to factors of the occupation environment. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(8): 807–11. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-807-811> <https://elibrary.ru/tmcmlf> (in Russian)
10. Gantman A.A., Gorblyansky Yu.Yu., Kontorovich E.P., Ponamareva O.P. The concept of healthy aging at work. *Meditinskii vestnik Yuga Rossii*. 2022; 13(4): 5–13. <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2022-13-4-5-13> <https://elibrary.ru/woehj> (in Russian)
11. Mikheev R.K., Andreeva E.N., Grigoryan O.R., Sheremeteyeva E.V., Absatarova Yu.S., Odarchenko A.S., et al. Molecular and cellular mechanisms of ageing: modern knowledge (literature review). *Problemy endokrinologii*. 2023; 69(5): 45–54. <https://doi.org/10.14341/probl13278> <https://elibrary.ru/gobplp> (in Russian)
12. Preston J., Biddell B. The physiology of ageing and how these changes affect older people. *Medicine*. 2021; 49(1): 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.mpmed.2020.10.011> <https://elibrary.ru/igoyfo>
13. Guo J., Huang X., Dou L., Yan M., Shen T., Tang W., et al. Aging and aging-related diseases: from molecular mechanisms to interventions and treatments. *Signal Transduct. Target. Ther.* 2022; 7(1): 391. <https://doi.org/10.1038/s41392-022-01251-0>
14. Larina V.N., Larin V.G., Vrublevsky A.N., Samorodskaya I.V. Aging process from the standpoint of multifactorial changes. *Lechebnoe delo*. 2023; (4): 8–16. <https://doi.org/10.24412/2071-5315-2023-13022> <https://elibrary.ru/olimg> (in Russian)
15. Chmielewski P.P. Human ageing as a dynamic, emergent and malleable process: from disease-oriented to health-oriented approaches. *Biogerontology*. 2020; 21(1): 125–30. <https://doi.org/10.1007/s10522-019-09839-w> <https://elibrary.ru/evjcd>
16. Shen X., Wang C., Zhou X., Zhou W., Hornburg D., Wu S., et al. Nonlinear dynamics of multi-omics profiles during human aging. *Nat. Aging*. 2024; 4(11): 1619–34. <https://doi.org/10.1038/s43587-024-00692-2> <https://elibrary.ru/jomfim>
17. Melzer D., Pilling L.C., Ferrucci L. The genetics of human ageing. *Nat. Rev. Genet.* 2020; 21(2): 88–101. <https://doi.org/10.1038/s41576-019-0183-6> <https://elibrary.ru/othyrh>
18. Karimov D.D., Erdman V.V., Kudoyarov E.R., Valova Ya.V., Smolyankin D.A., Repina E.F., et al. Influence of occupational risk factors on human aging (literature review). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(4): 375–81. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-4-375-381> <https://elibrary.ru/dqamqz> (in Russian)
19. Sorokin G.A., Syurin S.A., Kiryanova M.N. Age trend in risks for the chronic diseases in miners and metallurgists of the Kola Arctic. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2025; 104(1): 63–70. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-1-63-70> <https://elibrary.ru/nzckse> (in Russian)
20. Karimov D.D., Kudoyarov E.R., Mukhammadiyeva G.F., Ziatdinova M.M., Baigildin S.S., Yakupova T.G. Biomarkers of ageing in the study of occupational harm impacts (literature review). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(11): 1328–32. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1328-1332> <https://elibrary.ru/zjkjkh> (in Russian)
21. Syurin S.A. Age and experience features of development and structure of health disorders in Kola Polar miners. *Rossiyskaya Arktika*. 2021; (3): 18–31. <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2021-3-00-02> <https://elibrary.ru/sdttaf> (in Russian)
22. Shpagina L.N., Filimonov S.N. Assessment of biological age and rate of aging as indicator of health state of Kuzbass miners. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013; (7-3): 666–9. <https://elibrary.ru/qoyrgh> (in Russian)
23. Sorokin G.A. The age and work experience dynamics of indices of health of employees as criteria for comparison of occupational and nonoccupational risks. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2016; 95(4): 355–61. <https://elibrary.ru/vzvzll> (in Russian)

Сведения об авторе

Сюрин Сергей Алексеевич, доктор мед. наук, ст. науч. сотр. отд. гигиены ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: kola.reslab@mail.ru

About the author

Sergei A. Syurin, DSc (Medicine), senior researcher, Department of hygiene, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-0275-0553> E-mail: kola.reslab@mail.ru

Иконникова Н.В.¹, Гребеньков С.В.¹, Бойко И.В.^{1,2}, Никанов А.Н.²

Условия труда и состояние здоровья работников газотранспортных предприятий (нарративный обзор литературы)

¹ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург, Россия;²ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Научные исследования вплоть до 90-х годов XX века характеризовали нефтегазовую отрасль в целом. При этом изучение условий труда и состояния здоровья работников применительно к специфике газотранспортных предприятий не проводилось. Исследованиями 2000–2020 гг. было показано, что работники основных профессий газотранспортной отрасли подвергаются воздействию комплекса неблагоприятных вредных производственных факторов, ведущим из которых является производственный шум. Поэтому нейросенсорная тугоухость в результате его воздействия остаётся основной нозологической формой в группе профессиональных болезней работников газотранспортных предприятий.

Цель исследования — на основе данных литературы выявить вредные и опасные для работников газотранспортных предприятий производственные факторы и определить основные пути профилактики болезней, являющихся противопоказанием для продолжения трудовой деятельности.

Выполнен анализ научных публикаций, индексированных в международных (Web of Science, Scopus, PubMed) и в отечественной (РИНЦ) базах данных, за 1990–2026 гг. Особенность газотранспортной отрасли в Российской Федерации — концентрация большинства крупных предприятий по транспортировке природного газа в районах Крайнего Севера и на приравненных к нему территориях, которые характеризуются удалённостью от основных промышленных центров при нередко слабой транспортной доступности. Это требует особого порядка медицинского обслуживания работников на основе широкой сети ведомственных здравпунктов. Исследованиями последних лет установлено, что на территориях, приравненных к Крайнему Северу, наибольшие риски для здоровья работников основного производства газотранспортных предприятий связаны с воздействием производственного шума. В связи с этим разработана и апробирована программа профилактики развития и прогрессирования артериальной гипертензии и нейросенсорной тугоухости, позволяющая существенно снизить вероятность утраты профессиональной трудоспособности.

Заключение. Рассмотрены и систематизированы неблагоприятные факторы производственной среды на рабочих местах работников основных профессий газотранспортных предприятий. Традиционными вредными и опасными производственными факторами для персонала газокomppressorных и газораспределительных станций являются производственный шум, общая вибрация, физические перегрузки, неблагоприятный микроклимат, потенциальная пожаро- и взрывоопасность оборудования.

Ключевые слова: газотранспортные предприятия; условия труда; производственный шум; состояние здоровья; Крайний Север

Для цитирования: Иконникова Н.В., Гребеньков С.В., Бойко И.В., Никанов А.Н. Условия труда и состояние здоровья работников газотранспортных предприятий (нарративный обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2026; 105(8): 888–893. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-888-893> <https://elibrary.ru/ndqgtb>

Для корреспонденции: Бойко Иван Васильевич, e-mail: ivan.boiko@szgmu.ru

Вклад авторов: Иконникова Н.В. — сбор и обработка материала, написание текста; Гребеньков С.В. — разработка и дизайн исследования, редактирование текста; Бойко И.В. — сбор и обработка материала, написание текста, редактирование; Никанов А.Н. — разработка и дизайн исследования, написание текста. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 17.04.2026 / Поступила после доработки: 23.06.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Natalia V. Ikonnikova¹, Sergey V. Grebenkov¹, Ivan V. Boyko^{1,2}, Alexandr N. Nikanov²

Working conditions and health status in workers in gas transportation companies (narrative literature review)

¹North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 191015, Saint Petersburg, Russian Federation;²Northwest Public Health Research Center, 191036, Saint Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

Until the 1990s, scientific research focused on the oil and gas industry as a whole. However, no studies were conducted on working conditions or worker health specifically related to gas transportation enterprises. Subsequent studies from 2000 to 2020 showed that workers in key occupations in the gas transportation industry are exposed to a range of adverse occupational factors. The leading one is industrial noise. Therefore, for more than 50 years, sensorineural hearing loss from industrial noise exposure remained the primary occupational disease among workers at gas transportation enterprises.

The purpose of the study. Based on the analysis of literature data, to identify harmful and dangerous production factors at the workplaces of employees of gas transmission enterprises and to determine the main ways to prevent diseases that are contraindications for continuing work.

Scientific publications indexed in international (Web of Science, Scopus, PubMed) and in domestic (RSCI) databases for 1990–2026 were analyzed. A feature of the gas transportation industry in the Russian Federation is that most of the large natural gas transportation enterprises are concentrated in the regions of the Far North and equivalent territories. These territories are characterized by remoteness from the main industrial centers with frequent poor transport accessibility, which requires a special procedure for medical care for workers on the basis of a wide network of departmental health posts. Recent studies have shown that in the territories equated to the Far North, the greatest health risks for employees of the main production of gas transmission enterprises are associated with exposure to industrial noise. In this regard, a program for the prevention of the development and progression of arterial hypertension and sensorineural hearing loss has been developed and tested, which can significantly reduce the likelihood of loss of occupational disability.

Conclusion. Unfavorable factors of the production environment at the workplaces of employees of the main occupations of gas transmission enterprises are considered and systematized. Traditional harmful and dangerous production factors for the personnel of gas compressor and gas distribution stations are industrial noise, general vibration, physical overloads, unfavorable microclimate, potential fire and explosion hazard of equipment.

Keywords: gas transportation companies; working conditions; health conditions; industrial noise; the Far North

For citation: Ikonnikova N.V., Grebenkov S.V., Boyko I.V., Nikanov A.N. Working conditions and health status in workers in gas transportation companies (narrative literature review). *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(8): 888–893. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-888-893> <https://elibrary.ru/ndqgtb> (In Russ.)

For correspondence: Ivan V. Boyko, e-mail: ivan.boiko@szgmu.ru

Contribution: Ikonnikova N.V. — collecting and processing material, writing text; Grebenkov S.V. — concept and design of research, analysis, editing; Boyko I.V. — concept and design of research, analysis, editing; Nikanov A.N. — writing the text, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: April 17, 2026 / Revised: June 23, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

При несомненной высокой социально-экономической значимости сети магистральных газопроводов в доступной литературе мы не нашли публикаций, дающих общие представления об изменениях условий труда и состояния здоровья работников газотранспортных предприятий со стажем работы более десяти лет в данной отрасли промышленности. Для углублённого изучения темы был выполнен обзор отечественных и зарубежных исследований по указанной тематике с последующим анализом представленных данных.

Цель исследования — на основе данных литературы выявить вредные и опасные производственные факторы на рабочих местах работников газотранспортных предприятий и определить основные пути профилактики болезней, являющихся противопоказанием для продолжения трудовой деятельности.

Проанализированы научные публикации, индексированные в международных (Web of Science, Scopus, PubMed) и в отечественной (РИНЦ) базах данных, за 1990–2026 гг.

История развития отрасли по добыче природного газа и его транспортировке охватывает примерно 200 лет. Первые публикации по рассматриваемой теме появились во второй половине XIX — начале XX века и содержали лишь редкие описания острых отравлений метаном и сероводородом — компонентов природного газа, а также производственных травм при воспламенении газа вследствие аварийных ситуаций [1]. В нашей стране на рубеже XX и XXI веков в большинстве научных работ представлены обобщающие сведения об условиях труда и состоянии здоровья работников на предприятиях нефтедобычи, газо- и нефтепереработки. На этих предприятиях отмечен существенный уровень заболеваемости персонала болезнями органов кровообращения, пищеварения, нейроэндокринной и костно-мышечной систем. Особенно актуальной была проблема шумовой тугости [2–4].

Газовая промышленность, в которую входили крупные газотранспортные предприятия, в России выделилась в отдельную отрасль только с начала XXI века. С этого времени стали появляться гигиенические исследования, описывающие специфику труда именно на магистральных газопроводах преимущественно средней полосы России. При оценке условий труда на них среди основных вредных производственных факторов (ВПФ) в первую очередь традиционно выделяли шум и неблагоприятный микроклимат [6], которые признавались неустраняемыми [5]. Интенсивный шум генерируется уже в процессе добычи природного газа. Далее полученный газ транспортируется по трубопроводам. Среди работников газотранспортных предприятий ≈ 80% подвергаются воздействию производственного шума [7].

При добыче, транспортировке и переработке природного газа на рабочих местах часто присутствует значительное влияние на работников вредных условий труда — тяжести и напряжённости трудового процесса, шума, вибрации, вредных химических веществ. Так, на газокompрессорных станциях (ГКС) предприятия «Баштрансгаз» РАО «Газпром» ведущим ВПФ был высокочастотный широкополосный постоянный шум, генерируемый компрессорами. Самый высокий уровень производственного шума регистрировали в машинных залах при работе газоперекачивающих агрегатов; в отдельных точках он достигал 120 дБА. У машинистов, обслуживающих эти агрегаты, эквивалентные уровни звука в среднем соответствовали 98–105 дБА, что превышало ПДУ на 18–25 дБА. У слесарей по ремонту оборудования данный показатель достигал 100 дБА. Вторым по значимости ВПФ была общая вибрация, превышавшая ПДУ в машинных залах цехов [8].

Источником шума на магистральных газопроводах является оборудование для транспортировки газа под давлением, в том числе на ГКС и газораспределительных станциях (ГРС). На большинстве из них уровни шума превышали ПДУ, достигая 110 дБА. Основными причинами возникновения шума на этих объектах были турбулентность и вихревой характер течения газа в трубопроводах [9].

По данным А.И. Рымарь (2017), уровни шума превышали ПДУ на 1–19 дБА на рабочих местах машиниста технологических компрессоров, инженера по эксплуатации оборудования, слесарей контрольно-измерительных приборов и слесарей по ремонту технологических установок [10]. В нескольких помещениях компрессорного цеха уровень звука был выше ПДУ на 10–22 дБА. В большинстве точек машинного зала спектральный максимум приходился на частоты 63–125 Гц [11].

Исследователи отмечают, что влияние микроклимата на ГКС и ГРС носит интермиттирующий характер. Так, в холодный период года работы в производственных помещениях по обслуживанию компрессорного оборудования (нагревающий микроклимат) нередко связаны с выполнением производственных заданий на открытых площадках в условиях холода, что особенно типично для машинистов и слесарей по ремонту оборудования [12].

Анализ воздушной среды показал, что на всех ГКС на этапах транспортировки газа комплекс токсических веществ представлен предельными, непредельными, ароматическими углеводородами, монооксидом углерода, диоксидом серы, оксидами азота. Среднесменные концентрации вредных веществ для рабочих основных профессий ГКС практически не превышали ПДК, за исключением слесарей по ремонту оборудования. В этой группе отмечено превышение ПДК во время сборки и разборки газоперекачивающих агрегатов [13].

В исследовании И.Б. Гришовой (2006) дана гигиеническая оценка производственной среды ГКС на магистральных газопроводах ООО «Самаратрансгаз» для работников основных профессий — сменных инженеров, машинистов технологических компрессоров, слесарей по ремонту технологических установок, лаборантов, прибористов. Условия труда работников ГКС по показателям вредности отнесены к 3-му классу 2-й степени. Ведущими ВПФ для работников основных профессий ГКС являются шум (класс 3.2), нагревающий микроклимат (класс 3.1) и общая вибрация (класс 3.1). Общая оценка тяжести и напряжённости трудового процесса соответствовала 2-му классу. Условия труда 42% рабочих по показателю эквивалентного уровня звука производственного шума характеризовались как вредные второй степени, 37% рабочих — как вредные первой степени, 21% — как допустимые [14].

На предприятии ОАО «Оренбургнефть» хронометражными наблюдениями установлено, что класс условий труда машинистов технологических компрессоров по тяжести и напряжённости трудового процесса соответствовал классу 3.3, слесарей по ремонту — классу 3.2, а у слесарей контрольно-измерительной аппаратуры он был допустимым. По результатам углублённых медицинских осмотров на этом предприятии выявлен высокий риск смерти от болезней системы кровообращения у 27% работающих. Полученные данные позволили предположить, что ВПФ, характерные для систем транспортировки газа, в первую очередь шум, относятся к факторам риска развития болезней системы кровообращения [15].

В 2004 г. были изучены уровень и структура заболеваемости у персонала ГКС, расположенных в различных климатических и географических районах Российской Федерации. Среди работников предприятий в Тюменской области был выявлен высокий уровень нейросенсорной тугоухости (НСТ) — от 59,4 до 95,1%. В структуре болезней системы кровообращения с частотой от 42,9 до 60,6% отмечена артериальная гипертония, среди патологии нервной системы — расстройства вегетативной нервной системы (77,8–97,3%) [16, 17]. Доминирование НСТ в структуре профессиональной заболеваемости работников газотранспортных предприятий было установлено также в исследованиях Ильяевой Е.Н. и соавт. (2008) [18].

Представляют интерес исследования, направленные на изучение психического здоровья работников газотранспортных предприятий. Сплошное клинико-эпидемиоло-

гическое исследование за 2012–2013 гг. выявило распространённость психических расстройств среди работников газовой промышленности: 187 случаев на 1000 работающих. У 93,8% работников психические расстройства имели продолжительность от одного года до пяти и более лет. Ведущее место в структуре нарушений психического здоровья занимали расстройства с тревожной и депрессивной симптоматикой $\approx 75\%$ случаев [19].

В ряде публикаций технических специалистов отмечено, что персонал газотранспортных предприятий часто сталкивается с производственным травматизмом, реже — со случаями пожаров [20–22]. Основные причины травм: падение с высоты (26%), дорожно-транспортные происшествия — (23%), воздействие движущихся предметов (4%). Ожоговые травмы достаточно редки. Риск пострадать в дорожно-транспортных происшествиях или упасть с высоты у работников рассматриваемых предприятий в 4–5 раз выше, чем вероятность термических поражений. Производственные травмы были преимущественно не тяжёлыми [20].

Значительная часть газотранспортной системы Российской Федерации расположена на Крайнем Севере, где, как и в средней полосе, ведущим ВПФ был признан производственный шум. Следующими по значимости указаны неблагоприятный микроклимат, вибрация, тяжесть и напряжённость труда, загазованность воздуха рабочей зоны, низкая освещённость, сменная организация производственного процесса с продолжительностью рабочей смены 12 ч [23, 24]. В Ямало-Ненецком и Ненецком автономных округах у работников нефтегазовых предприятий наиболее распространёнными ВПФ также были шум (38,9%) и охлаждающий микроклимат (12,3%). Сочетанное действие двух факторов отмечено у 19% работников. В течение 15 лет у 50 работников указанных предприятий впервые выявлены 54 профессиональные патологии; преобладали НСТ (46,3%), радикулопатия (18,5%), вибрационная болезнь (13%) [25].

В решении одной из важнейших задач медицины труда — сохранении здоровья работников газотранспортных предприятий — существенная роль принадлежит программам профилактики болезней. В связи с этим газотранспортные предприятия реализуют многолетние программы совершенствования оборудования. В частности, создаются глушители сложной формы, позволяющие уменьшить шум [7]. К наиболее эффективным мероприятиям по борьбе с шумом отнесены ограничение времени воздействия данного ВПФ для лиц шумоопасных профессий, звукоизоляция помещений и оборудования, своевременный ремонт и модернизация оборудования (в том числе дистанционное управление с выносом пультов из шумоопасных помещений), использование средств индивидуальной защиты [7, 11, 20].

Но поскольку техническое перевооружение производства до настоящего времени не позволяет обеспечить всем работникам условия труда, соответствующие гигиеническим нормативам, значимое место занимают меры медицинской профилактики. Организация медицинского обеспечения перспективных нефтегазовых регионов Крайнего Севера традиционно строилась на принципе развёртывания большого количества первичных звеньев лечебной сети — здравпунктов. Здравпункты должны быть обеспечены средствами связи, в том числе мобильной, автомобилями скорой помощи повышенной проходимости, современной медицинской мебелью, оборудованием и инструментами [26].

Исследования, проведённые Н.В. Иконниковой с соавт. (2020) на предприятии ООО «Газпром трансгаз Ухта», показали, что после технического обновления оборудования в течение последних 10 лет большая часть рабочих мест газотранспортного предприятия с вредными условиями труда была сосредоточена на ГКС. Ведущим ВПФ, как и на других аналогичных предприятиях, оставался производственный шум. Его уровни в разных точках рабочей зоны колебались от 50 до 94 дБА, величина отклонения от ПДУ достигала 14 дБА. Оценка условий труда по шуму соответствовала классам 2–3.2. Для работников основного производства

в связи с потенциальной аварийной опасностью типична повышенная напряжённость трудового процесса класса 3.2. Итоговая оценка условий труда работников ведущих специальностей ГКС соответствовала классу 3.2 [27].

Для работников газотранспортных предприятий Республики Коми основными противопоказаниями при работе в условиях воздействия вредных и опасных факторов производственной среды (шум и работы на высоте) были болезни системы кровообращения и НСТ. В большинстве случаев, особенно для вспомогательных групп работников, определение противопоказаний не приводило к стойкой утрате профессиональной трудоспособности, так как была возможна медицинская коррекция расстройств здоровья. Но для профессий основного производства (например, машинисты технологических компрессоров) риск стойкой утраты профессиональной трудоспособности был связан в первую очередь с развитием НСТ, которая не поддаётся эффективному лечению [28].

Поэтому предотвращение стойкой утраты профессиональной трудоспособности у работников указанного производства потребовало внедрения специальной программы, направленной на профилактику развития и прогрессирования НСТ и артериальной гипертензии [28, 29]. Курсы профилактического лечения, согласно разработанной авторами программе, начинались уже в 1–2-й годы работы в шумоопасных условиях. Мероприятия по профилактике развития и прогрессирования артериальной гипертензии, коррекции гиперхолестеринемии реализовались 1–2 раза в год в ходе 20-дневного или 13-дневного (в зависимости от выраженности расстройств здоровья) цикла в санатории-профилактории ведомственной медико-санитарной части предприятия.

В курс лечения входят комплексное обследование органа слуха, сердечно-сосудистой и нервной систем с применением профильных клинических рекомендаций и стандартов диагностики, в том числе аудиометрии, лабораторной и ультразвуковой диагностики, доплеровского исследования сосудов, электроэнцефалографии, реоэнцефалографии, рентгенографии (по показаниям), инструментальной и компьютерной скрининг-диагностики состояния органа слуха и сердечно-сосудистой системы.

Индивидуальный план лечения работника основывался на рекомендациях отоларинголога, которые дополняли кардиолог, невролог и физиотерапевт. Он включал следующие компоненты:

- курс специализированной медикаментозной терапии, включающий вазоактивные и нейротропные препараты для улучшения кровоснабжения и нервной активности, питания структур среднего и внутреннего уха, головного мозга;
- физиотерапию с применением транскраниальной электростимуляции;
- занятия с использованием интерактивной методики в формате «Школы здорового образа жизни», целью которой является формирование мотивации пациента к соблюдению здорового образа жизни.

Оценка эффекта воздействия на основе динамического наблюдения за работниками предприятия привела к выводу о существенном снижении работниками основного производства постоянных противопоказаний для работы в условиях воздействия шума в связи с НСТ. Так, в начале реализации рассматриваемой профилактической программы на снижение слуха ниже нормируемой величины (2-я степень тугоухости) приходилось до 34–36% всех противопоказаний к продолжению трудовой деятельности в большинстве основных профессий. К концу 10-летнего периода было достигнуто снижение данного показателя на 20% и более, второе и более [29].

Ряд исследований посвящён нефтегазовой промышленности стран СНГ: Казахстана, Кыргызстана и Узбекистана. Установлено, что в условиях резко континентального жаркого климата этих стран рабочие отрасли подвергаются не только климатическому воздействию, но и влиянию

таких ВПФ, как вредные химические вещества, шум и вибрация [30–33]. Также на работающих воздействуют динамические и статические нагрузки, вынужденная рабочая поза, высокая нервно-эмоциональная напряженность, а при вахтовом методе организации труда типична нерациональная организация труда и питания [34].

В странах Северной Америки существенное внимание уделялось добыче сланцевого газа. Работники подвергались воздействию кристаллического кремнезёма в повышенных концентрациях, а также шума [35]. Поступающий в газотранспортную систему природный газ и в Америке, и в Азии содержал примеси — монооксид углерода (СО), диоксид серы, оксиды азота, сложные органические примеси переменного состава [36, 37]. Уровень смертности, связанной с условиями труда, при таких технологиях был в семь раз выше, чем в целом в промышленности [36]. На предприятиях Северной Америки, специализировавшихся на добыче и трубопроводной транспортировке газа, 28% рабочих страдали снижением слуха с максимумом на частоте 4000 Гц, что характерно для последствий воздействия шума [38]. Ряд исследований посвящён тактике эвакуации работников при тяжёлых состояниях, требующих оказания неотложной помощи, на объектах газотранспортных предприятий, расположенных в труднодоступных районах [39].

По результатам единичных исследований на африканском континенте было установлено, что в нефтегазовой промышленности Нигерии $\approx 30\%$ рабочих мест с вредными

условиями труда характеризовались повышенными уровнями шума и вибрации, а $\approx 20\%$ — повышенными концентрациями вредных химических веществ [34, 40, 41].

Заключение

Большинство исследований условий труда и состояния здоровья работников газотранспортных предприятий выполнено более 15 лет назад. Традиционными ВПФ для персонала ГКС и ГРС признаны шум, общая вибрация, физические перегрузки, неблагоприятный микроклимат, потенциальная пожаро- и взрывоопасность оборудования. Относительно недавними исследованиями на территории Республики Коми установлено, что после технологического обновления производственного оборудования ГКС и ГРС неблагоприятные условия труда на основной части рабочих мест определяются воздействием на работников шума и повышенной напряжённости трудового процесса. К наиболее типичным расстройствам здоровья персонала газотранспортных предприятий относятся болезни системы кровообращения, в первую очередь артериальная гипертензия, и НСТ. На некоторых магистральных газопроводах территорий, приравненных к Крайнему Северу, внедрена система профилактики развития и прогрессирования расстройств здоровья, позволяющая существенно снизить риск утраты персоналом профессиональной трудоспособности.

Литература

(п.п. 35–41 см. References)

1. Джафаров К.И., Джафаров Ф.К. *Зарождение и становление газового дела*. М.: 2002. <https://elibrary.ru/nvlyta>
2. Измеров Н.Ф., Лебедева Н.В. *Профессиональная заболеваемость*. М.: Медицина; 1993.
3. Ахметов В.М. Динамика профессиональной заболеваемости в нефтяной, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности за 40 лет. *Медицина труда и промышленная экология*. 2002; (5): 9–13.
4. Хорошев В.А., Голубев И.Р. К вопросу об охране здоровья работников нефтегазового комплекса России. *Медицина труда и промышленная экология*. 1997; (11): 1–5.
5. Терехов А.Л., Дробаха М.Н. Защита от шума на газотранспортных предприятиях. *Газовая промышленность*. 2008; (S. 619): 26–30. <https://elibrary.ru/jwwdml>
6. Березин И.И., Гришова И.Б. Характеристика факторов трудового процесса работающих на газокomppressorных станциях. В кн.: *Гигиенические проблемы оптимизации окружающей среды и охраны здоровья населения: Сборник трудов*. Самара; 2006: 122–5.
7. Терехов А.Л., Сафонов А.Л. Повышение безопасности производственных процессов путем снижения шума трубопроводов. *Труд и социальные отношения*. 2016; 27(4): 163–73. <https://elibrary.ru/wngbxt>
8. Шакирова Э.Т. *Оценка условий труда и состояния здоровья работающих на современных газотранспортных предприятиях*. Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. СПб.; 1996. <https://elibrary.ru/zjnnjf>
9. Заяц Б.С., Заяц И.Б., Яговкин Н.Г. Снижение шума на газораспределительных станциях предприятий транспорта газа. *Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов*. 2013; (4): 118–23. <https://elibrary.ru/rwgagx>
10. Рымарь А.И. Гигиенические аспекты шумового загрязнения на нефтедобывающих и газотранспортных предприятиях Республики Коми. В кн.: *Попова А.Ю., ред. Актуальные вопросы организации контроля и надзора за физическими факторами: Материалы Всероссийской научно-практической конференции*. М.; 2017: 365–8. <https://elibrary.ru/vnxdxd>
11. Зинкин В.Н. Гигиеническая характеристика акустической обстановки на предприятиях газовой промышленности. *Здоровье населения и среда обитания — ЗНУСО*. 2016; (5): 15–7. <https://elibrary.ru/vnxdxd>
12. Спиридонов В.Л. *Научно-методическое обоснование современного медико-профилактического обеспечения работников нефтегазодобывающих предприятий*. Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. М.; 2009. <https://elibrary.ru/gvflpr>
13. Герасимов Е.М., Абельмасова Е.Е., Шумская Н.Е. *Гигиена труда при выполнении работ с опасными и особо вредными условиями труда на объектах газовой промышленности*. Оренбург; 2002.
14. Гришова И.Б. *Гигиеническая характеристика условий труда и прогнозирование профессионального риска у работников газокomppressorных станций*. Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Волгоград; 2006. <https://elibrary.ru/npcvzd>
15. Спиридонов В.Л., Калинина М.Ю., Гранкин О.А., Сайфутдинов Р.И. Факторы риска сердечно-сосудистой недостаточности у работников нефтегазодобывающего производства. В кн.: *II Конгресс общества специалистов по сердечно-сосудистой недостаточности «Сердечная недостаточность»*. М.; 2007.
16. Перевезенцев Е.А. Особенности заболеваемости и системы медицинского обеспечения работников газовой промышленности. *Медицинский альманах*. 2017; (6): 12–8. <https://elibrary.ru/zsmoaz>
17. Аксенов В.А., Тиньков А.Н. Распространенность факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний среди работников газовой промышленности: сравнение с результатами проекта MONICA и распределение уровней 10-летнего риска тяжелых коронарных осложнений у лиц без ишемической болезни сердца. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2006; 5(1): 5–13. <https://elibrary.ru/isvwrtd>
18. Ильяева Е.Н., Волжурева А.Д. Диагностика, экспертиза и профилактика профессиональной нейросенсорной тугоухости в нефтедобывающей и нефтехимической промышленности. *Медицина труда и промышленная экология*. 2008; 48(10): 9–12. <https://elibrary.ru/kgxclg>
19. Положий Б.С. Психическое здоровье работников газовой и газотранспортной отрасли как непременное условие эффективности их профессиональной деятельности. *Медицина труда и промышленная экология*. 2013; 53(5): 36–9. <https://elibrary.ru/qiutn>
20. Алексеев И.Н., Терехов А.Л. Повышение безопасности труда на газотранспортном предприятии в Арктической климатической зоне. *Безопасность труда в промышленности*. 2017; (8): 67–75. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2017-8-67-75> <https://elibrary.ru/zdfdj>
21. Шарипова Л.А., Эргашева Н.И. Управленческие педагогические технологии оценки профессиональных рисков на предприятиях нефтегазовой отрасли. *Управление образованием: теория и практика*. 2023; (11): 202–8. <https://doi.org/10.25726/t2458-7473-9297-v> <https://elibrary.ru/bvqcb>
22. Хайруллин Р.З., Зубкова А.Д., Тучкова О.А., Хайруллина Л.И. Сравнительный анализ подходов к оценке риска на предприятиях нефтегазового комплекса. *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего*. 2024; 13(2): 141–9. <https://elibrary.ru/axeeoo>
23. Галкин А.Ф., Хусаинова Р.Г. Оценка и ранжирование неблагоприятных производственных факторов на нефтегазовом предприятии Севера. *Фундаментальные исследования*. 2012; (6–3): 637–41. <https://elibrary.ru/paymfx>
24. Никанов А.Н., Дорофеев В.М., Гудков А.Б., Попова О.Н., Ермолин С.П. Динамика профессиональной заболеваемости в субъектах Северо-Западного федерального округа Российской Федерации в 2011–2020 годах. *Журнал медико-биологических исследований*. 2022; 10(3): 253–62. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z105> <https://elibrary.ru/legqwo>
25. Сюрин С.А., Кизеев А.Н. Особенности профессиональной патологии при добыче углеводородного сырья в Арктике. *Здоровье населения и среда обитания — ЗНУСО*. 2023; 31(5): 85–94. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-85-94> <https://elibrary.ru/gmlkkt>
26. Калинина М.Ю., Лагутина Г.Н., Спиридонов В.Л., Копылова О.С. Оценка качества медицинских осмотров работников нефтегазовой

- промышленности в медицинских учреждениях. *Медицина труда и промышленная экология*. 2009; 49(5): 9–14. <https://elibrary.ru/kmkutx>
27. Иконникова Н.В., Гребеньков С.В., Бойко И.В. Разработка критериев для формирования групп риска профессиональных заболеваний у работников газотранспортной отрасли. В кн.: *Профилактическая медицина – 2020. Сборник научных трудов всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. СПб.; 2020: 177–84. <https://elibrary.ru/vqhyxm>
 28. Иконникова Н.В., Гребеньков С.В., Бойко И.В., Никанов А.Н. Риски утраты профессионального здоровья у работников газотранспортного предприятия, действующего в условиях, приравненных к Крайнему Северу. *Медицина труда и промышленная экология*. 2023; 63(4): 218–25. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-4-218-225> <https://elibrary.ru/agmgew>
 29. Иконникова Н.В., Гребеньков С.В., Бойко И.В., Андреев О.Н. Оценка эффекта оздоровительной программы по сохранению профессиональной пригодности работников газотранспортного предприятия на территориях, приравненных к Крайнему Северу. *Медицина труда и промышленная экология*. 2023; 63(7): 426–31. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-7-426-431> <https://elibrary.ru/juzzkb>
 30. Егимбаев А.О., Атаходжаев Ш.Х. Особенности инновационной деятельности газотранспортных компаний в Кыргызской Республике. *Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова*. 2018; (4): 180–3. <https://elibrary.ru/vvbetp>
 31. Кирилов А.Э., Черный К.А. К вопросу об оценке пожарной безопасности рабочих мест персонала компрессорных цехов газотранспортных предприятий. *Безопасность труда в промышленности*. 2020; (8): 37–47. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2020-8-37-47> <https://elibrary.ru/evttxd>
 32. Икрамов Г.И., Петросова Л.И. Технологии производства сжиженного природного газа и возможности их применения в Узбекистане. *Узбекский журнал нефти и газа*. 2015; (3): 38–41.
 33. Онаев С.Т., Балаева Е.А., Шадетова А.Ж., Мелеубаева К.А., Тукубаева Г.Н., Шалова М.К. Субъективная оценка влияния условий труда на здоровье работников ТОО «Тенгизшевройл». *Международный журнал по иммуноорехабилитации*. 2010; 12(2): 243–4. <https://elibrary.ru/lrjgth>
 34. Рустамов М.М., Хамракулова М.А., Эрматов Н.Ж. Условия труда работников нефтегазодобывающей промышленности. *Проблемы науки*. 2018; (8): 48–50. <https://elibrary.ru/xwlvjw>
 1. Dzhaifarov K.I., Dzhaifarov F.K. *The Origin and Development of the Gas Industry [Zarozhdenie i stanovlenie gazovogo dela]*. Moscow; 2002. <https://elibrary.ru/nvlyta> (in Russian)
 2. Izmerov N.F., Lebedeva N.V. *Occupational Morbidity [Professional'naya zabolevaemost']*. Moscow: Meditsina; 1993. (in Russian)
 3. Akhmetov V.M. Dynamics of occupational diseases in the oil, oil refining and petrochemical industries over 40 years. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2002; (5): 9–13. <https://elibrary.ru/mpmslv>
 4. Khoroshev V.A., Golubev I.R. On the issue of protecting the health of workers in the oil and gas complex of Russia. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 1997; (11): 1–5. (in Russian)
 5. Terekhov A.L., Drobakha M.N. Noise protection at gas transmission facilities. *Gazovaya promyshlennost'*. 2008; (S. 619): 26–30. <https://elibrary.ru/jwwdml> (in Russian)
 6. Berezin I.I., Grishova I.B. Characteristics of labor process factors for workers at gas compressor stations. In: *Hygienic Problems of Environmental Optimization and Public Health Protection: Collection of Papers [Gigienicheskie problemy optimizatsii okruzhayushchei sredy i okhrany zdorov'ya naseleniya: Sbornik trudov]*. Samara; 2006: 122–5. (in Russian)
 7. Terekhov A.L., Sofonov A.L. Improving the safety of production processes by reducing noise in pipelines. *Trud i sotsial'nye otnosheniya*. 2016; 27(4): 163–73. <https://elibrary.ru/wngbxt> (in Russian)
 8. Shakirova E.T. *Assessment of working conditions and health status of workers at modern gas transportation enterprises*: Diss. St. Petersburg; 1996. <https://elibrary.ru/zjnnjf> (in Russian)
 9. Zayats B.S., Zayats I.B., Yagovkin N.G. Decrease of noise at gas transport enterprises gas-distributing stations. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefii i nefteproduktov*. 2013; (4): 118–23. <https://elibrary.ru/rwgagx> (in Russian)
 10. Rymar A.I. Hygienic aspects of noise pollution at oil producing and gas transportation enterprises of the Komi Republic. In: *Current Issues of Organizing Control and Supervision of Physical Factors: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference [Aktual'nye voprosy organizatsii kontrolya i nadzora za fizicheskimi faktorami: Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Moscow; 2017: 365–8. <https://elibrary.ru/ynxjob> (in Russian)
 11. Zinkin V.N. Hygienic characteristics of the acoustic situation in the gas industry. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZnISO*. 2016; (5): 15–7. <https://elibrary.ru/vxlxdx> (in Russian)
 12. Spiridonov V.L. *Scientific and methodological substantiation of modern medical and preventive support for workers of oil and gas producing enterprises*: Diss. Moscow; 2009. <https://elibrary.ru/gvflqp> (in Russian)
 13. Gerasimov E.M., Abel'masova E.E., Shumskaia N.E. *Occupational Hygiene when Performing Work under Hazardous and Particularly Harmful Working Conditions at Gas Industry Facilities [Gigiena truda pri vypolnenii rabot s opasnymi i osobo vrednymi usloviyami truda na ob'ektakh gazovoi promyshlennosti]*. Orenburg; 2002. (in Russian)
 14. Grishova I.B. *Hygienic characteristics of working conditions and forecasting of professional risks among workers at gas compressor stations*: Diss. Volgograd; 2006. <https://elibrary.ru/nvpczd> (in Russian)
 15. Spiridonov V.L., Kalinina M.Yu., Grankin O.A., Saifutdinov R.I. Risk factors for cardiovascular failure in oil and gas production workers. In: *II Congress of the Society of Cardiovascular Failure Specialists «Heart Failure» [II Kongress obshchestva spetsialistov po serdechno-sosudistoi nedostatochnosti «Serdechnaya nedostatochnost'»]*. Moscow; 2007. (in Russian)
 16. Perevezentsev E.A. Peculiarities of morbidity and the system of medical support of employees in gas industry. *Meditsinskii a'manakh*. 2017; (6): 12–8. <https://elibrary.ru/zsmoaz> (in Russian)
 17. Aksenov V.A., Tinkov A.N. Prevalence of cardiovascular risk factors in gas industry workers: comparison with MONICA study results; 10-year risk distribution for severe coronary complications in coronary heart disease-free patients. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2006; 5(1): 5–13. <https://elibrary.ru/isvwdv> (in Russian)
 18. Ilkayeva E.N., Volgariyova A.D. Diagnosis, expert examination and prevention of occupational neurosensory deafness in workers of oil producing and petrochemical industries. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2008; 48(10): 9–12. <https://elibrary.ru/kgxclr> (in Russian)
 19. Polozhy B.S. Mental health of gas and gas-transport industry workers as an indispensable condition of their efficient occupational activity. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2013; 53(5): 36–9. <https://elibrary.ru/qiutsn> (in Russian)
 20. Alekseev I.N., Terekhov A.L. Labor safety increase at the gas transmission enterprise in the Arctic climatic zone. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2017; (8): 67–75. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2017-8-67-75> <https://elibrary.ru/zdfdj> (in Russian)
 21. Sharipova L.A., Ergasheva N.I. Managerial pedagogical technologies for assessing professional risks at oil and gas industry enterprises. *Upravlenie obrazovaniem: teoriya i praktika*. 2023; (11): 202–8. <https://doi.org/10.25726/t2458-7473-9297-v> <https://elibrary.ru/bvqcb> (in Russian)
 22. Khairullin R.Z., Zubkova A.D., Tuchkova O.A., Khairullina L.I. Comparative analysis of approaches to risk assessment at oil and gas enterprises. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego*. 2024; 13(2): 141–9. <https://elibrary.ru/axeeoo> (in Russian)
 23. Galkin A.F., Khusainova R.G. Estimation and ranging of adverse production factors at the oil and gas enterprise of the North. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2012; (6–3): 637–41. <https://elibrary.ru/paymfx> (in Russian)
 24. Nikanov A.N., Dorofeev V.M., Gudkov A.B., Popova O.N., Ermolin S.P. Dynamics of occupational disease incidence in the entities of the North-Western federal district of the Russian Federation in 2011–2020. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*. 2022; 10(3): 253–62. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z105> <https://elibrary.ru/legqwo> (in Russian)
 25. Syurin S.A., Kizeev A.N. Occupational diseases in workers engaged in hydrocarbon extraction in the Arctic. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZnISO*. 2023; 31(5): 85–94. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-85-94> <https://elibrary.ru/gmlkkt> (in Russian)
 26. Kalinina M.Yu., Lagutina G.N., Spiridonov V.L., Kopylova O.S. Evaluating quality of medical examinations of oil and gas industry workers in medical institutions. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2009; 49(5): 9–14. <https://elibrary.ru/kmkutx> (in Russian)
 27. Ikonnikova N.V., Grebenkov S.V., Boiko I.V. Development of criteria for the formation of risk groups for occupational diseases among workers in the gas transportation industry. In: *Preventive Medicine – 2020. Collection of scientific papers of the All-Russian scientific and practical conference with international participation [Profilakticheskaya meditsina – 2020. Sbornik nauchnykh trudov vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem]*. St. Petersburg; 2020: 177–84. <https://elibrary.ru/vqhyxm> (in Russian)
 28. Ikonnikova N.V., Grebenkov S.V., Boyko I.V., Nikanov A.N. Risks of loss of professional health among employees of a gas transportation company operating in conditions equated to the Far North. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2023; 63(4): 218–25. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-4-218-225> <https://elibrary.ru/agmgew> (in Russian)
 29. Ikonnikova N.V., Grebenkov S.V., Boyko I.V., Andreenko O.N. Assessment of the effect of a health-improving program to preserve the professional suitability of employees at a gas transportation enterprise in territories equated to the Far North. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2023; 63(7): 426–31. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-7-426-431> <https://elibrary.ru/juzzkb> (in Russian)
 30. Egimbaev A.O., Atakhodzhaev Sh.Kh. Culiarity of innovative activity of gas transport companies in the Kyrgyz republic. *Vestnik Kyrgyzskogo gosudarstvennogo universiteta stroitel'stva, transporta i arkhitektury im. N. Isanova*. 2018; (4): 180–3. <https://elibrary.ru/vvbetp> (in Russian)
 31. Kirilov A.E., Chernyy K.A. On the issue of fire safety assessment of the workplaces for the personnel of the compressor shops at the gas transmission enterprises. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2020; (8): 37–47. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2020-8-37-47> <https://elibrary.ru/evttxd> (in Russian)
 32. Ikrarov G.I., Petrosova L.I. Liquefied natural gas production technologies and their application in Uzbekistan. *Uzbekskii zhurnal nefii i gaza*. 2015; (3): 38–41. (in Russian)

References

Review article

33. Onaev S.T., Balaeva E.A., Shadetova A.Zh., Medeubaeva K.A., Tukubaeva G.N., Shalova M.K. Subjective assessment of the impact of working conditions on the health of employees of Tengizchevroil LLP. *Mezhdunarodnyi zhurnal po immunoreabilitatsii*. 2010; 12(2): 243c–4. <https://elibrary.ru/lrjgth> (in Russian)
34. Rustamov M.M., Khamrakulova M.A., Ermatov N.Zh. Working conditions of workers in the oil and gas industry. *Problemy nauki*. 2018; (8): 48–50. <https://elibrary.ru/xwljvj> (in Russian)
35. Lawson S.M., Masterson E.A., Azman A.S. Prevalence of hearing loss among noise-exposed workers within the Mining and Oil and Gas Extraction sectors, 2006–2015. *Am. J. Ind. Med.* 2019; 62(10): 826–37. <https://doi.org/10.1002/ajim.23031>
36. Rajnauth J., Ayeni K., Barrufet M. Gas Transportation: Present and Future Available to Purchase. In: *CIPC/SPE Gas Technology Symposium 2008 Joint Conference*. Calgary, Alberta; 2008: SPE-114935-MS. <https://doi.org/10.2118/114935-ms>
37. Mahalkar V., Kumar S., Singhal S. Occupational noise induced hearing loss and vibrations exposure and its determinants in oil & gas industry in India: A review article. *Glob. J. Eng. Technol. Adv.* 2022; 11(1): 036–44. <https://doi.org/10.30574/gjeta.2022.11.1.0063> <https://elibrary.ru/czawcy>
38. Blair B.D., Brindley S., Hughes J. Measuring environmental noise from airports, oil and gas operations, and traffic with smartphone applications: laboratory and field trials. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 2018; 28(6): 548–58. <https://doi.org/10.1038/s41370-018-0077-2>
39. Toner S., Wiltens D.H., Berg J., Williams H., Klein S., Marshall S., et al. Medical evacuations in the oil and gas industry: a retrospective review with implications for future evacuation and preventative strategies. *J. Travel Med.* 2017; 24(3): 34–41. <https://doi.org/10.1093/jtm/taw095>
40. Singh K., Singh A., Singh P. Air and noise pollution in oil and gas industry. *Int. Res. J. Eng. Technol.* 2020; 7(7): 1090–8.
41. Ekpenyong C.E., Asuquo A.E. Recent advances in occupational and environmental health hazards of workers exposed to gasoline compounds. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health.* 2017; 30(1): 1–26. <https://doi.org/10.13075/ijomh.1896.00800> <https://elibrary.ru/yeveii>

Сведения об авторах

Иконникова Наталья Валерьевна, аспирант каф. медицины труда ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава РФ, 191015, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: nikonnikova2006@rambler.ru

Гребеньков Сергей Васильевич, доктор мед. наук, профессор, ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава РФ, 191015, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: Sergey.Grebenkov@szgmu.ru

Бойко Иван Васильевич, доктор мед. наук, доцент, ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава РФ, 191015, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: ivan.boiko@szgmu.ru

Никанов Александр Николаевич, канд. мед. наук, вед. науч. сотр., зав. научным отделением профпатологии медицинского центра ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.nikanov@s-znc.ru

About the authors

Natalia V. Ikonnikova, postgraduate student, North-Western State Medical University, St. Petersburg, 191015, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-2298-5747> E-mail: nikonnikova2006@rambler.ru

Sergey V. Grebenkov, DSc (Medicine), professor, head, Department of Occupational Health, Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, 191015, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-7124-2504> E-mail: Sergey.Grebenkov@szgmu.ru

Ivan V. Boyko, DSc (Medicine), professor, Department of Occupational Health, Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, 191015, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4008-7393> E-mail: ivan.boiko@szgmu.ru

Alexandr N. Nikanov, PhD (Medicine), leading researcher, head, Scientific Department of Occupational Pathology, North-West Public Health Research Center, Russian Federation, 191036, <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721> E-mail: a.nikanov@s-znc.ru



Полунина Н.В., Абдрахманов А.Р., Солтамакова Л.С., Петров И.И.

Особенности пищевого поведения пациентов с гипертонической болезнью

ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова», Институт профилактической медицины имени З.П. Соловьева Минздрава России, 117997, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Гипертоническая болезнь (ГБ) является ведущей хронической патологией системы кровообращения. Более 45% населения страдают ГБ. Среди факторов, оказывающих влияние на течение гипертонической болезни, существенная роль принадлежит пищевому поведению пациентов, при этом многие пациенты с гипертонической болезнью имеют различные нарушения питания.

Цель работы — установить роль пищевого поведения в формировании течения гипертонической болезни у обследованных пациентов.

Материалы и методы. Обследованы пациенты с ГБ ($n = 420$; возраст 35–55 лет), проживающие в Москве и находящиеся под диспансерным наблюдением. Изучение течения гипертонической болезни пациентов и их пищевого поведения проводилось на основании медицинской документации и опроса. Для оценки эффективности предложенных мероприятий по изменению пищевого поведения через год повторно были обследованы 398 пациентов с ГБ.

Результаты. Полученные результаты показали, что при первичном обследовании пациентов с ГБ у 32,5% течение гипертонической болезни было оценено как неблагоприятное. Изучение пищевого поведения пациентов с ГБ выявило различные нарушения. Среди пациентов, имеющих неблагоприятное течение ГБ, в сравнении с пациентами с благоприятным течением ГБ было достоверно больше лиц с нарушениями пищевого поведения, установлена прямая достоверная корреляционная взаимосвязь между течением ГБ и пищевым поведением. Реализация предложенных мероприятий позволила достоверно ($p < 0,05$) сократить удельный вес пациентов с неблагоприятным течением ГБ (27,6%).

Ограничения исследования. Исследование было лимитировано выборкой пациентов с ГБ, находящихся под диспансерным наблюдением в поликлиниках Москвы, и применением социально-гигиенических и статистических методов, что позволило получить достоверные результаты.

Заключение. Установлено, что на формирование благоприятного течения гипертонической болезни у обследованных пациентов существенное влияние оказывают позитивные факторы пищевого поведения, которые могут быть сформированы при изменении пациентами пищевого поведения согласно принципам здорового питания.

Ключевые слова: пациенты с гипертонической болезнью; пищевое поведение при гипертонической болезни; течение гипертонической болезни

Соблюдение этических стандартов. Исследование одобрено к публикации локальным этическим комитетом ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (протокол заседания № 261 от 18.05.2026 г.) и проведено согласно требованиям СЕЭК от 01.08.2025 г. № 63.

Для цитирования: Полунина Н.В., Абдрахманов А.Р., Солтамакова Л.С., Петров И.И. Особенности пищевого поведения пациентов с гипертонической болезнью. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(8): 894–899. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-894-899> <https://elibrary.ru/mwhadl>

Для корреспонденции: Солтамакова Лиана Солтамаковна, e-mail: lianasolt@mail.ru

Вклад авторов. Все соавторы внесли равный вклад в исследование и подготовку статьи к публикации, утвердили окончательный вариант и несут ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 25.05.2026 / Поступила после доработки: 03.08.2026 / Принята к печати: 07.08.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Natajya V. Polunina, Ainur R. Abdrakhmanov, Liana S. Soltamakova, Ilya I. Petrov Features of eating behavior of patients with hypertension

Pirogov Russian National Research Medical University, Z.P. Solovyov Institute of Preventive Medicine, Moscow, 117997, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Hypertension (HA) is the leading chronic disease among diseases of the circulatory system. More than 45% of the population suffer from hypertension. Healthy lifestyle factors (HLS) belong to the eating behavior of patients, but a significant part of patients do not follow their diet.

The aim of the work is to establish the role of eating behavior in the formation of the health in HA patients.

Materials and methods. A total of four hundred twenty HA patients aged of 35–55 years living in Moscow under dispensary observation were examined. The patients' health status was studied using a sample card based on patients' medical records.

Results. The study of the health status in HA patients that in 30% of patients it was assessed as unsatisfactory. The relationship between the eating behavior in patients and the features of the course of HA was revealed. The eating behavior in HA patients revealed various disorders

Limitations. The study was limited to the analysis of 420 sample maps and questionnaires of HA patients, which made it possible to obtain reliable results using various statistical methods.

Conclusion. Adverse factors of eating behavior play a significant role in the formation of the health in HA patients, which can be leveled with positive changes in the patient's lifestyle, orientation towards a proper healthy diet and a healthy lifestyle.

Keywords: patients with HA; eating behavior of patients with HA; health of patients with HA.

Compliance with ethical standards. The study was approved for publication by the Local Ethics Committee of the Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of Russia (Meeting Minutes No 261 dated 05/18/2026) and was conducted in accordance with the requirements of the CEC dated 08/01/2025 No63.A

For citation: Polunina N.V., Abdrakhmanov A.R., Soltamakova L.S., Petrov I.I. Features of nutritional behavior of patients with hypertension. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(8): 894–899. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-894-899> <https://elibrary.ru/mwhadl> (In Russ.)

For correspondence: Liana S. Soltamakova, e-mail: lianasolt@mail.ru

Contribution. All co-authors made an equal contribution to the study and preparation of the article for publication, approved the final version and are responsible for the integrity of all its parts.

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: May 25, 2026 / Revised: August 3, 2026 / Accepted: August 7, 2026 / Published: September 28, 2026

Введение

Гипертоническая болезнь (ГБ) является важнейшей медико-социальной проблемой и одним из значимых факторов преждевременной смерти, особенно мужского населения. В терапии ГБ значимую роль играют профилактика неблагоприятного течения, предупреждение осложнений, для чего необходимо формирование у пациентов приверженности здоровому образу жизни, в том числе принципам правильного пищевого поведения.

По сведениям ВОЗ, в настоящее время число больных АГ во всём мире составляет $\approx 1,28$ млрд, их средний возраст 30–79 лет, но знают о своей болезни лишь 75% пациентов [1], а контролируют её течение 14% [2]. По данным реализации целевой Федеральной программы «Профилактика и лечение артериальной гипертензии в Российской Федерации» установлено, что знают о наличии у них АГ $\approx 77,9\%$ пациентов [3].

Основными факторами, способствующими развитию АГ, являются курение, ожирение, нерациональное питание, избыточное потребление соли, психоэмоциональные факторы. Установлено, что влияние перечисленных факторов испытывают в большей степени мужчины трудоспособного возраста до 55 лет. В более старших возрастных группах страдающих гипертонической болезнью преобладают женщины [4].

При изучении влияния различных факторов на развитие болезней системы кровообращения, в том числе ГБ, многие исследователи указывают на употребление (и избыточное употребление) пациентами алкоголя, при этом ВОЗ считает, что безопасных доз алкоголя не бывает [4–6].

В настоящее время в Российской Федерации наблюдается тенденция снижения распространённости ГБ: за период с 2021 по 2024 г. — с 439 до 380 случаев на 1000 населения. Исследователи объясняют снижение распространённости ГБ увеличением в 2019–2024 гг. удельного веса лиц, следовавших правилам здорового образа жизни, с 7,3 до 9,7% [6].

Приверженцы аюрведической медицины считают, что нарушение питания вызывает дисбаланс в организме и становится источником болезни, поэтому необходимо использовать систему правильного питания, которая рассматривается как лекарство. Полезные продукты питания способствуют правильному росту и развитию человека, а вредные вызывают нарушения здоровья и сокращают продолжительность жизни [7–9].

Следует учитывать, что заболеваемость ГБ наносит серьёзный экономический ущерб, равный 1% ВВП Российской Федерации, в связи с наличием у пациентов с ГБ осложнений, приводящих к длительной нетрудоспособности и преждевременной смерти, — инфаркта миокарда и инсульта [10, 11].

Таким образом, медико-социальные мероприятия, направленные на снижение заболеваемости и преждевременной смертности пациентов с ГБ, особенно трудоспособного возраста, имеют высокую значимость и актуальность. К наиболее перспективным рекомендациям, не требующим больших материальных затрат, следует отнести ведение пациентами здорового образа жизни, в том числе соблюдение принципов здорового питания [12].

Цель исследования — установить роль пищевого поведения в формировании течения гипертонической болезни у обследованных пациентов.

Материалы и методы

Были обследованы трудоспособные пациенты ($n = 420$; возраст 35–55 лет), проживающие в Москве и находящиеся под диспансерным наблюдением в Консультативно-диагностической поликлинике № 121 ДЗМ с диагнозом «гипертоническая болезнь». Для изучения особенностей состояния здоровья пациентов, взятых под наблюдение, была разработана выборочная карта, которая заполнялась на основании

медицинских карт пациентов. Пациенты с ГБ были распределены на группы в зависимости от течения гипертонической болезни с учётом длительности болезни, кратности обострений в год, уровня подъёма АД во время приступа, количества отклонений в лабораторных и инструментальных исследованиях, наличия сопутствующих патологий (с благоприятным, удовлетворительным и неблагоприятным течением гипертонической болезни). Для изучения пищевого поведения была разработана анкета из 12 вопросов, которую пациенты заполняли самостоятельно с учётом режима питания, пищевых предпочтений, кратности приёма пищи.

Для оценки эффективности предложенных мероприятий повторно были опрошены 398 пациентов с ГБ, проживающих в Москве и находящихся под диспансерным наблюдением в Консультативно-диагностической поликлинике № 121 ДЗМ с диагнозом «гипертоническая болезнь».

Статистическую обработку данных выполняли методом расчёта средних и относительных показателей, их ошибок, методом корреляции Пирсона, проводили оценку достоверности разности [13].

Результаты

Изучение пищевого поведения пациентов с ГБ предусматривало анализ режима питания, кратности приёма пищи и особенностей пищевых предпочтений. Полученные данные показали, что практически каждый третий пациент с гипертонической болезнью систематически нарушает режим питания, а каждый четвёртый пациент не считает нужным соблюдать режим питания. Анализ полученных данных показал, что среди пациентов, соблюдающих режим питания, кратность приёма пищи три и более раз в день была у 63,7% пациентов с ГБ, у 27,4% пациентов с ГБ — два раза в день, у 8,9% пациентов с ГБ — менее двух раз в день.

Изучение пищевых предпочтений пациентов с гипертонической болезнью показало, что только у 18,2% пациентов в недельном рационе питания отсутствовали продукты с избыточным содержанием соли и сахара. В то же время многие пациенты нарушали рекомендации, в том числе несколько раз в неделю употребляли такие продукты, как ветчина и колбаса (более 50% опрошенных), копчёную или солёную рыбу (более 40%), конфеты, печенье, сладости (более 30% пациентов), майонез, соусы, кетчупы (22,3% пациентов). Установлено, что мужчины достоверно чаще, чем женщины, без ограничений употребляли солёные, копчёные и сладкие продукты, острые соусы, заказывали готовые продукты и продукты быстрого питания, пили газированную воду и энергетики (табл. 1).

Неблагоприятным фактором было употребление большинством пациентов с ГБ чёрного чая или кофе, поскольку это способствует повышению артериального давления. Кроме того, присутствие в рационе вышеперечисленных продуктов приводит к избыточной массе тела — одному из значимых факторов риска осложнённого течения гипертонической болезни.

Анкетирование показало, что у мужчин с ГБ в среднем было меньше нарушений пищевого поведения, чем у женщин ($2,3 \pm 0,11$ против $3,2 \pm 0,14$ нарушений пищевого поведения соответственно; $p < 0,001$).

Благоприятным фактором следует считать присутствие в рационе большинства пациентов с ГБ (92,1%) овощей и фруктов, в том числе каждый второй пациент употребляет овощи и фрукты 4–5 раз в неделю. В то же время среди мужчин с ГБ по сравнению с женщинами с ГБ в три раза больше лиц, употреблявших овощи и фрукты редко (не более трёх раз в неделю). Кроме того, было установлено, что среди мужчин с ГБ в сравнении с женщинами с ГБ в два раза больше лиц, не употреблявших овощи и фрукты (табл. 2).

При определении итоговой оценки пищевого поведения обследованных пациентов была использована балльная система, при которой по каждому изученному критерию в зависимости от его степени выраженности присваивали

Таблица 1 / Table 1

Распределение мужчин и женщин с ГБ по пищевым предпочтениям (на 100 опрошенных)

Distribution of HA men and women by food preferences (per 100 respondents)

Пищевые предпочтения Food preferences	Пациенты с ГБ Patients with HA		Вероятность безошибочного прогноза Probability of an infallible prediction <i>p</i>
	Мужчины Men	Женщины Women	
Ветчина, колбаса, сосиски Ham, sausage, sausages	54.2	48.4	> 0.05
Копчёная, солёная рыба Smoked fish, salted fish	47.4	36.2	< 0.05
Конфеты, печенье, сладости Candies, cookies, sweets	39.6	31.5	< 0.05
Майонез, соусы, кетчуп Mayonnaise, sauces, ketchup	29.4	19.6	< 0.05
Готовая еда из магазина Ready-to-eat food from the store	19.5	7.3	< 0.05
Продукты быстрого питания (гамбургеры, хот-доги и др.) Fast food products (hamburgers, hot dogs, etc.)	18.3	5.7	< 0.05
Соленья Pickles	15.4	6.4	< 0.05
Чипсы, сухарики, крекеры, снеки Chips and crackers, crackers and snacks	13.6	7.4	< 0.05
Крепкий кофе, чёрный чай Strong coffee, black tea	67.5	61.9	> 0.05
Газированные напитки, безалкогольные тонизирующие напитки Soda, energy drinks	18.6	4.9	< 0.05

от одного балла (минимальное значение) до трёх баллов (максимальное значение) (табл. 3).

Общая сумма набранных баллов могла составлять от 5 до 15. При позитивном уровне пищевого поведения сумма баллов составляла от 5 до 8 баллов, что характеризовалось регулярным приёмом пищи не менее трёх раз в день, наличием в меню овощей и фруктов не менее 4–5 раз в сутки, отсутствием в рационе не рекомендованных врачами продуктов и привычки досаливать пищу.

Если обследованные пациенты набрали от 12 до 15 баллов, пищевое поведение оценивалось как неудовлетворительное. У остальных пациентов, набравших от 9 до 11 баллов, уровень пищевого поведения оценивался как удовлетворительный.

Результаты анкетирования показали, что у 36,2% обследованных пациентов пищевое поведение было позитивным, у 24,7% — неудовлетворительным, у 39,1% — удовлетворительным. Отмечено, что мужчины с ГБ достоверно чаще (в 1,4 раза), чем женщины, имели неудовлетворительное пищевое поведение (33,1 и 23,7% соответственно; $p < 0,05$), а женщины с ГБ достоверно чаще по сравнению с мужчинами демонстрировали позитивное пищевое поведение (37,4 и 27,6% соответственно; $p < 0,05$).

Обследованные пациенты с ГБ были распределены на три группы по характеру течения гипертонической болезни на основании учёта таких критериев, как длительность

болезни, кратность обострений в год, уровень подъёма АД во время приступа, количество отклонений в лабораторных и инструментальных исследованиях, наличие сопутствующих патологий.

В группу с благоприятным течением ГБ вошли пациенты с длительностью течения гипертонической болезни менее трёх лет, наличием обострений менее четырёх раз в год, повышением систолического АД во время приступа до 15 мм рт. ст., отсутствием отклонений в лабораторных и инструментальных исследованиях и отсутствием сопутствующих патологий. Установлено, что у 21,6% пациентов с ГБ течение было благоприятным, причём среди женщин достоверно больше лиц, имеющих благоприятное течение ГБ, чем среди мужчин (24,2 и 18,9% соответственно; $p < 0,05$).

В группу с неблагоприятным течением ГБ вошли пациенты, болеющие более четырёх лет, отмечающие более 11 обострений гипертонической болезни в течение года, с повышенным систолическим АД более 30 мм рт. ст., имеющие два и более отклонения в лабораторных и инструментальных исследованиях и более одной сопутствующей патологии.

В целом у 32,5% пациентов течение ГБ было оценено как неблагоприятное. В группу с удовлетворительным течением ГБ вошли 45,9% пациентов, удельный вес лиц этой группы — от 47,7% среди женщин до 43,9% среди мужчин.

Отмечено, что у мужчин с ГБ по сравнению с женщинами с ГБ чаще регистрировались нарушения пищевого по-

Таблица 2 / Table 2

Распределение мужчин и женщин с ГБ по кратности потребления фруктов и овощей (в % к итогу)

Distribution of HA men and women by the multiplicity of fruit and vegetable consumption (% of total)

Кратность употребления фруктов и овощей Multiplicity of fruit and vegetable consumption	Пациенты с ГБ Patients with HA		Вероятность безошибочного прогноза Probability of an infallible prediction <i>p</i>
	Мужчины Men	Женщины Women	
Не употребляют Do not use	10.6	5.2	< 0.05
Употребляют редко (1–2 раза в неделю) Consumed rarely (1–2 times a week)	23.2	7.5	< 0.05
Употребляют часто (4–5 раз в неделю) Consume often (4–5 times a week)	45.5	51.4	≥ 0.05
Употребляют ежедневно Consumed daily	20.7	35.9	< 0.05
Итого Total	100.0	100.0	—

Таблица 3 / Table 3

Балльная оценка критериев пищевого поведения пациентов с гипертонической болезнью

Score assessment of the criteria of eating behavior in HA patients

№	Критерии оценки пищевого поведения Criteria for eating behavior	Баллы Points
1	Регулярность приёма пищи Regularity of meals	1–3
	Да Yes	1
	Не всегда Not always	2
	Нет No	3
2	Кратность приёма пищи Multiplicity of meals	1–3
	3–5 раз в день 3–5 times a day	1
	2 раза в день 2 times a day	2
	Менее 2 раза в день Less than 2 times a day	3
3	Досаливание готовой пищи Salting of ready-made food	1–3
	Нет No	1
	Не всегда Not always	2
	Да Yes	3
4	Присутствие в рационе не рекомендованных врачами продуктов питания Consumption of non-recommended foods	1–3
	Нет No	1
	Не всегда Not always	2
	Да Yes	3
5	Наличие в рационе фруктов/овощей Availability of fruits/vegetables	1–3
	Да Yes	1
	Не всегда Not always	2
	Нет No	3
Итоговая сумма баллов Total Points		5–15

ведения, и среди мужчин было в 1,4 раза больше лиц, чьё пищевое поведение оценивалось как негативное (38,5% мужчин и 28,3% женщин; $p < 0,05$).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что среди обследованных мужчин с ГБ, имеющих неблагоприятное течение гипертонической болезни, достоверно больше лиц с нарушениями пищевого поведения, чем среди мужчин, имеющих благоприятное течение гипертонической болезни (табл. 4).

Приведённые в табл. 4 данные подтверждают, что мужчины с неблагоприятным течением гипертонической болез-

ни достоверно чаще (в 1,6 раза), чем с благоприятным течением ГБ, не соблюдают режим питания и злоупотребляют газированными напитками, в 1,8 раза чаще употребляют продукты быстрого питания, в 2,2 раза чаще злоупотребляют сахаром, в 2,5 раза реже употребляют овощи и фрукты, в 2,7 раза чаще употребляют повышенное количество соли.

Анализ полученных данных показал, что среди женщин с ГБ, имеющих неблагоприятное течение болезни, чаще наблюдались такие негативные факторы пищевого поведения, как избыточное употребление соли и сахара, несоблюдение режима питания, отсутствие овощей и фруктов в рационе. Отмечено, что каждая третья женщина с неблагоприятным течением гипертонической болезни употребляла продукты быстрого питания и газированные напитки (табл. 5).

Установлено, что женщины с неблагоприятным течением ГБ по сравнению с женщинами, имеющими благоприятное течение ГБ, достоверно чаще (в 2,3 раза) не соблюдали режим питания, в 3,1 раза чаще избыточно потребляли соль и сахар, в 2,1 раза чаще избыточно потребляли газированные напитки, в 2,4 раза реже употребляли овощи и фрукты.

Анализ взаимосвязи между течением гипертонической болезни и оценкой пищевого поведения показал, что среди пациентов с ГБ, имеющих позитивное пищевое поведение, достоверно чаще (в 1,3 раза) наблюдается благоприятное течение гипертонической болезни, нежели неблагоприятное.

В группе с неудовлетворительным пищевым поведением благоприятное течение гипертонической болезни отмечается в 1,4 раза реже, чем неблагоприятное (табл. 6).

Коэффициент корреляции между течением гипертонической болезни и оценкой пищевого поведения подтвердил наличие прямой средней силы достоверной зависимости, равной $r = 0,512$, $m = \pm 0,032$, $p < 0,05$.

В процессе исследования также было изучено выполнение пациентами с ГБ рекомендаций врача по питанию. Установлено, что получили рекомендации по питанию лишь 48,7% пациентов с ГБ, однако лишь 26,3% из них следовали рекомендациям.

Анализ причин невыполнения рекомендаций показал, что практически каждый второй пациент (48,3 на 100 опрошенных) указал на отсутствие знаний и недостаточную информированность о здоровом питании, каждый третий (30,7 на 100 опрошенных) – на отсутствие финансовых возможностей покупать овощи и фрукты, каждый четвёртый пациент (24,1 на 100 опрошенных) отметил недостаток времени и приобретение в связи с этим продуктов быстрого приготовления.

В качестве мероприятий, направленных на повышение медицинской грамотности пациентов с ГБ по вопросам пищевого поведения, была разработана памятка для раздачи пациентам при посещении участковых врачей-терапевтов с лечебной или профилактической целью.

Таблица 4 / Table 4

Распределение мужчин по наличию у них негативных факторов пищевого поведения в зависимости от течения гипертонической болезни (на 100 опрошенных)

Distribution of men with HA by the presence of adverse factors of eating behavior depending on their health (per 100 respondents)

Негативные факторы пищевого поведения Adverse factors of eating behavior	Течение ГБ у мужчин HA course in men		Вероятность безошибочного прогноза Probability of an infallible prediction p
	Благоприятное Favorable	Неблагоприятное Unfavorable	
Несоблюдение режима питания Non-compliance with the diet	26.7	43.6	< 0.05
Избыточное потребление газированных напитков Abuse of carbonated drinks	23.6	38.1	< 0.05
Избыточное потребление сахара Sugar abuse	22.7	50.3	< 0.05
Избыточное потребление соли Salt abuse	21.9	60.2	< 0.05
Употребление продуктов быстрого питания Consumption of fast food	19.2	34.9	< 0.05
Отсутствие овощей и фруктов в рационе Lack of vegetables and fruits in the diet	21.4	53.8	< 0.05

Таблица 5 / Table 5

Распределение женщин по наличию у них негативных факторов пищевого поведения в зависимости от течения гипертонической болезни (на 100 опрошенных)

Distribution of women with hypertension according to the presence of adverse factors of eating behavior depending on the course of hypertension (per 100 respondents)

Негативные факторы пищевого поведения Negative factors of eating behavior	Течение ГБ у женщин The HA course in women		Вероятность безошибочного прогноза Probability of an infallible prediction <i>p</i>
	Благоприятное Favorable	Неблагоприятное Unfavorable	
Несоблюдение режима питания Non-compliance with the diet	21.5	34.7	< 0.05
Избыточное потребление сахара Sugar abuse	19.5	35.1	< 0.05
Избыточное потребление соли Salt abuse	18.7	31.6	< 0.05
Отсутствие овощей и фруктов в рационе Lack of vegetables and fruits in the diet	17.6	29.6	< 0.05
Избыточное потребление газированных напитков Abuse of carbonated drinks	16.4	30.5	< 0.05
Присутствие в рационе продуктов быстрого питания Consumption of fast food	15.6	27.3	< 0.05

Таблица 6 / Table 6

Распределение пациентов с ГБ по оценке пищевого поведения в зависимости от течения гипертонической болезни (в % к итогу)

Distribution of HA patients by assessment of eating behavior in dependence on HA course (% of the total)

Оценка пищевого поведения пациентов с ГБ Assessment of eating behavior in HA patients	Характеристика течения гипертонической болезни Characteristics of the HA course		
	Благоприятное течение ГБ Favorable course of the HA	Удовлетворительное течение ГБ Satisfactory HA course	Неблагоприятное течение ГБ Unfavorable HA course
Позитивное Positive	39.3	30.6	29.7
Удовлетворительное Satisfactory	37.4	41.3	38.2
Неудовлетворительное Unsatisfactory	23.3	28.1	32.1
В целом Overall	100	100	100

Для оценки эффективности предложенных мероприятий по изменению пищевого поведения через год повторно обследовали 398 пациентов с ГБ. Отмечено, что раздача памяток способствовала изменению пищевого поведения: сократилась доля пациентов с нарушением режима питания (в 1,4 раза, с 28,1 до 19,7%), употребляющих избыточное количество соли и сахара (в 1,5 раза, с 26,4 до 17,1%), продукты быстрого приготовления (в 1,3 раза, с 35,4 до 27,2%). Кроме того, уменьшилась доля пациентов, у которых при обострении болезни систолическое давление повышалось более чем на 30 мм рт. ст. (с 36,1 по 24,3%), а диастолическое давление повышалось более чем на 15 мм рт. ст. (с 43,5 по 29,3%), в целом — в 1,5 раза, что способствовало сокращению удельного веса пациентов с неблагоприятным течением ГБ (с 32,5 до 27,6%; $p < 0,05$).

Обсуждение

Более 50% пациентов с ГБ регулярно используют пищевые продукты, оказывающие неблагоприятное влияние на течение болезни, каждый третий пациент с ГБ принимает пищу два раза в день, а каждый десятый — один раз в день. В связи с этим у большинства пациентов с ГБ регистрируется удовлетворительное или неблагоприятное течение гипертонической болезни [4, 14].

Одним из ведущих факторов, оказывающих влияние на течение гипертонической болезни, по мнению исследователей из США (Dietary Approaches to Stop Hypertension, DASH), является пищевое поведение. Было доказано, что соблюдение диеты с низким содержанием жиров, достаточным содержанием овощей и фруктов обеспечивает эффективное снижение артериального давления [14].

По данным исследования, выполненного в ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации

и информатизации здравоохранения» Минздрава России, при обследовании 2731 респондента старше 18 лет (45,7% мужчин и 54,3% женщин) в 85 субъектах Российской Федерации было установлено, что только 5% респондентов регулярно придерживаются принципов правильного питания, а 43,4% не считали нужным придерживаться принципов правильного питания [15].

Для повышения эффективности санитарно-просветительской работы среди пациентов с ГБ, направленной на коррекцию нарушений пищевого поведения, был предложен персонифицированный подход, что позволило 15–20% лиц с артериальной гипертензией повысить приверженность правильному пищевому поведению. Достичь целевых уровней артериального давления смогли 58% обследованных [16].

Заключение

Результаты проведенного исследования показали, что нарушения пищевого поведения оказывают отрицательное влияние на течение гипертонической болезни как у мужчин, так и у женщин.

Для комплексной характеристики пищевого поведения целесообразно использовать бальную систему оценки показателей, позволяющую разделить обследованных пациентов на группы и установить взаимосвязь между пищевым поведением и течением гипертонической болезни.

Для улучшения здоровья и повышения приверженности пациентов с гипертонической болезнью принципам правильного пищевого поведения целесообразно использовать в санитарно-просветительской работе персонифицированный подход и обеспечить всех пациентов памятками, раскрывающими правила здорового образа жизни.

Литература

- ВОЗ. Гипертония; 2025. Доступно: <https://who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/hypertension>
- ВОЗ. Клинические рекомендации по медикаментозной терапии артериальной гипертензии у взрослых; 2022. Доступно: <https://who.int/ru/publications/b/59565>
- Шальнова С.А., Баланова Ю.А., Константинов В.В., Тимофеева Т.Н., Иванов В.М., Капустина А.В. и др. Артериальная гипертензия: распространенность, осведомленность, прием антигипертензивных препаратов и эффективность лечения среди населения Российской Федерации. *Российский кардиологический журнал*. 2006; 11(4): 45–50. <https://elibrary.ru/intuyz>
- Исмаилова М.А., Афанасьева А.Д., Гарбузова Е.В., Рагино Ю.И. Артериальная гипертензия: современное состояние проблемы в России и в мире. Обзор литературы. Часть II. *Артериальная гипертензия*. 2024; 30(4): 342–53. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2024-2447> <https://elibrary.ru/pgvrtw>
- Zhao J., Stockwell T., Naimi T., Churchill S., Clay J., Sher A. Association between daily alcohol intake and risk of all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Netw. Open*. 2023; 6(3): e236185. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.6185>
- Сорокин А.С., Халтурина Д.А., Соломатников И.А. Распространенность артериальной гипертензии в России в 2021–2024 гг. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2025; (4): 400–20. <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2025-4-400-420> <https://elibrary.ru/wskaye>
- Sharma P.V. *Caraka-Samhitā: Agniveśa's Treatise Refined and annotated by Caraka and Redacted by Drdhabala (text with English translation)*. Varanasi: Chaukhambha Orientalia; 2001.
- Полунин В.С. *Методы Востока для здоровья. Как оставаться молодым и активным в 50, 70, 90 лет*. М.: Эксмо; 2015.
- Полунина Н.В., Полунин В.С. История развития подходов к здоровому образу жизни. В кн.: «Стоиковские чтения»: Сборник статей 17-й международной научной конференции. М.; 2019: 314–7. <https://elibrary.ru/ujipmm>
- Баланова Ю.А., Концевая А.В., Мырзаматова А.О., Муканеева Д.К., Худяков М.Б., Драпкина О.М. Экономический ущерб от артериальной гипертензии, обусловленный ее вкладом в заболеваемость и смертность от основных хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2020; 16(3): 415–23. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2020-05-03> <https://elibrary.ru/agbxvd>
- Баланова Ю.А., Драпкина О.М., Куценко В.А., Имаева А.Э., Концевая М.В., Максимов С.А., и др. Артериальная гипертензия в российской популяции в период пандемии COVID-19: гендерные различия в распространенности, лечении и его эффективности. Данные исследования ЭССЕ-РФ3. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2023; 22(8S): 3785. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2023-3785> <https://elibrary.ru/yutunx>
- Абдрахманов А.Р., Полунина Н.В. Медико-социальные аспекты здоровья пациентов с гипертонической болезнью. В кн.: *Здоровый образ жизни и профилактическая медицина: Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и студентов*. Волгоград; 2024: 14–5. <https://elibrary.ru/lyqnp>
- Плохинский Н.А. *Биометрия*. 2-е издание, Издательство Московского университета, М., 1970. 367 с.
- Тайсон К.К., Нванкво Ч., Лин П.Х., Светкий Л.П. Диетологический подход к лечению артериальной гипертензии. Особенности питания в специфических популяциях. *Кардиология: новости, мнения, обучение*. 2013; (1): 63–73. <https://elibrary.ru/uclwh>
- Чигрина В.П., Тюфилин Д.С., Кобыкова О.С., Салагай О.О. Приверженность населения Российской Федерации правильному питанию. *Общественное здоровье*. 2024; 4(3): 7–16. <https://doi.org/10.21045/2782-1676-2024-4-3-7-16> <https://elibrary.ru/mhsbpu>
- Сухова А.В., Преображенская Е.А. Приверженность здоровому образу жизни как профилактика артериальной гипертензии у работников вредных производств. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(12): 1670–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-12-1670-1676> <https://elibrary.ru/vqahmv>

References

- WHO. Hypertension; 2023. Available at: <https://who.int/news-room/fact-sheets/detail/hypertension>
- WHO. Guideline for the pharmacological treatment of hypertension in adults; 2021. Available at: <https://who.int/publications/b/59565>
- Shalnova S.A., Balanova Yu.A., Konstantinov V.V., Timofeeva T.N., Ivanov V.M., Kapustina A.V., et al. Arterial hypertension: prevalence, awareness, antihypertensive pharmaceutical treatment, treatment effectiveness in Russian population. *Rossiiskii kardiologicheskii zhurnal*. 2006; 11(4): 45–50. <https://elibrary.ru/intuyz> (in Russian)
- Ismaïlova M.A., Afanasyeva A.D., Garbuzova E.V., Ragino Yu.I. Arterial hypertension: the current state in Russia and in the world. Review. Part II. *Arterial'naya gipertenziya*. 2024; 30(4): 342–53. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2024-2447> <https://elibrary.ru/pgvrtw> (in Russian)
- Zhao J., Stockwell T., Naimi T., Churchill S., Clay J., Sher A. Association between daily alcohol intake and risk of all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Netw. Open*. 2023; 6(3): e236185. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.6185>
- Sorokin A.S., Khatourina D.A., Solomatnikov I.A. Prevalence of arterial hypertension in Russia in 2021–2024. *Sovremennye problemy zdoravookhraneniya i meditsinskoi statistiki*. 2025; (4): 400–20. <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2025-4-400-420> <https://elibrary.ru/wskaye> (in Russian)
- Sharma P.V. *Caraka-Samhitā: Agniveśa's Treatise Refined and annotated by Caraka and Redacted by Drdhabala (text with English translation)*. Varanasi: Chaukhambha Orientalia; 2001.
- Polunin V.S. *Methods of the East for Health. How to Stay Young and Active at 50, 70, 90 Years [Metody Vostoka dlya zdorov'ya. Kak ostavat'sya molodym i aktivnym v 50, 70, 90].* Moscow: Eksmo; 2015. (in Russian)
- Polunina N.V., Polunin V.S. The history of the development of approaches to a healthy lifestyle. In: «Stoikovskie chteniia»: *Collection of articles of the 17th International Scientific Conference [«Stoikovskie chteniia»: Sbornik statei 17-i mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii]*. Moscow; 2019: 314–7. <https://elibrary.ru/ujipmm> (in Russian)
- Balanova Yu.A., Kontsevaya A.V., Myrзаматова А.О., Mukaneeva D.K., Khudyakov M.B., Drapkina O.M. Economic burden of hypertension in the Russian Federation. *Ratsional'naya farmakoterapiya v kardiologii*. 2020; 16(3): 415–23. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2020-05-03> <https://elibrary.ru/agbxvd> (in Russian)
- Balanova Yu.A., Drapkina O.M., Kutsenko V.A., Imaeva A.E., Kontsevaya A.V., Maksimov S.A., et al. Hypertension in the Russian population during the COVID-19 pandemic: sex differences in prevalence, treatment and its effectiveness. Data from the ESSE-RF3 study. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2023; 22(8S): 3785. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2023-3785> <https://elibrary.ru/yrunux> (in Russian)
- Abdrakhmanov A.R., Polunina N.V. Medical and social aspects of the health of patients with hypertension. In: *Healthy Lifestyle and Preventive Medicine: Collection of Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students [Zdoroviy obraz zhizni i profilakticheskaya meditsina: Sbornik materialov II Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh i studentov]*. Volgograd; 2024: 14–5. <https://elibrary.ru/lyqnp> (in Russian)
- Plokhinsky N.A. *Biometrics*. 2nd edition, Moscow University Press, Moscow, 1970. 367 p.
- Tyson C.C., Nwankwo Ch., Lin P.H., Svetkey L.P. The dietary approaches to stop hypertension (DASH). Eating pattern in special populations. *Kardiologiya: novosti, mneniya, obucheniye*. 2013; (1): 63–73. <https://elibrary.ru/uclwh> (in Russian)
- Chigrina V.P., Tyufilin D.S., Kobayakova O.S., Salagay O.O. The commitment of the population of the Russian Federation to healthy nutrition. *Obshchestvennoe zdorov'e*. 2024; 4(3): 7–16. <https://doi.org/10.21045/2782-1676-2024-4-3-7-16> <https://elibrary.ru/mhsbpu> (in Russian)
- Sukhova A.V., Preobrazhenskaya E.A. Commitment to a healthy lifestyle in the prevention of hypertension in workers of harmful industries. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2025; 104(12): 1670–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-12-1670-1676> <https://elibrary.ru/vqahmv> (in Russian)

Сведения об авторах

Полунина Наталья Валентиновна, доктор мед. наук, профессор, академик РАН, почётный зав. каф. общественного здоровья и здравоохранения им. акад. Ю.П. Лисицына Института профилактической медицины им. З.П. Соловьева ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава РФ, 117997, Москва, Россия. E-mail: nvp01@rambler.ru

Абдрахманов Айнура Раилевич, аспирант каф. общественного здоровья и здравоохранения им. акад. Ю.П. Лисицына Института профилактической медицины им. З.П. Соловьева ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава РФ, 117997, Москва, Россия. E-mail: abdrakhmanovaynur@yandex.ru

Солтамакова Лиана Солтамаковна, канд. мед. наук, доцент каф. общественного здоровья и здравоохранения им. акад. Ю.П. Лисицына Института профилактической медицины им. З.П. Соловьева ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава РФ, 117997, Москва, Россия. E-mail: lianasolt@mail.ru

Петров Илья Игоревич, студент 6-го курса программы специалитета по специальности «Лечебное дело» Института клинической медицины ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава РФ, 117997, Москва, Россия. E-mail: rexre21.05.11@yandex.ru

About the authors

Natasha V. Polunina, DSc (Medicine), professor, academician of the Russian Academy of Sciences, honorary head, Department of public health and health care named after academician Yu.P. Lisitsyn, Solovyov Institute of Preventive Medicine, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, 117997, Russian Federation. E-mail: nvp01@rambler.ru

Ainur R. Abdrakhmanov, postgraduate student, Department of public health and health care named after Academician Yu.P. Lisitsyn, Institute of Preventive Medicine named after Z.P. Solovyov, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, 117997, Russian Federation. E-mail: abdrakhmanovaynur@yandex.ru

Liana S. Soltamakova, DSc (Medicine), associate professor of the Department of public health and health care named after academician Yu.P. Lisitsyn, Institute of Preventive Medicine named after Z.P. Solovyov, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, 117997, Russian Federation. E-mail: lianasolt@mail.ru

Ilya I. Petrov, 6th year student, Specialty program “Medicine”, Institute of Clinical Medicine, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, 117997, Russian Federation. E-mail: rexre21.05.11@yandex.ru



Калинина Н.И., Дубровская Е.Н., Сладкова Ю.Н., Крийт В.Е.

Междисциплинарный подход к оценке безопасности детских игрушек (нарративный обзор литературы)

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

В статье обобщены результаты анализа отечественных и зарубежных работ, посвящённых изучению безопасности детских игрушек. Поиск статей осуществлялся в научных электронных библиотеках: eLIBRARY.RU, «КиберЛенинка», информационной системе PubMed, базе данных ScienceDirect — информационной платформе Elsevier. Глубина поиска 7 лет (2020–2026 гг.). Применены аналитический и сравнительный методы изучения оценки безопасности игрушек. Установлено, что научные публикации представлены в различных тематических журналах. Это преимущественно статьи о требованиях технического регламента ТР ТС 008/2011 «О безопасности игрушек», поступлении в страну контрафактной продукции, исследованиям рынка детских товаров и др. Анализ литературных источников показывает небольшое количество публикаций, посвящённых гигиенической оценке игрушек. В работах отражены результаты органолептических, микробиологических, токсикологических исследований, рассматриваются психолого-педагогические аспекты игровой продукции. Вместе с тем изучение воздействия электромагнитных полей (ЭМП) от электрических игрушек в опубликованных статьях не отражено. Игрушки являются источниками ЭМП, в том числе радиочастотного диапазона, в ряде случаев максимально приближенными к телу, и создают потенциальный риск для здоровья ребёнка. Современные электронные технологии находят применение и на рынке игрушек, ежегодно появляются всё более сложные игрушки — интерактивные, электронные и радиоуправляемые. В действующем методическом документе МУК 4.1/4.3.2038–05 «Санитарно-эпидемиологическая оценка игрушек» не определены методы инструментального контроля уровней ЭМП, генерируемых детскими игрушками. Необходимы гигиенические исследования и актуализация методических документов в области электромагнитной безопасности игрушек.

Ключевые слова: обзор; детские игрушки; требования безопасности; электромагнитные поля; гигиеническая оценка

Для цитирования: Калинина Н.И., Дубровская Е.Н., Сладкова Ю.Н., Крийт В.Е. Междисциплинарный подход к оценке безопасности детских игрушек (нарративный обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2026; 105(8): 900–904. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-900-904> <https://elibrary.ru/nxcdvp>

Для корреспонденции: Калинина Нина Ивановна, e-mail: n.kalinina@s-znc.ru

Вклад авторов: Калинина Н.И. — концепция и дизайн исследования, анализ данных, написание текста; Дубровская Е.Н. — анализ материалов, редактирование; Сладкова Ю.Н., Крийт В.Е. — редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 17.04.2026 / Поступила после доработки: 13.05.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Nina I. Kalinina, Ekaterina N. Dubrovskaya, Julia N. Sladkova, Vladimir E. Kriyt.

An interdisciplinary approach to assessing the safety of children's toys (narrative literature review)

North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation

ABSTRACT

The article summarizes the results of the analysis of domestic and foreign reports devoted to the study of the safety of children's toys. The articles were searched in scientific electronic libraries: eLIBRARY.RU, CyberLeninka, the PubMed information system, the ScienceDirect database, and the Elsevier information platform. The search depth is 7 years (2020–2026). Analytical and comparative methods were used to study the problem in the field of toy safety. Scientific articles were established to be presented in journals of various thematic profiles. For the most part, these are articles on the requirements of the technical regulations TR CU 008/2011 "On the safety of toys", on the issues of counterfeit products entering the country, and articles on market research for children's goods. An analysis of literary sources shows a small number of publications devoted to the hygienic assessment of toys. The works present the results of organoleptic, microbiological, and toxicological studies, and consider the psychological and pedagogical aspects of game products. However, there are no published reports on the study of the effects of electromagnetic fields (EMF) from electric toys. Toys are sources of EMF, including radio frequency range, in some cases as close as possible to the child's body, as a result, the potential risk to children's health increases. The development of modern electronic technologies is also penetrating the toy market, with more and more complex toys appearing every year — interactive, electronic and radio-controlled toys. In the current methodological document of the MUK 4.1/4.3.2038–05 "Sanitary and epidemiological assessment of toys" there are no methods for instrumental monitoring of EMF levels generated by children's toys. Hygienic studies and updating of methodological documents in the field of electromagnetic safety of toys are required.

Keywords: review; children's toys; safety requirements; electromagnetic fields; hygienic assessment

For citation: Kalinina N.I., Dubrovskaya E.N., Sladkova Ju.N., Kriyt V.E. An interdisciplinary approach to assessing the safety of children's toys (narrative literature review). *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(8): 900–904. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-900-904> <https://elibrary.ru/nxcdvp> (In Russ.)

For correspondence: Nina I. Kalinina, e-mail: n.kalinina@s-znc.ru

Contribution: Kalinina N.I. — research concept and design, data analysis, text writing, editing; Dubrovskaya E.N. — analysis of materials; editing; Sladkova Yu.N., Kriyt V.E. — editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: April 17, 2026 / Revised: May 13, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

Защита детей в России — первостепенная государственная задача. Указом Президента Российской Федерации 29 мая 2017 г. № 240¹ в целях совершенствования государственной политики в сфере защиты детства объявлено десятилетие детства в Российской Федерации (2018–2027 гг.). Распоряжением Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2024 г. № 3328-р² утверждён план мероприятий по развитию индустрии детских товаров в этот период, повышению безопасности и качества товаров, в том числе детских игрушек. Следует отметить, что электромагнитный фактор современной техногенной среды обитания воздействует на все биологические объекты. Особую озабоченность вызывает влияние электромагнитных полей на наиболее чувствительные группы населения: дети и подростки в силу физиологических особенностей имеют повышенную восприимчивость к электромагнитному излучению [1, 2]. Наряду с такими источниками электромагнитных полей (ЭМП), как мобильные телефоны, бытовые электроприборы, оборудование для Wi-Fi, в среде обитания детей появились новые источники ЭМП — электрические игрушки. Основными факторами риска при их использовании являются непосредственная близость источника излучения к телу ребёнка (радиоуправляемая игрушка) и продолжительность контакта с игрушкой. Радиоуправляемые детские игрушки имеют различные технические характеристики, работают на радиочастотах 27 и 40 МГц, более современные — на частоте 2,4 ГГц, что создаёт потенциальную угрозу здоровью детей и обуславливает необходимость изучения влияния на организм. Исследования электромагнитной безопасности таких игрушек не проводились.

Цель настоящего обзора — анализ отечественных и зарубежных работ в области изучения безопасности детских игрушек. Поиск и последующий анализ различных исследовательских тем выявил, что в публикациях рассматривается комплекс актуальных проблем, разрабатываются разные направления обеспечения безопасности игровой продукции. Рассмотрение и сравнение различных точек зрения позволило сформировать междисциплинарный подход к изучению проблемы. При этом релевантность статей по электромагнитной безопасности игрушек в базах научной литературы, в том числе зарубежной, оказалась невысокой.

В рамках исследования были проанализированы научные публикации, посвящённые безопасности детских игрушек. Временной охват анализируемых материалов — 2020–2026 гг. Поиск публикаций выполнен в библиографических базах научных электронных библиотек: eLIBRARY.RU, КиберЛенинка, информационной системе PubMed, базе данных ScienceDirect — информационной платформе Elsevier. По тематической направленности рассмотрены статьи из ряда российских научно-практических журналов, в том числе «Гигиена и санитария», «Здоровье населения и среда обитания», «Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья», «Вестник евразийской науки» и др. В подборку зарубежных публикаций вошли статьи из журналов, находящихся в открытом доступе, таких как *Int J Environ Res Public Health*; *Reviews on Environmental Health*; *Children*; *Front. Psychol.* Всего было выявлено более 100 публикаций, после отбора на соответствие цели работы отобрано 40 литературных источников. Исследование опиралось на аналитический и сравнительный методы изучения проблемы обеспечения безопасности игрушек.

Одно из основных положений Федерального закона от 24 июля 1998 г. № 124-ФЗ³ — обеспечение безопасности

жизни, охраны здоровья, нравственности ребёнка, защиты его от негативных воздействий. Контроль безопасности товаров детского ассортимента организуется в соответствии с приказом Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 1079 от 08.11.2012 г.⁴. Решением Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299⁵ установлены единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), к которой относятся и товары детского ассортимента (игрушки, игры, их части и принадлежности). Решением Комиссии Таможенного союза от 23 сентября 2011 г. № 798 утверждён технический регламент ТР ТС 008/2011 «О безопасности игрушек», который декларирует обязательные для применения и исполнения на таможенной территории Евразийского экономического союза (ЕАЭС) требования безопасности к игрушкам. Законодательство Российской Федерации допускает на рынок детскую продукцию только при подтверждении её соответствия требованиям технических регламентов. Для детских товаров предусмотрена обязательная сертификация.

Рынок игр и игрушек в России демонстрирует устойчивый рост, несмотря на экономические вызовы и изменение потребительских предпочтений⁶. При рассмотрении тенденций и проблем отрасли становится очевидным, что в структуре рынка ЕАЭС и географии поставок игрушек Китай и европейские страны занимают общую рыночную долю в данном сегменте 86,7%, из них на Китай приходится свыше 70% [3]. В статьях российских специалистов и специалистов из государств — членов ЕАЭС освещается проблема безопасности и соответствия игрушек требованиям ТР ТС 008/2011. Требования ЕАЭС к качеству и применению товаров закреплены в нормативных правовых актах и служат основой государственного контроля [4–9]. В публикации белорусских гигиенистов рассмотрено создание в рамках ЕАЭС системы оповещения об опасной продукции с целью оперативного реагирования органов надзора и снижения рисков попадания небезопасных товаров на рынок [10]. Рынок детских товаров в России отличается высокой динамичностью с особой тенденцией — ростом спроса на игрушки с электронными компонентами и цифровым контентом (образовательный или развлекательный); их доля в товарообороте достигает 35% [11, 12]. Безопасности детских игрушек посвящены статьи сотрудников Федеральной таможенной службы Российской Федерации (ФТС РФ). Таможенные органы для выявления фальсификата применяют проверку документации, проводят таможенные экспертизы и фактические проверочные мероприятия [13]. Игрушки и игры наряду с парфюмерией и косметикой входят в число наиболее подделываемых категорий товаров. По статистике таможенных изъятий, парфюмерия и косметика составляют 32% от общемирового объёма, игрушки — 22% [14]. Контрафакт является одной из ключевых угроз социальной и финансовой безопасности России [15].

В современной научной литературе публикации гигиенического профиля о безопасности детских игрушек имеют небольшой удельный вес в общем массиве работ по данной проблеме. Сообщается о проведении исследования микробиологической безопасности игрушек для ванны и получении результатов о наличии колонизации на внутренней поверхности образцов микроскопическими грибами [16]. Специалисты ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотреб-

¹ Указ Президента Российской Федерации 29 мая 2017 г. № 240 «Об объявлении в Российской Федерации десятилетия детства».

² Распоряжение Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2024 г. № 3328-р «О плане мероприятий («дорожной карте») по развитию индустрии детских товаров на 2025–2030 годы».

³ Федеральный закон от 24 июля 1998 г. № 124-ФЗ «Об основных гарантиях прав ребёнка в Российской Федерации» (с изм. на 4 ноября 2025 г.).

⁴ Приказ Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 1079 от 08.11.2012 г. «Об организации контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов Таможенного союза».

⁵ Решение Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299 «О применении санитарных мер в Евразийском экономическом союзе» (с изм. на 23 сентября 2025 г.).

⁶ Анализ рынка игр и игрушек в России — 2026. Показатели и прогнозы. <https://tebiz.ru/mi/rynok-igr-i-igrushek-v-rossii> (дата обращения: 10.03.2026 г.).

надзора разработали методику определения концентраций токсичных веществ в резино-латексных композициях (надувные шары, резиновые мячи, игрушки для ванны), соответствующую требованиям ТР ТС 008/2011 «О безопасности игрушек» [17]. Изучается возможность использования вторично переработанных полимерных материалов для изготовления товаров детского ассортимента, игрушек [18, 19]. При оценке гигиенической безопасности образцов детских игрушек из магазинов розничной торговли сотрудники Уральского государственного медицинского университета выявили часть продукции, не соответствующей требованиям ТР ТС 008/2011 по маркировке, органолептическим свойствам, наличию сертификата [20]. В обзорной статье проанализирована зарубежная и отечественная литература о клинических случаях слизь-индуцированных дерматитов, связанных с игрушкой Slime. Авторы предполагают, что Slime может способствовать развитию не только дерматитов и аллергических реакций, но и отдалённых неблагоприятных последствий [21]. Наряду с гигиеническими аспектами в публикациях обсуждаются психологические угрозы, связанные с влиянием современных игр, игрушек и мультфильмов на детей. Полноценное развитие ребёнка в значительной степени определяется эмоциональным благополучием, одним из средств обеспечения которого является детская игрушка. Современные игрушки могут быть психологически опасны и затормозить развитие эмоциональной сферы ребёнка [22, 23].

Ряд зарубежных работ посвящён выявлению токсичных соединений в материалах, используемых при производстве игрушек. Эти вещества добавляют для придания изделиям желаемых эксплуатационных характеристик — мягкости, яркости, прочности и эластичности. В Казахстане в рамках санитарного надзора установлен неуклонный рост удельного веса некачественных детских игрушек, выявляется значительное содержание фенола — основного фактора токсичности, превышение допустимых уровней миграции формальдегида и стирола [24]. В представленных на итальянском рынке пластиковых сувенирах, приобретаемых в качестве игрушек для детей, исследователи выявили токсичные вещества, в том числе хром, никель, медь и свинец [25]. Учёные из ОАЭ обнаружили токсичные металлы в пластиковых игрушках, приобретённых в розничных и оптовых торговых точках [26]. В образцах игрушек китайского производства, представленных на местных рынках Нигерии, присутствовали свинец, кадмий и мышьяк [27]. В Японии исследования подтвердили зависимость химического состава игрушек от года выпуска и страны-производителя, пластиковые изделия китайского производства зачастую содержат повышенные концентрации фталевых эфиров [28]. В обзорной статье приводятся обобщённые данные о загрязнении игрушек тяжёлыми металлами и токсичными элементами в 15 странах (Великобритания, Саудовская Аравия, Камбоджа, Пакистан, Казахстан и другие государства). Наиболее высокие концентрации опасных веществ (тяжёлые металлы, органические соединения) зафиксированы в пластиковых и металлических игрушках, детских украшениях [29]. Европейские исследователи сообщают, что в рамках пересмотра Директивы 2009/48/ЕС⁷ были актуализированы пределы безопасности для химических элементов в игрушках. Европейский союз, Канада и США жёстко ограничили использование эфиров фталевой кислоты в игрушках, классифицировав их как эндокринные разрушители, однако существует риск импорта продукции с высоким содержанием фталатов из других регионов [30].

Установлена ещё одна тревожная тенденция: традиционные игрушки всё чаще уступают место цифровым и виртуальным аналогам. Так называемые интеллектуаль-

ные игрушки активно проникают в личное пространство ребёнка, при этом отсутствуют научные данные, подтверждающие их равноценную пользу для развития детей. Многие отечественные и зарубежные исследователи негативно оценивают распространение цифровых игрушек и их доступность практически с младенчества [31–34]. Специалисты указывают на снижение качества игрового взаимодействия и коммуникации между ребёнком и родителями. Более активное взаимодействие и больший речевой вклад родителей и детей наблюдаются при использовании традиционных игрушек по сравнению с цифровыми [35, 36]. Доказано, что игрушки развивают когнитивные, двигательные, психосоциальные, эмоциональные и языковые навыки. Благодаря игре дети познают окружающий мир и осваивают модели поведения, которые впоследствии будут востребованы во взрослой жизни [37–40].

Анализ публикаций по проблеме безопасности игрушек выявил, что научные статьи представлены в журналах различного профиля. Следует отметить междисциплинарный характер исследований детских игрушек: проблемы обсуждают специалисты различных областей — от сотрудников таможенной службы до педагогов и социологов. Определённые трудности возникают при анализе гигиенических исследований из-за относительно небольшого количества российских научных работ в указанной области: рассматривается безопасность игрушек в психолого-педагогическом аспекте, по микробиологическим показателям и с позиций токсикологического риска. Большинство зарубежных научных статей содержит результаты исследования материалов с целью выявления потенциально опасных химических соединений при производстве игрушек. Ряд актуальных проблем связан с использованием цифровых технологий при изготовлении игрушек. Появляется необходимость изучения влияния интерактивных игрушек на взаимодействие детей и взрослых, информированности родителей о рисках, связанных с цифровыми технологиями (электромагнитное излучение, кибербезопасность). Современные вызовы, обусловленные цифровизацией игровой среды, наличием контрафактной и фальсифицированной продукции, требуют проведения гигиенических исследований, актуализации нормативных требований с учётом технологических инноваций, а также повышения информированности потребителей о потенциальных рисках.

Анализ научной литературы последних лет свидетельствует об отсутствии публикаций по электромагнитной безопасности детских игрушек, в то время как гигиеническая оценка таких изделий предполагает комплексное исследование с измерением параметров электромагнитного поля, генерируемого электрическими игрушками. Особую значимость имеет изучение воздействия ЭМП от игрушек, которые ребёнок держит в руках. Такие изделия требуют тщательной гигиенической оценки ввиду непосредственной близости к телу и потенциальной продолжительности контакта. В 1993 г. были введены в действие санитарные правила и нормы СанПиН 2.4.7.007–93⁸, устанавливающие требования к проведению лабораторных исследований, санитарно-эпидемиологическому надзору на этапах постановки игрушки на производство, её изготовления и реализации. С 01.04.2006 г. СанПиН 2.4.7.007–93 утратили силу в части методов определения показателей, которые были внесены в действующие МУК 4.1/4.3.2038–05⁹. Документ не регламентирует методы инструментального контроля уровней ЭМП, излучаемых детскими игрушками, ссылается на отменённые санитарные нормы и правила, касающиеся выполнения измерений. Это создаёт правовую неопределённость и затрудняет единообразное применение норм. В усло-

⁷ Directive 2009/48/EC of the European Parliament and of the Council of 18 June 2009 on the safety of toys. <https://www.ce-certification.lv/ru/ce/bezopasnost-igrushek/safety-of-toys> (дата обращения: 12.03.2026 г.).

⁸ СанПиН 2.4.7.007–93. Производство и реализация игр и игрушек.

⁹ МУК 4.1/4.3.2038–05. Санитарно-эпидемиологическая оценка игрушек.

виях нарастающего электромагнитного загрязнения среды и повышенной чувствительности детского организма к ЭМП безопасность электрических игрушек приобретает ключевое значение для охраны здоровья подрастающего поколения. Авторы считают целесообразным изучение электромагнитной безопасности и оценку уровней ЭМП, излучаемых игрушками, на соответствие гигиеническим нормативам СанПиН 1.2.3685–21¹⁰, предлагают пересмотреть методические указания в части инструментального контроля электромагнитной безопасности игрушек.

¹⁰ СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

Литература

(п.п. 8, 25–30, 33, 34, 36, 37, 39, 40 см. References)

- Григорьев О.А., Никитина В.Н., Носов В.Н., Пекин А.В., Алексеева В.А., Дубровская Е.Н. Электромагнитная безопасность населения. Национальные и международные нормативы электромагнитных полей радиочастотного диапазона. *Здоровье населения и среда обитания* – *ЗНиСО*. 2020; 28(10): 28–33. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-28-33> <https://elibrary.ru/iinnkv>
- Григорьев Ю.Г. Значимость адекватной информации по оценке опасности ЭМП сотовой связи для здоровья населения (первая четверть XXI века). *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2020; 60(5): 532–40. <https://doi.org/10.31857/S0869803120050045> <https://elibrary.ru/dhnadn>
- Чадова Т.В. Разработка механизмов идентификации и классификации товаров (на примере товаров группы 95 ТН ВЭД ЕАЭС). *Таможенная политика России на Дальнем Востоке*. 2022; (3): 66–83. <https://doi.org/10.24412/1815-0683-2022-3-66-83> <https://elibrary.ru/iilnvw>
- Сысоева Е.А. Технические регламенты – эффективный инструмент повышения качества жизни населения. *Качество и жизнь*. 2020; (1): 18–25. <https://doi.org/10.34214/2312-5209-2020-25-1-18-25> <https://elibrary.ru/ejqaku>
- Леонова Г.Б. Евразийский экономический союз: технические регламенты и качество товаров. *Законодательство*. 2021; (2): 43–8. <https://elibrary.ru/puetit>
- Чулкова Д.И., Зуева О.Н. Особенности технического регулирования при производстве и реализации детских игрушек. *Вестник НИУ «КЭУ им. М. Рyskulbekova»*. 2021; (2): 135–7. <https://elibrary.ru/zdhmaw>
- Айтжанова С.А., Джумагазиева Т.М., Урдубаева А.Е. Разработка методик выполнения измерений и межгосударственных стандартов для измерений показателей безопасности продукции на соответствие требованиям технических регламентов Евразийского экономического союза. *Законодательная и прикладная метрология*. 2025; (1): 45–50. <https://doi.org/10.32446/2782-5418.2025-1-45-50> <https://elibrary.ru/ggnac1>
- Непримерова В.В., Чадова Т.В. Идентификация и классификация товаров в таможенных целях (на примере товаров группы 95 ТН ВЭД). В кн.: *Развитие таможенного дела Российской Федерации: Дальневосточный вектор. Сборник научных трудов*. Владивосток; 2024: 72–8. <https://doi.org/10.24412/cl-36450-2024-5-72-78> <https://elibrary.ru/ytnuta>
- Кондрескул И.В., Мойсак И.В., Мозаловская М.М., Далакишвили И.А. Государственный санитарный надзор: развитие в условиях цифровизации. *Вопросы организации и информатизации здравоохранения*. 2022; (S1): 29–32. <https://elibrary.ru/fklsmv>
- Звягина Н.Н., Горелова И.Е., Месяц И.В. Состояние и перспективы развития рынка игрушек. *Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права*. 2020; (1): 133–40. <https://doi.org/10.21295/2223-5639-2020-1-133-140> <https://elibrary.ru/bjsjzw>
- Калачев С.Л., Махотина И.А. Индустрия детских товаров и тенденции рынка игрушек в Европейском союзе и России. *Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова*. 2022; 19(6): 198–206. <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2022-6-198-206> <https://elibrary.ru/ahvgls>
- Иванова В.В. К вопросу об идентификации и экспертизе детских игрушек. *Ученые записки Санкт-Петербургского имени В.Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии*. 2024; (3): 31–5. <https://elibrary.ru/gwgsnv>
- Подольская Т.В., Клименко Д.Н. Современное состояние и тенденции развития мирового рынка контрафактных товаров. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*. 2024; 14(5–1): 298–304. <https://elibrary.ru/ddfmod>
- Башлыкова В.В. Возможности противодействия обороту контрафактной продукции как фактор социально-экономической безопасности России. *Экономическая безопасность*. 2020; 3(3): 351–62. <https://doi.org/10.18334/ecsec.3.3.110594> <https://elibrary.ru/uuwfgo>
- Васильева Н.В., Богомолова Т.С., Хурцилава О.Г., Якубова И.Ш., Аликбаева Л.А., Суворова А.В. и др. Гигиенические проблемы безопасности детских игрушек для ванны. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(5): 539–44. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-539-544> <https://elibrary.ru/kdjply>
- Ларькина М.В., Фейсханов М.Р. К вопросу безопасности детских игрушек. В кн.: *Современные проблемы гигиены, токсикологии и медицины труда: Материалы научно-практической конференции с международным участием*. Омск; 2020: 132–7. <https://elibrary.ru/ttxqag>
- Барсукова Н.К., Чумичева О.А., Надёжина Л.Г. Гигиеническая оценка вторичного переработанного полимерного материала для возможного использования в производстве детских товаров. *Здоровье населения и среда обитания* – *ЗНиСО*. 2022; 30(11): 47–53. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-47-53> <https://elibrary.ru/pnaekv>
- Маренкова А.В., Сапрыкин Б.Ю., Петров П.А. Применение технологий аддитивного производства в изготовлении игрушек из переработанных термопластиков. *Климат и природа*. 2020; (2): 42–8. <https://elibrary.ru/duxxbh>
- Иванова Е.С., Кулиева М.А. Гигиеническая безопасность игрушек и их соответствие техническому регламенту Таможенного союза. В кн.: *Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения: Материалы VI Международной научно-практической конференции молодых учёных и студентов*. Екатеринбург; 2021: 568–73. <https://elibrary.ru/uudgcw>
- Полозова Е.В., Богачева А.С., Калякина Д.О., Романова А.В. Игрушка «Слайм» как объект токсикологического исследования. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2022; (7–2): 45–9. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2022-7-2-45-49> <https://elibrary.ru/dvqejx>
- Лукина А.К., Назранова К.А. Влияние современных игр, игрушек и мультфильмов на дошкольников: психологические угрозы. *Педагогика*. 2024; 88(1): 67–76. <https://elibrary.ru/ecsjuv>
- Белобрыкина О.А., Лидин К.Л. Эмоциональное содержание современных детских игрушек. *Современное дошкольное образование*. 2024; (2): 48–59. <https://doi.org/10.24412/2782-4519-2024-2122-48-59> <https://elibrary.ru/ldsfmj>
- Саликова Н.С., Караканов А.Б., Уразбаева С.Е., Жакупова С.Б. Анализ химической безопасности детского окружения. *Актуальные научные исследования в современном мире*. 2020; (12–4): 69–73. <https://elibrary.ru/ntezgu>
- Новикова Е.С. Анализ детских игрушек как инструмент прогнозирования облика будущего поколения. *Вестник Московского университета. Серия 18. Социология и политология*. 2021; 27(3): 235–51. <https://elibrary.ru/bxscup>
- Клопотова Е.Е., Смирнова С.Ю. Цифровые игрушки – вызов современным родителям. *Вопросы психического здоровья детей и подростков*. 2024; 24(2): 73–80. <https://elibrary.ru/usvgan>
- Шакирова Е.В., Рыбина А.В. Трансформация игровой деятельности дошкольника с современными игрушками. *Методист дошкольного образовательного учреждения*. 2025; (50): 23–31. <https://elibrary.ru/gvhqrp>
- Холмирзаев Ш.А. Важность правильного выбора игрушек для обеспечения здоровья и безопасности детей дошкольного возраста. *Среднее профессиональное образование*. 2024; (11): 48–52. <https://elibrary.ru/fhevvgx>

References

- Grigoriev O.A., Nikitina V.N., Nosov V.N., Pekin A.V., Alekseeva V.A., Dubrovskaya E.N. Electromagnetic radiation safety: Russian national and international regulatory frameworks for radiofrequency electromagnetic fields. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* – *ZNiSO*. 2020; 28(10): 28–33. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-28-33> <https://elibrary.ru/iinnkv> (in Russian)
- Grigoriev Yu.G. Significance of adequate information about the danger of cellular connection for health of population in the XXI century. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*. 2020; 60(5): 532–40. <https://doi.org/10.31857/S0869803120050045> <https://elibrary.ru/dhnadn> (in Russian)
- Chadova T.V. Development of mechanisms for the identification and classification of goods (on the example of goods of the 95 group of FEACN of the EAEU). *Tamozhennaya politika Rossii na Dal'nem Vostoke*. 2022; (3): 66–83. <https://doi.org/10.24412/1815-0683-2022-3-66-83> <https://elibrary.ru/iilnvw> (in Russian)
- Sysoeva E.A. Technical regulations are an effective tool for improving the quality of life of the population. *Kachestvo i zhizn'*. 2020; (1): 18–25. <https://doi.org/10.34214/2312-5209-2020-25-1-18-25> <https://elibrary.ru/ejqaku> (in Russian)
- Leonova G.B. Eurasian economic union: technical regulations and quality of goods. *Zakonodatel'stvo*. 2021; (2): 43–8. <https://elibrary.ru/puetit> (in Russian)
- Chulkova D.I., Zueva O.N. Features of technical regulation in the production and sale of children's toys. *Vestnik NIU «KEU im. M. Ryskulbekova»*. 2021; (2): 135–7. <https://elibrary.ru/zdhmaw> (in Russian)

7. Aitzhanova S.A., Jumagazyeva T.M., Urdubayeva A.E. Development of measurement methods and interstate standards for measuring product safety indicators for compliance with the requirements of the technical regulations of the Eurasian economic union. *Zakonodatel'naya i prikladnaya metrologiya*. 2025; (1): 45–50. <https://doi.org/10.32446/2782-5418.2025-1-45-50> <https://elibrary.ru/ggnacl> (in Russian)
8. Aminov A. The impact of exports and imports on the effectiveness of the organizational and economic mechanism in the production of children's toys. *Ekonomicheskoe razvitiye i analiz*. 2025; 3(9): 361–7. <https://doi.org/10.60078/2992-877X-2025-vol3-iss9-pp361-367> <https://elibrary.ru/dtttpe> (in Uzbek)
9. Neprimerova V.V., Chadova T.V. Identification and classification of goods for customs purposes (using the example of goods of group 95 of the commodity nomenclature of foreign economic activity). In: *The Development of the Customs Business of the Russian Federation: The Far Eastern Vector. Collection of Scientific Papers [Razvitiye tamozhennogo dela Rossiiskoi Federatsii: Dal'nevostochnyi vektor. Sbornik nauchnykh trudov]*. Vladivostok; 2024: 72–8. <https://doi.org/10.24412/cl-36450-2024-5-72-78> <https://elibrary.ru/ytntuta> (in Russian)
10. Kondreskul I.V., Moisek I.V., Mozalovskaya M.M., Dalakishvili I.A. State sanitary inspection: development in conditions of digitalization. *Voprosy organizatsii i informatizatsii zdorookhraneniya*. 2022; (S1): 29–32. <https://elibrary.ru/iklsmv> (in Russian)
11. Zvyagina N.N., Gorelova I.E., Mesyats I.V. Toy market development state and prospects. *Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava*. 2020; (1): 133–40. <https://doi.org/10.21295/2223-5639-2020-1-133-140> <https://elibrary.ru/bjszjw> (in Russian)
12. Kalachev S.L., Makhotina I.A. Industry of children's toys and trends on toy market in the EU and Russia. *Vestnik Rossiiskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G.V. Plekhanova*. 2022; 19(6): 198–206. <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2022-6-198-206> <https://elibrary.ru/ahvgls> (in Russian)
13. Ivanova V.V. On the issue of identification and examination of children's toys. *Uchenye zapiski Sankt-Petersburgskogo imeni V.B. Bobkova filiala Rossiiskoi tamozhennoi akademii*. 2024; (3): 31–5. <https://elibrary.ru/gwgsnv> (in Russian)
14. Podolskaya T.V., Klimenko D.N. Current state and trends of the global counterfeit market. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra*. 2024; 14(5–1): 298–304. <https://elibrary.ru/ddfmd> (in Russian)
15. Bashlykova V.V. Opportunities to counteract the turnover of counterfeit products as a factor of socio-economic security of Russia. *Ekonomicheskaya bezopasnost'*. 2020; 3(3): 351–62. <https://doi.org/10.18334/ecsec.3.3.110594> <https://elibrary.ru/uuwfgo> (in Russian)
16. Vasilyeva N.V., Bogomolova T.S., Khurtsilava O.G., Iakubova I.Sh., Alikbaeva L.A., Suvorova A.V., et al. Hygienic safety problems arising during the exploitation of baby bath toys. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(5): 539–44. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-539-544> <https://elibrary.ru/kdjply> (in Russian)
17. Larkina M.V., Feiskhanov M.R. On the issue of safety of children's toys. In: *Modern Problems of Hygiene, Toxicology and Occupational Medicine: Materials of a Scientific and Practical Conference with International Participation [Sovremennyye problemy gigieny, toksikologii i meditsiny truda: Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem]*. Omsk; 2020: 132–7. <https://elibrary.ru/ttxgaq> (in Russian)
18. Barsukova N.K., Chumicheva O.A., Nadezhina L.G. Hygienic assessment of recycled polymers for their potential use in the manufacturing of children's products. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2022; 30(11): 47–53. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-11-47-53> <https://elibrary.ru/pnaevk> (in Russian)
19. Marenkova A.V., Saprykin B.Yu., Petrov P.A. Additive manufacturing technology in the making of toys from recycled thermoplastics. *Klimat i priroda*. 2020; (2): 42–8. <https://elibrary.ru/dyxhbx> (in Russian)
20. Ivanova E.S., Kulieva M.A. Hygienic Safety of Toys and Their Compliance with Technical Regulations of The Customs Union. In: *Current Issues of Modern Medical Science and Healthcare: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students [Aktual'nye voprosy sovremennoi meditsinskoi nauki i zdorookhraneniya: Materialy VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh i studentov]*. Yekaterinburg; 2021: 568–73. <https://elibrary.ru/uudgcw> (in Russian)
21. Polozova E.V., Bogacheva A.S., Kalyakina D.O., Romanova A.V. Toy – slime as an object of toxicological research. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2022; (7–2): 45–9. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2022-7-2-45-49> <https://elibrary.ru/dvqejx> (in Russian)
22. Lukina A.K., Nazranova K.A. Influence of modern games, toys and cartoons on preschoolers: psychological threats. *Pedagogika*. 2024; 88(1): 67–76. <https://elibrary.ru/ecsjuv> (in Russian)
23. Belobrykina O.A., Lidin K.L. Emotional content of modern children's toys. *Sovremennoe doskol'noe obrazovanie*. 2024; (2): 48–59. <https://doi.org/10.24412/2782-4519-2024-2122-48-59> <https://elibrary.ru/ldsfmj> (in Russian)
24. Salikova N.S., Karakanov A.B., Urzabayeva S.E., Zhakupova S.B. Chemical safety analysis of children's environment. *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*. 2020; (12–4): 69–73. <https://elibrary.ru/ntezru> (in Russian)
25. Pandolfi P., Sammartino M.P., Visco G., Avino P., Stillitano V. Release of heavy metals from plastic statuettes used as souvenirs and/or toys handled by children. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021; 19(1): 236. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010236> <https://elibrary.ru/vxenbj>
26. Ahmed H.O., Attalmanan A.G., AlShaer F.I., Abdallah E.M. Determination of metals in children's plastic toys using X-ray fluorescence spectroscopy. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2021; 28(32): 43970–84. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13838-1> <https://elibrary.ru/zlxbch>
27. Igweze Z.N., Ekhaton O.C., Orisakwe O.E. A pediatric health risk assessment of children's toys imported from China into Nigeria. *Heliyon*. 2020; 6(4): e03732. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03732> <https://elibrary.ru/zusxoc>
28. Bekki K., Eguchi A., Takaguchi K., Inaba Y., Yukawa K., Yoshida S., et al. Comprehensive survey on the use of plastic additives in toy products used in Japan. *Environ. Health Prev. Med.* 2024; 29: 43. <https://doi.org/10.1265/ehpm.24-00054> <https://elibrary.ru/ztkqjd>
29. Fadaei A. An investigation into the present levels of contamination in children's toys and jewelry in different countries: a systematic review. *Rev. Environ. Health*. 2022; 38(4): 601–11. <https://doi.org/10.1515/reveh-2022-0064> <https://elibrary.ru/izuxzg>
30. Wolska J., Rapacz D., Smolińska-Kempisty K. Core-shell molecularly imprinted polymers for the monitoring of dimethyl phthalate in the children's toys. *Talanta*. 2025; 293: 128075. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2025.128075> <https://elibrary.ru/ebrojj>
31. Novikova E.S. Analysis of children's toys as a method for predicting the future generation. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 18. Sotsiologiya i politologiya*. 2021; 27(3): 235–51. <https://elibrary.ru/bxscup> (in Russian)
32. Klopotova E.E., Smirnova S.Yu. Digital toys are a challenge for modern parents. *Voprosy psikhicheskogo zdorov'ya detei i podrostkov*. 2024; 24(2): 73–80. <https://elibrary.ru/usvgan> (in Russian)
33. Istenić A., Rosanda V., Gačnik M. Surveying parents of preschool children about digital and analogue play and parent–child interaction. *Children*. 2023; 10(2): 251. <https://doi.org/10.3390/children10020251> <https://elibrary.ru/oocasq>
34. Fosch-Villaronga E., van der Hof S., Lutz C., Tamò-Larrieux A. Toy story or children story? Putting children and their rights at the forefront of the artificial intelligence revolution. *AI & Society*. 2021; 38(1): 133–52. <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01295-w> <https://elibrary.ru/stwtvb>
35. Shakirova E.V., Rybina A.V. Transformation of a preschooler's play activity with modern toys. *Metodist doskol'nogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya*. 2025; (50): 23–31. <https://elibrary.ru/gvhqrp> (in Russian)
36. Venker C.E., Johnson J.R. Electronic toys decrease the quantity and lexical diversity of spoken language produced by children with autism spectrum disorder and age-matched children with typical development. *Front. Psychol.* 2022; 13: 929589. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.929589> <https://elibrary.ru/srvplw>
37. Richards M.N., Putnick D.L., Bradley L.P., Lang K.M., Little T.D., Suwalsky J.T.D., et al. Children's utilization of toys is moderated by age-appropriateness, toy category, and child age. *Appl. Dev. Sci.* 2022; 26(1): 192–205. <https://doi.org/10.1080/10888691.2020.1760868> <https://elibrary.ru/sogaga>
38. Kholmirezayev S.A. The importance of choosing the right toys to ensure the health and safety of preschool children. *Srednee professional'noe obrazovanie*. 2024; 11(351): 48–52. (in Russian)
39. Hashmi S. How do children play with toy trains and for what benefits? A scoping review. *Eur. J. Invest. Health Psychol.* 2023; 13(10): 2112–34. <https://doi.org/10.3390/ejihpe13100149> <https://elibrary.ru/dgefsg>
40. Dag N.C., Turkan E., Kacar A., Dag H. Children's only profession: Playing with toys. *North Clin. Istanbul*. 2021; 8(4): 414–20. <https://doi.org/10.14744/nci.2020.48243> <https://elibrary.ru/htsknq>

Сведения об авторах

Калинина Нина Ивановна, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. отделения изучения электромагнитных излучений отд. физических факторов, ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: n.kalinina@s-znc.ru

Дубровская Екатерина Николаевна, науч. сотр., зав. отделением изучения электромагнитных излучений отд. физических факторов, ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: nikanorushka@mail.ru

Сладкова Юлия Николаевна, ст. науч. сотр., зав. отделением оценки влияния физических факторов на здоровье населения отд. физических факторов, ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: j.sladkova@s-znc.ru

Криит Владимир Евгеньевич, канд. хим. наук, доктор биол. наук, зам. директора по научной работе, руководитель отд. физических факторов, ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: v.kriit@s-znc.ru

About the authors

Nina I. Kalinina, PhD (Medicine), senior researcher, Department for the study of Electromagnetic radiation, Department of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9475-0176> E-mail: n.kalinina@s-znc.ru

Ekaterina N. Dubrovskaya, researcher, head, Department for the study of electromagnetic radiation, Department of Physical Factors, Department for the Study of Electromagnetic Radiation, Department of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4235-378X> E-mail: nikanorushka@mail.ru

Yulia N. Sladkova, senior researcher, head, Department for Assessing the Impact of Physical Factors on Public Health, Department of Physical Factors of the North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1745-2663> E-mail: j.sladkova@s-znc.ru

Vladimir E. Kriit, PhD (Chemistry), DSc (Biology), deputy director for Scientific Work, head, Department of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1530-4598> E-mail: v.kriit@s-znc.ru



Никогосян К.М.¹, Минигалиева И.А.¹, Сутункова М.П.^{1,2}, Дубровин Д.А.¹

Дефицит железа и уязвимость организма для токсического действия тяжёлых металлов: персонализированный подход к биопрофилактике в превентивной медицине (обзор литературы)

¹ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия;

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

РЕЗЮМЕ

Введение. Важный этап разработки биопрофилактических комплексов — подбор компонентов, требующий достоверного и подробного научного обоснования включения в состав тех или иных веществ. Одним из таких компонентов является железо, поскольку железодефицитные состояния широко распространены, и Fe играет ведущую роль в физиологических процессах, участвующих в обеспечении резистентности организма к токсическому действию тяжёлых металлов. Системный анализ научных данных, подтверждающих эту роль, — актуальная задача современной профилактической медицины.

Цель настоящего обзора — сбор, обобщение и систематизация научных данных об особенностях механизмов возникновения и проявления железодефицитных состояний на фоне токсического действия тяжёлых металлов для разработки мер биопрофилактики в рамках персонализированной медицины.

Для поиска научных материалов были использованы международные библиографические базы данных PubMed, Scopus, eLIBRARY.RU и российская электронная научная библиотека КиберЛенинка. Глубина поиска публикаций на русском и английском языках — с 2007 по 2025 г. В результате поиска было обнаружено более 250 статей, из них, согласно критериям включения, отобрана 41 полнотекстовая публикация.

Согласно имеющимся данным, дефицит железа может усиливать токсические эффекты тяжёлых металлов и увеличивать риски сердечно-сосудистых патологий. Нарушение регуляции железа также опосредует токсическое воздействие поллютантов на центральную нервную систему, почки, печень, кровь и органы кроветворения. В качестве одного из ключевых механизмов рассматривается железозависимое перекисное окисление липидов, реализуемое по пути ферроптоза.

Заключение. Дефицит железа снижает адаптационный потенциал и резистентность организма к токсическому действию поллютантов. Экспериментальные данные подтверждают важную роль ферроптоза в токсических реакциях организма на клеточном уровне и открывают новый взгляд превентивной медицины на профилактику этих эффектов.

Ключевые слова: железо; дефицит; тяжёлые металлы; железодефицитные состояния; анемия; ферроптоз; биопрофилактика; персонализированная медицина; литературный обзор

Для цитирования: Никогосян К.М., Минигалиева И.А., Сутункова М.П., Дубровин Д.А. Дефицит железа и уязвимость организма для токсического действия тяжёлых металлов: персонализированный подход к биопрофилактике в превентивной медицине (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2026; 105(8): 905–910. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-905-910> <https://elibrary.ru/oqycwa>

Для корреспонденции: Карен Мерсопович Никогосян, e-mail: nikoghosyankm@ymrc.ru

Вклад авторов: Никогосян К.М. — сбор и обработка материала, анализ данных, написание текста статьи; Минигалиева И.А. — концепция и дизайн исследования, редактирование; Сутункова М.П. — концепция и дизайн исследования; Дубровин Д.А. — сбор материала. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Использование инструментов искусственного интеллекта. При подготовке настоящей рукописи инструменты искусственного интеллекта не применялись.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 06.03.2026 / Поступила после доработки: 21.04.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Karen M. Nikogosyan¹, Ilzira A. Minigalieva¹, Marina P. Sutunkova^{1,2}, Dmitry A. Dubrovin¹

Iron deficiency and body vulnerability to the toxic effect of heavy metals: a personalized approach to bioprevention in preventive medicine (literature review)

¹Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation;

²Ural State Medical University, Yekaterinburg, 620028, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. An important stage in creating bioprophylactic complexes is the selection of their components, which requires trustworthy and detailed science-based substantiation for the inclusion of certain elements. Iron is one of such components, given the high prevalence of iron deficiency in the population and the essential role of this trace metal in various physiological processes involved in maintaining the resistance of the organism to heavy metal toxicity. Yet, the issue of a systematic and comprehensive analysis of scientific data confirming this role remains relevant.

The aim of this review is to collect, summarize, and systematize research data on characteristics of the mechanisms underlying the development and manifestation of iron deficiency conditions associated with heavy metal toxicity to develop bioprophylactic measures within the framework of personalized medicine.

We searched for English and Russian-language reports on the topic issued in 2007–2025 in PubMed, Scopus, eLIBRARY.RU, and CyberLeninka databases. Of 250 articles found, 41 full-text report was selected based on the inclusion criteria.

Our findings show that iron deficiency can enhance toxic effects of heavy metals and increase the risk of cardiovascular disease. Dysregulation of iron also mediates the toxic effects of pollutants on the central nervous system, kidney, liver, blood, and hematopoietic organs. Iron-dependent lipid peroxidation, mediated by ferroptosis, is considered one of the key mechanisms.

Conclusion. Iron deficiency reduces the adaptive potential and resistance of the organism to the toxic effects of pollutants. Experimental data confirm the importance of ferroptosis in toxic responses at the cellular level and open up a new attitude vision of preventive medicine on prevention of this effect.

Keywords: iron; deficiency; heavy metals; iron deficiency conditions; anemia; ferroptosis; bioprophylaxis; personalized medicine; a literature review

For citation: Nikogosyan K.M., Minigalieva I.A., Sutunkova M.P., Dubrovin D.A. Iron deficiency and body vulnerability to the toxic effect of heavy metals: a personalized approach to bioprevention in preventive medicine (literature review). *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(8): 905–910. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-905-910> <https://elibrary.ru/oqycwa> (In Russ.)

For correspondence: Karen M. Nikogosyan, e-mail: nikoghosyankm@ymrc.ru

Contributions: Nikogosyan K.M. — data collection and processing, data analysis, draft manuscript preparation; Minigalieva I.A. — study conception and design, editing; Sutunkova M.P. — study conception and design; Dubrovin D.A. — data collection. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Statement on the use of artificial intelligence tools. No AI tools were used in the preparation of this article.

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: March 6, 2026 / Revised: April 21, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

Введение

Особенности производственных процессов часто сопряжены с влиянием вредных факторов рабочей среды на здоровье человека. Среди прочего выделяется негативное действие химических веществ, а именно тяжёлых металлов. Согласно данным Федеральной службы государственной статистики*, среднегодовая численность населения России, занятого трудом на промышленных предприятиях, составляет ≈ 13 млн человек. При этом влияние тяжёлых металлов не ограничивается рабочей средой. Высокую химическую нагрузку также испытывают люди, проживающие вблизи таких производств. Тем не менее рассматриваемые факторы риска являются модифицируемыми: наряду с классическими профилактическими мероприятиями в последние десятилетия активно развивается стратегия биологической профилактики, позволяющая повышать устойчивость организма и увеличивать его адаптационный потенциал в условиях неминуемого токсического действия известных поллютантов. К таким мерам относятся разработка и применение биопрофилактических комплексов (БПК), представляющих собой преимущественно комбинации минералов, витаминов (в том числе антиоксидантов), стабилизаторов мембран, субстратов для синтеза аминокислот, а также сорбентов в различных сочетаниях и дозировках. Важный этап разработки БПК — подбор компонентов, требующий достоверного и подробного научного обоснования включения в состав тех или иных веществ. Одним из таких компонентов является железо, поскольку железодефицитные состояния широко распространены, и Fe играет ведущую роль в физиологических процессах, участвующих в обеспечении резистентности организма к токсическому действию тяжёлых металлов. Системный анализ научных данных, подтверждающих эту роль, — актуальная задача современной профилактической медицины.

Цель настоящего обзора — сбор, обобщение и систематизация научных данных об особенностях механизмов возникновения и проявления железодефицитных состояний на фоне токсического действия тяжёлых металлов с целью разработки мер биопрофилактики в рамках персонализированной медицины.

Для поиска научных материалов были использованы международные библиографические базы данных PubMed, Scopus, eLIBRARY.RU и российская электронная научная библиотека КиберЛенинка. Глубина поиска публикаций на русском и английском языках — период с 2007 по 2025 г. Поиск научных данных в библиографических базах PubMed, Scopus и eLIBRARY.RU осуществлялся по следующим ключевым словам: *Iron deficiency, Fe, ferrum, endogenous, metabolism, heavy metal, biological features*. Поиск в российской научной электронной библиотеке КиберЛенинка осуществлялся по ключевым словам: *железо, эндогенное железо,*

дефицит, железодефицит, токсичность, метаболизм, биологические свойства, тяжёлые металлы. К отбору публикаций предъявлялись критерии включения, в том числе наличие сведений о:

- физико-химических и биологических свойствах железа;
- результатах клинических наблюдений железодефицитных состояний;
- механизмах возникновения железодефицитных состояний;
- данных эпидемиологических и экспериментальных исследований влияния тяжёлых металлов на метаболизм железа в организме;
- влиянии профицита железа на течение физиологических процессов;
- влиянии экзогенного железа и его соединений на здоровье человека;
- свойствах эндогенного железа, способных обеспечивать протекторный эффект при токсическом действии тяжёлых металлов.

В результате поиска научных материалов было обнаружено более 250 статей, из них, согласно критериям включения, была отобрана 41 полнотекстовая публикация. В обзор не были включены материалы, опубликованные в журналах, не рецензируемых SCOPUS, WoS, не входящих в ядро РИНЦ, а также публикации, имеющие дублирующий характер.

Уязвимость сердечно-сосудистой системы для токсического действия тяжёлых металлов на фоне дефицита железа

Клинические данные свидетельствуют о том, что дефицит железа оказывает существенное влияние на сердечно-сосудистую систему и усугубляет течение кардиоваскулярных патологий. Так, в исследовании Н. Zhang и соавт. у 138 человек с сердечной недостаточностью наблюдались более низкие уровни железа в миокарде левого желудочка по сравнению с группой контроля: 121,4 мкг/г (ДИ: 88,1–150,3) против 137,4 мкг/г (ДИ: 109,2–165,9) [1]. Н.С. Белоусова и соавт., проводившие обследование пациентов в возрасте $51,5 \pm 1,1$ года с ишемической болезнью сердца ($n = 71$), заявляют об увеличении частоты, длительности, интенсивности приступов стенокардии при дефиците железа в крови (менее 1,2 мкг/дл) и его белкового комплекса — ферритина (менее 10 мкг/дл) [2]. Вместе с тем в научной литературе широко описаны кардиотоксические эффекты тяжёлых металлов, выявленные в экспериментальных моделях *in vivo*. В эксперименте Ю.Л. Проценко и соавт. сочетанное действие свинца на белых беспородных крыс ($n = 22$) в дозировке 6,01 мг/кг массы тела (м.т.) и кадмия в дозировке 0,377 мг/кг м.т. в течение 6 нед вызывало ряд структурных и функциональных изменений миокарда по сравнению с контрольной группой: увеличение экспрессии белка α -МНС ($p < 0,05$), уменьшение экспрессии белка β -МНС ($p < 0,05$), значительное снижение пассивного натяжения ($p < 0,05$) и повышение напряжения кардиомиоцитов ($p < 0,05$) [3].

* Труд и занятость в России. 2025: Стат. сб. / Росстат. Т. 78. М., 2025. 172 с.

Ключевым фактором становятся индукция окислительного стресса и снижение антиоксидантной защиты кардиомиоцитов при дисфункции митохондриальных ферментов, возникающей на фоне дефицита железа. О выраженном окислительном стрессе кардиомиоцитов, вызванном действием тяжёлых металлов, свидетельствуют результаты эксперимента R. Alruhaimia и соавт. на 12-недельных самцах крыс Wistar ($n = 32$), получавших однократно внутривенно 1,2 мг/кг м.т. раствора CdCl_2 . Согласно полученным данным, после воздействия кадмия определялись существенно более высокие уровни маркера повреждения сердечной ткани — сывороточной креатинкиназы-MB ($p < 0,001$), показателей окислительного стресса — малонового диальдегида ($p < 0,001$), а также оксида азота ($p < 0,001$). При этом значимо снижались показатели активности антиоксидантной защиты: восстановленного глутатиона ($p < 0,001$), глутатион-S-трансферазы ($p < 0,001$) и супероксиддисмутазы ($p < 0,001$) по сравнению с контрольной группой [4].

Влияние железодефицитных состояний на гемопоэз и канцерогенные риски

Исследователи заявляют о наличии связи между содержанием свинца и железа в организме детей. Так, например, в исследовании L. Disalvo по результатам анализа проб, отобранных у детей ($n = 392$) в возрасте от 1 года до 6 лет, была обнаружена значимая связь между высоким уровнем свинца в крови (≥ 5 мкг/дл) и дефицитом железа (уровень ферритина < 12 нг/мл) [5]. Вероятно, такая взаимосвязь может играть определённую роль и в степени восприимчивости к токсическому действию свинца. Гемотропные тяжёлые металлы осуществляют лизис эритроцитов за счёт дестабилизации их мембран и окислительного стресса [6], а также способствуют подавлению гемопоэза [7, 8], что в условиях железодефицита может иметь синергетический эффект. Возникающая железодефицитная анемия требует компенсации недостатка субстратов для синтеза гема, в том числе в костном мозге. Определённую роль в таких компенсаторных реакциях играют рецепторы трансферрина TfR1 и TfR2. Известно, что TfR1 преимущественно отвечает за системную регуляцию обмена железа в организме [9], тогда как TfR2 может изменять чувствительность клеток эритроидного ростка к эритропоэтину [10] и тем самым оказывать существенное влияние на гемопоэз. В результате токсического действия тяжёлых металлов на фоне длительного дефицита железа первичного или вторичного генеза возможно возникновение не только анемии, но и новообразований, происходящих из клеток крови. Поэтому особого внимания заслуживают металлы, обладающие мутагенными и канцерогенными свойствами, способные депонироваться в костях (свинец и др.). Некоторые исследователи связывают риски возникновения лейкозов с токсическим влиянием тяжёлых металлов: Chrysochou E. и соавт. выявили более высокие по сравнению с группой контроля уровни свинца (в четыре раза) и кадмия (в семь раз) в крови лиц, страдающих лейкемией [11]. Похожие данные были получены в исследовании Demir C. и соавт.: результаты анализа сыворотки крови пациентов с острым лейкозом ($n = 42$) показали значимо большие концентрации свинца ($0,079 \pm 0,055$ против $0,003 \pm 0,001$ мкг/дл; $p < 0,001$), кадмия ($0,015 \pm 0,004$ против $0,004 \pm 0,003$ мкг/дл; $p < 0,001$) и меди ($122,6 \pm 0,18$ против $104,7 \pm 0,16$ мкг/дл) по сравнению с лицами контрольной группы ($n = 40$) [12]. Hung N. и соавт. провели ретроспективное когортное исследование за период с 1 января 1996 г. по 31 декабря 2011 г. и пришли к выводу, что у пациентов с железодефицитной анемией риски развития лейкемии были выше, чем у населения в целом (стандартизированный коэффициент заболеваемости: 2,51; 95% ДИ: 1,67–3,63) [13]. При этом некоторые исследователи связывают риски острого лейкоза с контактом с тяжёлыми металлами в среде обитания человека. Asenjo S. и соавт. при анализе 2897 слу-

чаев детской лейкемии в исследовании «случай — контроль» установили, что увеличение содержания кадмия и свинца в верхнем слое почвы территорий проживания было связано с повышенной вероятностью возникновения этой патологии [14]. Результаты исследования (Julia E. Necka и соавт.) 69 случаев острого лимфобластного лейкоза свидетельствуют о высоком риске возникновения данной патологии у детей (OR = 1,33; 95% ДИ 1,02–1,73), подвергшихся экологически обусловленной экспозиции мышьяком в период эмбрионального развития [15].

Однако вопрос экологически обусловленных рисков возникновения лейкозов и других опухолей клеток крови является спорным. Так, в исследовании «случай — контроль» Badaloni C. и соавт. не нашли значимой корреляционной связи между загрязнением воздуха изучаемой территории и частотой случаев заболеваемости детей лейкозом [16]. Исследование Kelly R.S. и соавт. свидетельствует об отсутствии сильной и значимой корреляции между уровнями свинца и кадмия в крови детей и частотой заболеваемости В-клеточной неходжкинской лимфомой [17].

Роль железа в нефротоксическом действии тяжёлых металлов и явление ферроптоза

Ряд тяжёлых металлов обладает выраженными нефротоксическими свойствами. Известно, что воздействие свинца и кадмия связано с высоким риском болезней почек [18, 19]. В то же время у лиц, страдающих хроническими болезнями почек, часто наблюдаются железодефицитные состояния [20], обусловленные как особенностями лечения, так и нарушением регуляции железа. Результаты эксперимента K. Zhang и соавт., поставленного на крысах Sprague Dawley, получавших с водой CdCl_2 в концентрациях 50 и 75 мг/л на протяжении 1 и 6 мес, свидетельствуют о способности кадмия вызывать структурные повреждения почек, их дисфункцию и последующий дефицит железа [21]. Однако роль дефицита железа в обсуждаемых патологических изменениях не столь однозначна. Согласно результатам эксперимента T. Luo и соавт., у 8-недельных самок мышей ICR, получавших CdCl_2 внутривенно в течение 7 дней (доза 1–3 мг/кг м.т.), кадмий индуцирует реакции распада гема и последующего высвобождения железа. При этом возникающее перенасыщение клеток железом способствует железозависимому перекисному окислению липидов (реакция Фентона) и последующему ферроптозу [22].

Ключевую роль в гомеостазе железа играют печёночный гормон гепсидин и клеточный белок-транспортёр — ферропортин. Высокие уровни гепсидина ингибируют высвобождение запасов железа из клеток в кровеносное русло. Также гепсидин способен блокировать его всасывание в кишечнике, что в совокупности приводит к уменьшению концентрации железа в крови [23]. Вероятно, причинами повышенного содержания гепсидина в крови у лиц, подверженных нефротоксическому действию тяжёлых металлов, могут стать как химическое воспаление, так и снижение почечного клиренса.

Роль ферроптоза в развитии нейродегенеративных патологий

Большой группой патологий, возникающих на фоне действия тяжёлых металлов, являются нейродегенеративные болезни. Эпидемиологические [24–26], клинические [27–29] и экспериментальные [30–32] исследования доказывают наличие у многих тяжёлых металлов выраженных нейротоксических свойств. Некоторые исследователи уделяют особое внимание ферроптозу — одному из ключевых механизмов возникновения патологических изменений в ЦНС. Результаты эксперимента Z Wang. и соавт., изучавших воздействие хлорида никеля в концентрациях 0; 10; 50; 100; 500 и 1000 мкМ на 6-дневных рыбок *Danio rerio*,

свидетельствуют о нарушении гомеостаза железа и активации железозависимого перекисного окисления липидов в центральной нервной системе (ЦНС), что выражалось изменениями поведенческих показателей, а именно подавлением зрительно-моторных реакций, снижением двигательной активности и реакции на внешние стимулы. Наблюдалось ослабление антиоксидантной защиты у подопытных животных: снижение уровня общего и восстановленного глутатиона, а также индукция оксидативного стресса по пути ферроптоза: увеличение уровня малонового диальдегида, ионов железа и повышение экспрессии генов — маркёров и регуляторов ферроптоза (*ptgs2a*, *ptgs2b*, *tf*, *fth*, *slcc7a11*, *dmt1*, *cybb*) [33].

Sun Y. и соавт. в своём исследовании заявили об открытии ещё одного пути индукции ферроптоза в клетках микроглии крыс Sprague Dawley, опосредованного действием свинца и кадмия. Результаты показали снижение когнитивных функций экспонированных лабораторных животных в сочетании со снижением экспрессии белка SLC39A8, регулирующего метаболизм железа, и повышением экспрессии металлоредуктазы STEAP3 [34], ответственной за его клеточное поглощение и восстановление Fe^{3+} до Fe^{2+} . В исследовании Wei J. и соавт. воздействие меди (10 мг/л) на *Caenorhabditis elegans* также способствовало экспрессии генов *gpx-1*, *ftn-1* и *acs-17*, связанных с ферроптозом. При этом добавление ингибитора ферроптоза ферростатина-1 частично предотвратило экспрессию этих генов и позволило существенно ($p < 0,05$) снизить выраженность нейротоксических эффектов. Наблюдали восстановление сенсорно-моторной и двигательной активности, а также интенсивную флуоресценцию ГАМКергических и дофаминергических нейронов [35]. Wang D. и соавт. описывают явление нейронального ферроптоза, индуцированного токсическим действием кадмия, в гиппокампе мышей C57BL/6J ($n = 8-10$) и в клеточной линии нейронов гиппокампа мышей HT22 (доза 1 мг/кг м. т. CdCl₂ в течение 8 нед). Результаты этого эксперимента также подтверждают, что предварительная обработка ферритином-1 уменьшает степень нейротоксичности кадмия через подавление ферроптоза. В частности, исследователи наблюдали снижение экспрессии гена ферроптоза *PTGS2*, повышение экспрессии *GPX4* и компенсация уровня восстановленного глутатиона [36]. Примечательно, что выраженность ферроптоза тесно связана с уровнем и активностью глутатиона, который является одним из компонентов биологической профилактики и применяется в сочетании с препаратами железа. Такую значимость глутатиону и цистеину в противодействии ферроптозу придаёт их способность обеспечивать антиоксидантную защиту клеток [37, 38]. Исследования свидетельствуют о роли в активации апоптоза дефицита восстановленного глутатиона [39, 40], что подтверждает необходимость его применения в сочетании с препаратами железа для биологической профилактики.

Описанные результаты могут косвенно свидетельствовать об уязвимости некоторых групп населения к токсическому действию промышленных загрязнителей, в частности лиц, страдающих сердечно-сосудистыми, ренальными и нейродегенеративными болезнями. Среди лиц этих групп риска широко распространена железодефицитная анемия. Воздействие тяжёлых металлов может быть как причиной возникновения анемии, так и фактором, усугубляющим её течение. Особое внимание стоит уделить профессиональному контакту с металлами, обладающими канцерогенными свойствами. В частности, в работе показаны возрастающие риски новообразований, происходящих из клеток гемопоэза, на фоне железодефицита. С этой точки зрения использование препаратов железа для коррекции его уровня в рамках биологической профилактики у рабочих имеет большой протекторный потенциал.

Однако стоит учитывать неоднозначную роль железа в профилактике токсических эффектов тяжёлых металлов. Возникающий в результате нарушения регуляции железа внутриклеточный профицит способствует активации механизмов ферроптоза и последующей гибели клеток. Тем не менее причинами такого перенасыщения клеток могут быть не только чрезмерное поступление железа в организм, но и нарушение механизмов его транспорта и утилизации. Не менее важным фактором при разработке профилактических мероприятий является наличие патологий, не связанных с токсической экспозицией, — некоторых болезней крови, сердечно-сосудистой системы, почек, печени, характеризующихся нарушением обмена железа в организме. В этом случае профессиональный контакт с тяжёлыми металлами или их длительное воздействие в среде обитания человека могут стать факторами, усугубляющими течение данных болезней. С учётом этих особенностей при разработке мер биологической профилактики следует обратить особое внимание на природу возникших нарушений обмена железа и сопутствующие риски для здоровья человека. Индивидуальные особенности организма могут существенно отразиться на эффективности принимаемых превентивных мер, что требует персонификации подходов к биопрофилактике.

Ограничения исследования. В обзор были включены исследования, опубликованные в период с 2007 по 2025 г. В работе не рассматривались возрастные и половые различия токсического действия тяжёлых металлов на фоне железодефицитных состояний, последние были описаны в обзоре И.А. Хлыстова и соавт. [41]. Использование ограниченного числа баз данных не исключает возможности пропуска релевантных исследований, опубликованных в других источниках.

Заключение

Системное исследование научных данных свидетельствует о способности железодефицитных состояний индуцировать окислительный стресс и подавлять антиоксидантную защиту клеток, преимущественно за счёт возникающей дисфункции митохондрий. С учётом классического механизма токсического действия тяжёлых металлов, реализующегося через перекисное окисление липидов, лица с железодефицитом рассматриваются как группа повышенного риска, требующая мер биологической профилактики. Гибель клеток на фоне такого токсического действия обусловлена не только фактическим дефицитом железа, но и нарушением механизмов его регуляции и возникающим вследствие этого внутриклеточным перенасыщением, выступающим в роли пускового фактора ферроптоза. Особое внимание следует уделять происхождению дефицита: такие состояния могут быть следствием воздействия тяжёлых металлов, а также иметь первичную природу (гормональные нарушения, болезни почек, крови и органов кроветворения и др.). В этом случае дефицит железа существенно снижает адаптационный потенциал и резистентность организма к токсическому действию поллютантов. В совокупности экспериментальные данные подтверждают важную роль ферроптоза в токсических реакциях организма на клеточном уровне и открывают перспективы превентивной медицины в профилактике этих эффектов.

В связи с этими особенностями при разработке стратегии биологической профилактики важны персонализированный подход к оценке вредных факторов рабочей среды и среды обитания. Необходимо учитывать механизмы их действия, а также сопутствующие факторы, способные существенно изменять характер токсикодинамики и токсикокинетики вредных веществ, следовательно, влиять на эффективность профилактических мер.

Литература

(п.п. 1, 3–5, 7–40 см. References)

2. Белоусова Н.С., Ильина С.А., Черногорюк Г.Э., Тюкалова Л.И. Влияние коррекции показателей обмена железа и эритронов при железодефицитных анемиях легкой степени на клинические проявления ишемической болезни сердца. *Клиническая медицина*. 2012; 90(1): 41–6. <https://elibrary.ru/ooovzpp>
 6. Стародумов В.Л., Калинин Н.Г., Горбунов В.А. Состояние мембран эритроцитов как индикатор воздействия свинца окружающей среды. *Вестник Ивановской медицинской академии*. 2013; 18(4): 16–9. <https://elibrary.ru/sathpf>
 41. Хлыстов И.А., Харьковская П.К., Гурвич В.Б., Бушуева Т.В., Сахаутдинова Р.Р. Поступление железа с питьевой водой в организм человека: биодоступность, кинетика, метаболизм (литературный обзор). *Здоровье населения и среда обитания* — *ЗНУСО*. 2025; 33(2): 63–71. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-2-63-71> <https://elibrary.ru/buohop>
-
- ### References
1. Zhang H., Jamieson K.L., Grenier J., Nikhanj A., Tang Z., Wang F., et al. Myocardial iron deficiency and mitochondrial dysfunction in advanced heart failure in humans. *J. Am. Heart Assoc.* 2022; 11(11): e022853. <https://doi.org/10.1161/JAHA.121.022853>
 2. Belousova N.S., Ilyina S.A., Chernogoryuk G.E., Tyukalova L.I. The influence of correction of iron metabolism and erythron characteristics in mild iron deficiency states on clinical manifestations of coronary heart disease. *Klinicheskaya meditsina*. 2012; 90(1): 41–6. <https://elibrary.ru/ooovzpp> (in Russian)
 3. Protzenko Y.L., Klinova S.V., Gerzen O.P., Privalova L.I., Minigalieva I.A., Balakin A.A., et al. Changes in rat myocardium contractility under subchronic intoxication with lead and cadmium salts administered alone or in combination. *Toxicol. Rep.* 2020; 7: 433–42. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.03.001>
 4. Alruhaimi R.S., Hassanein E.H., Bin-Jumah M.N., Mahmoud A.M. Cadmium cardiotoxicity is associated with oxidative stress and upregulated TLR-4/NF- κ B pathway in rats; protective role of agomelatine. *Food Chem. Toxicol.* 2023; 180: 114055. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.114055>
 5. Disalvo L., Varea A., Matamoros N., Sala M., Fasano M.V., González H.F. Blood lead levels and their association with iron deficiency and anemia in children. *Biol. Trace Elem. Res.* 2025; 203(1): 69–75. <https://doi.org/10.1007/s12011-024-04163-y>
 6. Starodumov V.L., Kalinina N.G., Gorbunov V.A. Status of erythrocyte membranes as an indicator of environmental lead exposure abstract. *Vestnik Ivanovskoi meditsinskoi akademii*. 2013; 18(4): 16–9. <https://elibrary.ru/sathpf> (in Russian)
 7. Dobrakowski M., Boroń M., Czuba Z.P., Birkner E., Chwalba A., Hudziec E., et al. Blood morphology and the levels of selected cytokines related to hematopoiesis in occupational short-term exposure to lead. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 2016; 305: 111–7. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2016.06.015>
 8. Vianna A.D.S., Matos E.P.D., Jesus I.M., Asmus C.I.R.F., Câmara V.M. Human exposure to mercury and its hematological effects: a systematic review. *Cad. Saude Publica*. 2019; 35(2): e00091618. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00091618>
 9. Worthen C.A., Enns C.A. The role of hepatic transferrin receptor 2 in the regulation of iron homeostasis in the body. *Front. Pharmacol.* 2014; 5: 34. <https://doi.org/10.3389/fphar.2014.00034>
 10. Nai A., Lidonnici M.R., Rausa M., Mandelli G., Pagani A., Silvestri L., et al. The second transferrin receptor regulates red blood cell production in mice. *Blood*. 2015; 125(7): 1170–9. <https://doi.org/10.1182/blood-2014-08-596254>
 11. Chrysochou E., Koukoulakis K., Kanellopoulos P.G., Sakellari A., Karavoltos S., Dassenakis M., et al. Human serum elements' levels and leukemia: A first pilot study from an adult Greek cohort. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 2021; 68: 126833. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2021.126833>
 12. Demir C., Demir H., Esen R., Sehitogullari A., Atmaca M., Alay M. Altered serum levels of elements in acute leukemia cases in Turkey. *Asian Pac. J. Cancer Prev.* 2011; 12(12): 3471–4.
 13. Hung N., Shen C.C., Hu Y.W., Hu L.Y., Yeh C.M., Teng C.J. Risk of cancer in patients with iron deficiency anemia: A nationwide population-based study. *PLoS One*. 2015; 10(3): e0119647. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119647>
 14. Asenjo S., Nuñez O., Segú-Tell J., Pardo Romaguera E., Canete Nieto A., Martín-Méndez I., et al. Cadmium (Cd) and lead (Pb) topsoil levels and incidence of childhood leukemias. *Environ. Geochem. Health*. 2022; 44(8): 2341–54. <https://doi.org/10.1007/s10653-021-01030-w>
 15. Heck J.E., Park A.S., Qiu J., Cockburn M., Ritz B. Risk of leukemia in relation to exposure to ambient air toxics in pregnancy and early childhood. *Int. J. Hyg. Environ. Health*. 2014; 217(6): 662–8. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2013.12.003>
 16. Badaloni C., Ranucci A., Cesaroni G., Zanini G., Vienneau D., Al-Androus F., et al. Air pollution and childhood leukaemia: A nationwide case-control study in Italy. *Occup. Environ. Med.* 2013; 70(12): 876–83. <https://doi.org/10.1136/oemed-2013-101604>
 17. Kelly R.S., Lundh T., Porta M., Bergdahl I.A., Palli D., Johansson A.S., et al. Blood erythrocyte concentrations of cadmium and lead and the risk of B-cell non-Hodgkin's lymphoma and multiple myeloma: A nested case-control study. *PLoS One*. 2013; 8(11): e81892. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081892>
 18. Wang X., Cui W., Wang M., Liang Y., Zhu G., Jin T., et al. The association between life-time dietary cadmium intake from rice and chronic kidney disease. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2021; 211: 111933. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.111933>
 19. Andjelkovic M., Buha Djordjevic A., Antonijevic E., Antonijevic B., Stanic M., Kotur-Stevuljevic J., et al. Toxic effect of acute cadmium and lead exposure in rat blood, liver, and kidney. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2019; 16(2): 274. <https://doi.org/10.3390/ijerph16020274>
 20. Batchelor E.K., Kapitsinou P., Pergola P.E., Kovesdy C.P., Jalal D.I. Iron deficiency in chronic kidney disease: Updates on pathophysiology, diagnosis, and treatment. *J. Am. Soc. Nephrol.* 2020; 31(3): 456–68. <https://doi.org/10.1681/ASN.2019020213>
 21. Zhang K., Long M., Dong W., Li J., Wang X., Liu W., et al. Cadmium induces kidney iron deficiency and chronic kidney injury by interfering with the iron metabolism in rats. *Int. J. Mol. Sci.* 2024; 25(2): 763. <https://doi.org/10.3390/ijms25020763>
 22. Luo T., Song S., Wang S., Jiang S., Zhou B., Song Q., et al. Mechanistic insights into cadmium-induced nephrotoxicity: NRF2-driven HO-1 activation promotes ferroptosis via iron overload and oxidative stress *in vitro*. *Free Radic. Biol. Med.* 2025; 235: 162–75. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2025.04.047>
 23. Mena N.P., Esparza A., Tapia V., Valdés P., Núñez M.T. Hepcidin inhibits apical iron uptake in intestinal cells. *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol.* 2008; 294(1): G192–8. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00122.2007>
 24. Lee J.Y., Kim J.H., Choi D.W., Lee D.W., Park J.H., Yoon H.J., et al. The association of heavy metal of blood and serum in the Alzheimer's diseases. *Toxicol. Res.* 2012; 28(2): 93–8. <https://doi.org/10.5487/TR.2012.28.2.093>
 25. Strumylaite L., Kregzdyte R., Kucikiene O., Baranauskienė D., Simakauskienė V., Naginiene R., et al. Alzheimer's disease association with metals and metalloids concentration in blood and urine. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022; 19(12): 7309. <https://doi.org/10.3390/ijerph19127309>
 26. Fukushima T., Tan X., Luo Y., Kanda H. Relationship between blood levels of heavy metals and Parkinson's disease in China. *Neuroepidemiology*. 2010; 34(1): 18–24. <https://doi.org/10.1159/000255462>
 27. Rao J.V.B., Vengamma B., Naveen T., Naveen V. Lead encephalopathy in adults. *J. Neurosci. Rural. Pract.* 2014; 5(2): 161–3. <https://doi.org/10.4103/0976-3147.131665>
 28. Herman D.S., Geraldine M., Venkatesh T. Evaluation, diagnosis, and treatment of lead poisoning in a patient with occupational lead exposure: A case presentation. *J. Occup. Med. Toxicol.* 2007; 2: 7. <https://doi.org/10.1686/1745-6673-2-7>
 29. Geier D.A., Geier M.R. A case series of children with apparent mercury toxic encephalopathies manifesting with clinical symptoms of regressive autistic disorders. *J. Toxicol. Environ. Health A*. 2007; 70(10): 837–51. <https://doi.org/10.1080/15287390701212141>
 30. Liu M., Deng P., Li G., Liu H., Zuo J., Cui W., et al. Neurotoxicity of combined exposure to the heavy metals (Pb and As) in zebrafish (*Danio rerio*). *Toxics*. 2024; 12(4): 282. <https://doi.org/10.3390/toxics12040282>
 31. Karri V., Kumar V., Ramos D., Oliveira E., Schuhmacher M. Comparative *in vitro* toxicity evaluation of heavy metals (lead, cadmium, arsenic, and methylmercury) on HT-22 hippocampal cell line. *Biol. Trace Elem. Res.* 2018; 184(1): 226–39. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-1177-x>
 32. Bihagi S.W., Bahmani A., Subaiea G.M., Zawia N.H. Infantile exposure to lead and late-age cognitive decline: Relevance to AD. *Alzheimers Dement.* 2014; 10(2): 187–95. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2013.02.012>
 33. Wang Z., Li K., Xu Y., Song Z., Lan X., Pan C., et al. Ferroptosis contributes to nickel-induced developmental neurotoxicity in zebrafish. *Sci. Total. Environ.* 2023; 858(Pt. 3): 160078. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160078>
 34. Sun Y., Liu J., Xiao K., Chen S., Ma J., Cao M., et al. STEAP3-SLC39A8-mediated microglia ferroptosis involved in neurotoxicity in rats after exposure to lead and cadmium combined. *Int. Immunopharmacol.* 2025; 146: 113854. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2024.113854>
 35. Wei J., Zhang Y., Shi W., Lu L., Zhou Q., Pu Y., et al. Copper exposure induces neurotoxicity through ferroptosis in *C. elegans*. *Chem. Biol. Interact.* 2025; 407: 111369. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2024.111369>
 36. Wang D., Wu Y., Zhou X., Liang C., Ma Y., Yuan Q., et al. Cadmium exposure induced neuronal ferroptosis and cognitive deficits via the mtROS-ferritinophagy pathway. *Environ. Pollut.* 2024; 349: 123958. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123958>
 37. Averill-Bates D.A. The antioxidant glutathione. *Vitam. Horm.* 2023; 121: 109–41. <https://doi.org/10.1016/bs.vh.2022.09.002>
 38. Kumar P., Liu C., Suliburk J., Hsu J.W., Muthupillai R., Jahoor F., et al. Supplementing glycine and N-acetylcysteine (GlyNAC) in older adults improves glutathione deficiency, oxidative stress, mitochondrial dysfunction, inflammation, physical function, and aging hallmarks: A randomized clinical trial. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 2023; 78(1): 75–89. <https://doi.org/10.1093/gerona/glac135>

39. Hammond C.L., Marchan R., Krance S.M., Ballatori N. Glutathione export during apoptosis requires functional multidrug resistance-associated proteins. *J. Biol. Chem.* 2007; 282(19): 14337–47. <https://doi.org/10.1074/jbc.M611019200>
40. Franco R., Cidlowski J.A. Apoptosis and glutathione: Beyond an antioxidant. *Cell Death Differ.* 2009; 16(10): 1303–14. <https://doi.org/10.1038/cdd.2009.107>
41. Khlystov I.A., Kharkova P.K., Gurvich V.B., Bushueva T.V., Sakhautdinova R.R. Iron intake with drinking water: bioavailability, kinetics, and metabolism in humans: a literature review. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO.* 2025; 33(2): 63–71. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-2-63-71> <https://elibrary.ru/buohop> (in Russian)

Сведения об авторах

Никогосян Карен Мерсорович, науч. сотр., и. о. зав. лаб. научных основ биологической профилактики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: nikoghosyankm@ymrc.ru

Минигалиева Ильзира Амировна, доктор биол. наук, зав. отд. токсикологии и биопрофилактики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: ilzira@ymrc.ru

Сутункова Марина Петровна, доктор мед. наук, директор ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: sutunkova@ymrc.ru

Дубровин Дмитрий Афонасевич, лаборант отд. токсикологии и биопрофилактики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: dubrovinda@ymrc.ru

About the authors

Karen M. Nikogosyan, Researcher, Acting Head of the Laboratory of Scientific Foundations of Bioprophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0003-0780-5733> E-mail: nikoghosyankm@ymrc.ru

Ilzira A. Minigalieva, DSc (Biology), head, Department of Toxicology and Bioprophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1871-8593> E-mail: ilzira@ymrc.ru

Marina P. Sutunkova, DSc (Medicine), director, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1743-7642> E-mail: sutunkova@ymrc.ru

Dmitry A. Dubrovin, laboratory assistant, Department of Toxicology and Bioprophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0005-0040-8385> E-mail: dubrovinda@ymrc.ru



Степанян А.А.¹, Ковшов А.А.^{1,2}, Исаев Д.С.¹, Шилов В.В.^{1,2}

Токсиколого-гигиеническая характеристика мышьяка в питьевой воде (нарративный обзор литературы)

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия;

²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. В статье систематизирована информация о содержании в воде мышьяка и вредном воздействии при её употреблении, а также приведены материалы по оценке экспозиции населения мышьяком, расчётах риска для здоровья населения. Выполнен анализ оригинальных исследований, посвящённых содержанию мышьяка в почве, водных объектах, отравлениям мышьяком. Использованы библиографические и реферативные базы данных: PubMed, Scopus, Web of Science, НЭБ (eLIBRARY.RU). По результатам целевого поиска отобраны 60 полнотекстовых публикаций, из которых 36 полностью соответствуют указанным критериям включения.

Геохимические провинции мышьяка обнаружены во многих странах, в том числе и в России. На таких территориях питьевая вода (преимущественно из подземных источников) является основным путём поступления мышьяка в организм человека, а загрязнение источников питьевого водоснабжения мышьяком стало ведущей гигиенической проблемой. Выявлены минимальные действующие концентрации неорганического мышьяка в питьевой воде, при которых наблюдаются патологические изменения: при 0,0062 мг/л — ишемическая болезнь сердца и артериальная гипертензия; 0,00988 мг/л — снижение когнитивных функций у детей; 0,023 мг/л — гиперкератинизация и пигментация кожи.

Ограничение исследования. В большинстве оригинальных исследований не учитываются факторы риска, модифицирующие действие мышьяка, оценка экспозиции нередко основана на единичных замерах его концентрации.

Заключение. Токсическое действие мышьяка на организм человека в целом известно, однако существуют неопределённости, связанные с хроническим действием его низких доз. При этом минимальная действующая концентрация, связанная с риском развития болезней органов кровообращения, ниже ПДК в 1,6 раза. Целесообразно обосновать разные референтные дозы для отдельных критических органов и систем, особенно сердечно-сосудистой и нервной, а также рассмотреть возможность изменения ПДК мышьяка в питьевой воде.

Ключевые слова: литературный обзор; мышьяк; питьевая вода; оценка риска для здоровья населения; хронический неканцерогенный риск; референтные уровни; референтная доза

Для цитирования: Степанян А.А., Ковшов А.А., Исаев Д.С., Шилов В.В. Токсиколого-гигиеническая характеристика мышьяка в питьевой воде (нарративный обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2026; 105(8): 911–917. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-911-917> <https://elibrary.ru/poklxf>

Для корреспонденции: Степанян Алекс Артурович, e-mail: a.stepanian@s-znc.ru

Вклад авторов: Степанян А.А. — сбор и анализ источников литературы, написание текста; Ковшов А.А. — концепция и дизайн исследования, редактирование, формулирование выводов; Исаев Д.С. — обработка материала, редактирование; Шилов В.В. — редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 17.04.2026 / Поступила после доработки: 01.06.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Aleks A. Stepanyan¹, Aleksandr A. Kovshov^{1,2}, Daniil S. Isaev¹, Viktor V. Shilov^{1,2}

Toxicological and hygienic characteristics of arsenic in drinking water (narrative literature review)

¹Northwest Public Health Research Center, 191036, St. Petersburg, Russian Federation;

²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 191015, St. Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

This article systematizes information about the arsenic content in water, its harmful effects when consumed, and provides materials on assessing public exposure to arsenic and health risks assessment. The analysis of original studies on the content of arsenic in soil, water bodies, arsenic poisoning performed via bibliographic and abstract databases: PubMed, Scopus, Web of Science, RSCI (eLIBRARY.RU). Based on the results of a targeted search, sixty full-text reports were selected, of which 36 fully meet the specified inclusion criteria. Geochemical arsenic provinces have been found in many countries around the world, including Russia. In such territories, drinking water (mainly from underground sources) is the main route of arsenic entry into the human body, and arsenic contamination of drinking water sources is a leading hygienic problem. Minimal effective concentrations of inorganic arsenic in drinking water were identified: 0.0062 mg/L — coronary artery disease and hypertension; 0.00988 mg/L — cognitive decline in children; 0.023 mg/L — hyperkeratinization and pigmentation of the skin.

Limitation. Most original studies fail to take into account risk factors that modify arsenic exposure, and exposure estimates are often based on single arsenic concentration measurements.

Conclusion. The toxic effect of arsenic on the human body is generally known, but there are uncertainties associated with the chronic effects of low doses of this element. At the same time, the minimal effective concentration associated with the risk of circulatory diseases developing is 1.6 times lower than the maximal permissible concentration (MPC). It is advisable to justify different reference doses for individual critical organs and systems, especially for effects on the cardiovascular and nervous systems, as well as to consider possible changes in the MPC of arsenic in drinking water.

Keywords: literature review; arsenic; drinking water; public health risk assessment; chronic non-carcinogenic risk; reference levels; reference dose

For citation: Stepanyan A.A., Kovshov A.A., Isaev D.S., Shilov V.V. Toxicological and hygienic characteristics of arsenic in drinking water (narrative literature review). *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2026; 105(8): 911–917. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-911-917> <https://elibrary.ru/poklxf> (In Russ.)

For correspondence: Aleks A. Stepanyan, e-mail: a.stepanian@s-znc.ru

Contribution: Stepanyan A.A. — collection and analysis of literature sources, writing of the text; Kovshov A.A. — concept and design of the study, editing, formulation of conclusions; Isaev D.S. — processing of the material, editing; Shilov V.V. — editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: April 17, 2026 / Revised: June 1, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

В работе обобщены результаты российских и зарубежных исследований, посвящённых содержанию мышьяка в воде, его токсикологическому профилю, а также представлены сведения об оценке экспозиции и рисках для здоровья населения, ассоциированных с поступлением мышьяка в организм из питьевой воды. Проведён анализ оригинальных исследований, в которых изучены концентрации мышьяка в почве, водных объектах и клинические проявления интоксикации мышьяком. По результатам целевого поиска в библиографических и реферативных базах данных (PubMed, Scopus, Web of Science, НЭБ (eLIBRARY.RU)) было отобрано 60 полнотекстовых публикаций, из которых 36 полностью соответствуют указанным критериям включения.

Мышьяк (As) — металлоид, сочетающий в себе свойства металла и неметалла, однако в большинстве случаев его классифицируют как металл [1–3]. Он широко распространён в земной коре, кларк составляет $\approx 3,4$ мг/кг. Более 200 природных минералов имеют в составе мышьяк, но лишь в небольшой степени — в элементарной форме [2]. Неорганический As в природных условиях встречается в почве и во многих видах горных пород, особенно в минералах и рудах, содержащих медь или свинец [1]. Мышьяк относится к спутникам золота, поэтому на территориях золоторудных месторождений его концентрация очень высока [3]. As обладает значительной реакционной способностью и часто встречается в сочетании с другими элементами в четырёх степенях окисления: -3 ; 0 ; $+3$ или $+5$ [2–5]. Многие соединения мышьяка водорастворимы, что обуславливает его способность мигрировать в водные объекты [1].

В природных условиях мышьяк может попадать в поверхностные и подземные водные объекты посредством вымывания на земную поверхность дождевой водой из приземной атмосферы (куда он попадает в результате испарения с поверхности почв), процессов суффозии (ветровой и дождевой эрозии мышьяковистых горных пород, выщелачивания из почвы и минералов в грунтовые воды) [1, 6], в составе продуктов извержений вулканов, а также морских аэрозолей [6–8].

Основная форма содержания мышьяка в водных системах — неорганическая, где он встречается в основном в формах As (V) и As (III). При нормальных условиях мышьяк в воде присутствует в виде растворимого неорганического As (V), поскольку он термодинамически более стабилен в воде, чем As (III) [2]. В подземных водах преобладающей формой содержания мышьяка являются соединения As (III), более токсичные, чем соединения As (V) [4–6, 9]. В большинстве случаев высокое содержание мышьяка — следствие природных процессов, протекающих в слабо промываемых молодых осадочных породах с замедленным потоком подземных вод, повышенным значением pH, низкими концентрациями растворённого кислорода и высокими концентрациями растворённых железа и марганца [4, 7].

Подземные воды с высоким содержанием мышьяка чаще формируются в водоносных горизонтах, образованных песчано-глинистыми или песчано-сланцевыми породами [7, 10, 11]. Кроме того, при интенсивной эксплуатации артезианских скважин и активизации движения подземных вод усиливается тепло- и массообмен между водой и горными породами, что способствует переходу мышьяка в подземные воды [10]. Так, в Бангладеш интенсивный отбор подземных вод на протяжении более 50 лет привёл к существенному понижению их уровня. В результате мышьяк содержащие горные породы вступили в прямой контакт с кислородом атмосферного воздуха, что вызвало цепь химических реакций, в результате которых мышьяк в воде перешёл в легко растворимую бесцветную и опасную для здоровья людей форму H_3AsO_4 [6].

Как показывают результаты многочисленных исследований, с повышенными концентрациями неорганического мышьяка в поверхностных и подземных водных объектах, в том числе в источниках питьевого водоснабжения, сталкиваются многие страны [1, 2, 4, 6, 7, 12–16].

Концентрация мышьяка в природных поверхностных и подземных водах, как правило, составляет $0,0005$ – $0,001$ мг/л,

но может превышать 1 и даже 5 мг/л в геохимических провинциях [1, 3, 7]. Люди, потребляющие воду из глубоких скважин, подвергаются большей экспозиции мышьяком по сравнению с теми, кто использует воду из неглубоких колодцев или поверхностные воды. Это может быть связано с залежами мышьяковой руды на большой глубине [12]. Термальные и подземные воды большинства стран, в том числе и России, могут содержать мышьяк со средним диапазоном концентраций 1 – 280 мг/л. Пресноводные бассейны отличаются большим разбросом концентраций мышьяка — от $0,0006$ до $0,025$ мг/л [13].

Предельно допустимая концентрация мышьяка в воде в соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения и Агентства по охране окружающей среды США составляет $0,01$ мг/л [12]. В Российской Федерации, Японии [17] и Китае [18] принят аналогичный гигиенический норматив. В Канаде допустимая концентрация составляет $0,025$ мг/л [12]. В Индии установлен гигиенический норматив $0,01$ мг/л, однако допускается повышение до $0,05$ мг/л в случае невозможности использования другого источника водоснабжения [19]. В Бангладеш гигиенический норматив содержания мышьяка в воде — $0,05$ мг/л [20].

В геохимических провинциях основной путь поступления мышьяка в организм человека — питьевая вода, а загрязнение источников питьевого водоснабжения As стало ведущей гигиенической проблемой [12, 15]. Геохимические провинции мышьяка обнаружены в Англии, Боливии, Грузии, Италии, Казахстане, Канаде, Норвегии, США, Франции, Чили, Швеции, Японии [11], Бангладеш, Индии [1, 6, 12, 15].

В России подобные геохимические провинции имеются в Забайкальском, Красноярском, Алтайском, Пермском, Приморском, Ставропольском, Хабаровском краях, Оренбургской, Саратовской, Архангельской, Вологодской, Омской, Свердловской, Челябинской, Магаданской, Пензенской и Иркутской областях, в республиках Тыва, Саха и Дагестан, а также в Чукотском автономном округе [6, 12, 15].

В рамках исследований за период 2018–2019 гг. установлено, что концентрации мышьяка в питьевой воде преимущественно поверхностных источников девяти районов Самары и Самарской области находились в пределах от $0,002$ мг/л (Кировский район) до $0,026$ мг/л (Красноглинский район) [14]. В 24 подземных водоисточниках семи районов Саратовской области за период 2018–2021 гг. были определены повышенные концентрации мышьяка в пределах 1 – 6 ПДК. Максимальная концентрация мышьяка обнаружена в роднике Фёдоровского района — $0,069$ мг/л. Исследователи связывали это с гидрогеохимической аномалией на территории области [15]. Северные районы Дагестана снабжаются водой в основном за счёт подземных вод Северо-Дагестанского артезианского бассейна [10–12], содержащих мышьяк в концентрациях $0,01$ – $0,5$ мг/л [12, 21]. Чаще всего подземные воды содержат повышенные концентрации мышьяка в Бабаюртовском, Хасавюртовском, Кизлярском, Тарумовском и Ногайском районах Республики Дагестан [11].

В Забайкальском крае имеются многочисленные месторождения и рудопроявления мышьяка, золота и сурьмы, в которых создаются благоприятные условия для миграции и накопления мышьяка в подземных водах. Например, в г. Балей водоснабжение осуществляется из подземных источников посредством скважин глубиной 120 – 150 м, эксплуатирующих водоносный комплекс нижнемеловых осадочных отложений, в пробах воды которого отмечены повышенные концентрации мышьяка (от $0,02$ до $0,11$ мг/л) [3]. В Нерчинском районе в скважинах глубиной 100 – 120 м концентрации мышьяка в пробах воды регистрировались на уровне от $0,02$ до $4,3$ мг/л (до 86 ПДК). В воде системы централизованного водоснабжения мышьяк обнаружен на уровне $2,5$ мг/л (50 ПДК) [12]. В 2021–2022 гг. содержание мышьяка как в районе водозабора, так и в воде распределительных сетей Казани (источник водоснабжения — Куйбышевское водохранилище) составляло $0,211$ – $0,296$ мг/л, а в конечной точке потребления — $0,18$ мг/л [22]. В подземных водах северных районов Обь-Зайсанской склад-

чатой области отмечено повышенное содержание мышьяка: в Советском районе Новосибирска — от 0,013–0,085 [23] до 0,27 мг/л [24], в Новосибирском и Тогучинском районах — 0,036 мг/л [23].

При исследовании качества поверхностных вод верховья реки Черек Безенгийский (Кабардино-Балкарская Республика) установлены концентрации мышьяка в пределах 0,00146–0,00277 мг/л, а в водах речных притоков — 0,00076–0,02 мг/л [25]. На территории республик Башкортостан и Северная Осетия — Алания, а также в Тульской области обнаружены концентрации мышьяка в среднем 0,00021 и 0,0009 мг/л соответственно [26–29].

Таким образом, природно обусловленное высокое содержание мышьяка в подземных водах наблюдается во многих регионах, в то время как антропогенное, как правило, имеет локальный характер [7]. Основной причиной являются депрессионные воронки, формирующиеся вследствие длительной эксплуатации водоносного горизонта, усиливающие процессы подтягивания и накопления мышьяка в подземных водах на территории геохимических провинций [10]. Также влияют добыча полезных ископаемых, цветных металлов, сброс сточных вод и их осадков, выбросы угольных электростанций, стоки птицефабрик. На горнодобывающих и угольных электростанциях значительную роль играет выщелачивание мышьяка из хвостохранилищ заброшенных шахт и отвалов. Значительное количество As попадает в сточные воды при добыче золота с использованием цианида [1, 5–7].

Большинство случаев интоксикаций людей As связано с воздействием неорганического мышьяка, который в виде арсенатов и арсенитов хорошо всасывается в желудочно-кишечном тракте, легко проникает через плаценту [1]. При употреблении питьевой воды примерно 95% мышьяка абсорбируется в кишечнике, а выделяется преимущественно с мочой [1]. Согласно физиологически обоснованной фармакокинетической модели Эль-Масри — Кеньона, соотношение суточных доз поступления неорганического мышьяка и его выделения с мочой составляет $\approx 9 : 10$ [2].

Поступая в организм, As дестабилизирует более 200 ферментов, участвующих в биохимических реакциях клетки и синтезе ДНК, активизирует процессы пероксидации, связывает тиольные (сульфгидрильные) группы в тканевых белках [11]. Механизмы действия арсенатов и арсенитов несколько отличаются. Механизм действия арсената основан на замене фосфатной группы в ферментах. Например, он заменяет фосфат в глюкозо-6-фосфате и 6-фосфоглюконате *in vitro*, фосфат — в натриевом насосе и анионообменной транспортной системе эритроцитов человека. Также он уменьшает образование аденозинтрифосфата (АТФ) *in vitro* и заменяет фосфат в ферментативных реакциях. Результатом этого становится истощение АТФ в клеточных системах [1]. Однако многочисленные исследования показывают, что основа токсичности мышьяка — его превращение в арсенит. Механизм действия арсенита основан на реакциях с тиолсодержащими молекулами — глутатионом и цистеином. Метилированный трёхвалентный мышьяк в составе монометиларсоновой кислоты (III) является мощным ингибитором глутатион-редуктазы и тиоредоксинредуктазы. Арсенит ингибирует пируватдегидрогеназу, нарушая работу системы переноса электронов для производства АТФ [1].

Результаты исследований как *in vitro*, так и *in vivo* на людях и животных свидетельствуют о возможном усилении мышьяком перекисного окисления липидов, продукции супероксидов, образовании гидроксильных радикалов, повреждающих ДНК [1]. Хроническое поступление в организм мышьяка даже в малых дозах изменяет гены и белки, которые связаны с окислительным стрессом и воспалением, что может приводить к поражению практически всех органов и систем [1, 5, 12].

Во многих исследованиях сообщалось о сердечно-сосудистых эффектах при пероральной экспозиции неорганическими соединениями мышьяка. Воздействие неорганического мышьяка на сердце имеет множество последствий, в числе которых изменение деполяризации миокарда, нару-

шения сердечного ритма и развитие ишемической болезни сердца [1, 12]. Эти эффекты наблюдались как после острого, так и хронического воздействия неорганического мышьяка [1]. В Техасе исследователи В. Гонг и Дж. О'Брайан выявили, что ишемическая болезнь сердца была связана с воздействиями мышьяка в малых концентрациях (0,0022–0,0153 мг/л) [2]. Исследователи из Внутренней Монголии (Китай) установили прямую связь между концентрацией мышьяка в питьевой воде (0,00016–0,2 мг/л), содержанием его в ногтях на ногах и повышением заболеваемости болезнями системы кровообращения. В том же регионе выявлено увеличение частоты случаев удлинения интервала QT в зависимости от концентрации мышьяка в питьевой воде: увеличение на 3,9% при концентрации 0,02 мг/л; на 11% при концентрациях 0,11–0,3 мг/л; на 20,6% при концентрациях 0,43–0,69 мг/л [2]. Воздействие мышьяка также выражается в индуцировании развития артериальной гипертензии и атеросклероза. В Тайване повышенная частота артериальной гипертензии была связана с потреблением воды из скважин с концентрациями мышьяка в диапазоне 0,25–0,7 мг/л, а заболеваемости болезнями системы кровообращения — при концентрациях более 0,35 мг/л [1]. Среди жителей юго-запада Тайваня, подвергавшихся воздействию мышьяка в воде в концентрациях 0,7–0,93 мг/л, был распространён атеросклероз сонных артерий, на который указывал индекс CIMT (*Carotid Intima-Media Thickness* — толщина интима-медиа сонной артерии) [2]. В сельской местности Техаса (США) концентрация мышьяка в питьевой воде (0,0022–0,0153 мг/л) коррелировала с повышенной частотой возникновения гипертонии [2]. В штате Юта (США) выявлена связь между концентрациями мышьяка в питьевой воде (0,014–0,166 мг/л) и повышенной смертностью от гипертонической болезни [2]. Установлено значительное увеличение смертности от атеросклероза, аневризмы аорты и иных сосудистых патологий среди жителей США, употреблявших питьевую воду с содержанием мышьяка более 0,02 мг/л [1]. В экспериментальных исследованиях [2] выявлено, что атеросклероз был связан с концентрацией мышьяка в воде в диапазоне 0,05–0,0999 мг/л по сравнению с контрольной группой ($< 0,05$ мг/л). Исследователи из Чили выявили, что поступление в организм мышьяка с питьевой водой в концентрациях 0,6–0,8 мг/л увеличивает частоту акроцианоза и возникновения болезни Рейно. В расследовании хронического отравления детей в Чили выявлено утолщение артерий по всему организму, в том числе в поджелудочной железе. В одном из зарубежных исследований сообщалось о появлении периферического отёка у людей, которые пили колодезную воду, содержащую мышьяк в концентрациях более 7 мг/л в течение одной недели. В Японии при отравлении 220 людей мышьяком, содержащимся в соевом соусе, характерным был отёк лица, обычно затрагивающий веки. Расчётная доза в этом случае равнялась около 0,05 мг/кг/сут с экспозицией до двух-трёх недель. Отёк появился после первоначального воздействия и самопроизвольно разрешился. Этот эффект лёг в основу установления предельной допустимой острой пероральной дозы неорганического мышьяка с десятикратным коэффициентом запаса — 0,005 мг/кг/сут [1].

Наиболее серьёзным последствием воздействия мышьяка на сердечно-сосудистую систему является «болезнь чёрной стопы», характеризующаяся прогрессирующим нарушением кровообращения в руках и ногах, приводящим к некрозу и гангрене [1, 12]. Болезнь является эндемичной на о. Тайвань, где среднее содержание мышьяка в питьевой воде колеблется от 0,17 до 0,8 мг/л [1]. Чинг-Донг Ценг с соавт. (1968/1977) стратифицировали население, подвергшееся воздействию, на группы с низким ($< 0,3$ мг/л), средним (0,3–0,6 мг/л) или высоким ($> 0,6$ мг/л) уровнями воздействия. Дозы воздействия были разделены на контрольную, низкую, среднюю и высокую: 0,0008/0,014/0,038/0,065 мг/кг/сут соответственно. В результате исследования была обоснована безопасная доза мышьяка — 0,0008 мг/кг/сут [1].

Нервная система также подвергается негативному воздействию мышьяка при пероральном поступлении. Длительная экспозиция в дозе 0,03–0,1 мг/кг/сут приводит к развитию периферической нейропатии, которая характеризуется онемением кистей и стоп и ощущением покалывания с прогрессированием в мышечную слабость, опущением запястий и (или) лодыжек и снижением чувствительности (искажением) рефлексов [1, 12]. Гистологические признаки нейропатии включают угасающую аксонопатию и демиелинизацию. После прекращения воздействия нейропатия становится обратимой лишь частично, а восстановление, как правило, происходит медленно [1]. При этом есть основания полагать, что периферическая нейропатия может быть следствием поражения сосудов. Кроме того, некоторые исследователи отмечали связь между потреблением воды с повышенными концентрациями мышьяка и снижением IQ, а также нарушениями нейрокognитивного развития у потреблявших её детей [1, 2]. Так, в США обследовали две группы детей, потреблявших воду с разными концентрациями мышьяка – менее 0,005 и 0,005–0,01 мг/л. Показатели IQ, восприятия, рабочей памяти и понимания речи были статистически более низкими во второй группе [2]. В Китае обследовали три группы детей, потреблявших воду с разными концентрациями мышьяка, для определения влияния на уровень IQ: 87 детей – 0,19 мг/л, 253 ребёнка – 0,142 мг/л, 196 детей – 0,002 мг/л. Результаты тестов составили 95; 101 и 105 баллов соответственно [1]. В исследовании Ф. Парвеза и соавт. в 2011 г. изучена связь между концентрациями мышьяка в питьевой воде Бангладеш и координацией движений у детей в возрасте 8–11 лет с помощью тестов на равновесие, координацию движений рук, тонкое ручное управление, а также силу и ловкость. Авторы наблюдали обратную связь между показателями общей двигательной активности и координации тела и содержанием мышьяка в питьевой воде (средняя концентрация – 0,0433 мг/л) [2].

Наиболее характерное последствие длительного перорального воздействия неорганических соединений мышьяка даже в незначительных дозах (0,002–0,02 мг/кг/сут) – развитие поражений кожи [1]. Эти поражения часто используются в качестве диагностических критериев арсеникоза, для которого характерны гиперпигментация и гиперкератинизация кожи (особенно на ладонях и подошвах), образование множественных мозолей или бородавок [1, 12]. При длительных исследованиях перорального поступления As в более низких концентрациях (от 0,0004 до 0,01 мг/кг/сут), как правило, не наблюдали поражений кожи [1]. Однако в другом крупном исследовании выявлено повышение частоты кожных поражений, связанных с поступлением мышьяка с питьевой водой в концентрации 0,023 мг/л (доза 0,0012 мг/кг/сут). Механизм возникновения кожных эффектов до конца не изучен: симптомы, характерные для человека, не были обнаружены в экспериментах на животных. На основе эпидемиологических исследований определяли дозы неорганического мышьяка, оказывающие воздействие на кожу человека. Можно выделить следующие: Naque с соавт. (2003) – 0,002 мг/кг/сут; Guha Mazumder с соавт. (1988) – 0,006 мг/кг/сут; Borgoño с соавт. (1980) – 0,01 мг/кг/сут; Borgoño and Greiber (1972), Zaldívar (1974), Valentine с соавт. (1985) – 0,02 мг/кг/сут; Cebrián et al. (1983) – 0,022 мг/кг/сут [1]. В совокупности эти исследования показывают, что пороговая доза неорганического мышьяка для возникновения гиперпигментации и гиперкератоза составляет приблизительно 0,002 мг/кг/сут [1].

Пероральное воздействие низких доз мышьяка, как правило, не вызывает поражения органов дыхания. Однако в некоторых исследованиях сообщалось о незначительных респираторных симптомах, таких как кашель, выделение мокроты, ринорея и боль в горле у людей, получавших неорганический мышьяк перорально в дозах 0,03–0,05 мг/кг/сут [1]. Симптомы значительного поражения органов дыхания, в том числе отёк лёгких при пероральном поступлении мышьяка в дозах 8 мг/кг/сут, были вторичны и возникали как следствие поражения сердечно-сосудистой системы [1].

Неорганические соединения мышьяка оказывают раздражающее действие на ткани желудочно-кишечного тракта. Например, хроническое пероральное поступление As в дозах 0,005–0,01 мг/кг/сут приводит к развитию тошноты, рвоты, диареи и боли в животе [1, 12]. Были также отмечены увеличение и болезненность печени, а в крови иногда обнаруживали повышенный уровень печёночных ферментов [1, 12]. Эти эффекты чаще всего наблюдались после многократного воздействия мышьяка в дозах 0,01–0,1 мг/кг/сут, хотя сообщалось, что при хроническом воздействии мышьяк оказывает похожий эффект в дозе 0,006 мг/кг/сут [1].

В исследовании Хуанга (2014) было установлено, что употребление питьевой воды с содержанием мышьяка в концентрациях 0,9 мг/л было связано со статистически значимым повышением заболеваемости диабетом у взрослых в Камбодже [2]. Таким образом, можно предполагать, что поджелудочная железа имеет повышенную чувствительность к токсическому воздействию неорганических соединений мышьяка.

В большинстве клинических исследований острой и хронической интоксикации неорганическим мышьяком не сообщалось о клинически подтверждённом значительном повреждении почек даже при серьёзных нарушениях в других системах. В некоторых случаях отмечались повышенные уровни креатинина в сыворотке крови, а также наблюдалась лёгкая протеинурия, которая могла быть следствием поражения иных органов и систем [1].

Анемия и лейкопения являются частыми последствиями как острого, так и хронического воздействия на людей As в дозах 0,002 мг/кг/сут или более. Эти эффекты могут быть обусловлены как прямым цитотоксическим или гемолитическим воздействием на клетки крови, так и подавлением эритропоэза, поскольку мышьяк влияет на группу ферментов, ответственных за синтез и деградацию гема, в том числе за ингибирование копропорфириногенаксидазы и гем-синтазы, а также активацию гем-оксигеназы [1].

В некоторых исследованиях указывалось, что воздействие мышьяка, содержащегося в питьевой воде, приводит к неблагоприятным репродуктивным последствиям, которые выражались в увеличении частоты репродуктивных потерь, что объясняется проникновением мышьяка через плаценту. Обследование 96 женщин в Бангладеш и 533 женщин из Западной Бенгалии (Индия), которые в течение 5–10 лет употребляли воду, содержащую мышьяк в концентрациях 0,05–0,1 мг/л (дозы 0,006–0,008 мг/кг/сут), показало значительное увеличение числа самопроизвольных аборт ($p = 0,008$), мертворождений ($p = 0,046$) и преждевременных родов ($p = 0,018$) по сравнению с группой, не подвергавшейся воздействию [1, 2]. Что касается последствий для здоровья плода и новорождённых (низкая масса тела при рождении) и развития нейрокognитивных эффектов, предполагаемая доза оценивается в 0,000079 мг/кг/сут (концентрация в воде 0,0029 мг/л) и 0,000105 мг/кг/сут (концентрация в воде 0,004 мг/л) [2].

Отдельно стоит рассматривать канцерогенный эффект воздействия мышьяка, выражающийся, по данным эпидемиологических исследований, в развитии злокачественных новообразований кожи, мочевого пузыря, почек, печени, лёгких и предстательной железы. Парадоксально, но воздействие неорганических форм мышьяка не приводило к статистически значимому росту частоты злокачественных новообразований в экспериментах на животных. В настоящее время, согласно US EPA, для As комбинированный фактор канцерогенного потенциала составляет 32 мг/кг/сут по действию на лёгкие и мочевой пузырь. В Р 2.1.10.3968–23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания» (далее – Руководство) фактор канцерогенного потенциала равен 1,5 мг/кг/сут.

Согласно Руководству, референтная доза мышьяка в питьевой воде составляет 0,000035 мг/кг/сут. В соответствии с представленными в Руководстве формулами для получения такой дозы концентрация мышьяка в воде должна составлять 0,00013 мг/л (0,013 ПДК). Однако в 2025 г. на сай-

те US EPA был размещён обновлённый токсикологический обзор, в котором была пересмотрена референтная доза (RfD) мышьяка [30]. Так, новая RfD мышьяка в питьевой воде, основанная на увеличении заболеваемости людей диабетом и ишемической болезнью сердца, составляет $6 \cdot 10^{-5}$ мг/кг/сут (0,00006 мг/кг/сут) [2], что в 17 раз больше RfD, зафиксированной в Руководстве. Для получения такой дозы концентрация мышьяка в воде должна составлять 0,0022 мг/л. Это соответствует 0,22 ПДК при стандартных параметрах экспозиции (2 л воды в сутки, масса тела человека 70 кг, воздействие в течение 350 дней в году и 30 лет для неканцерогенных эффектов).

В мировой практике при использовании современных методов лабораторного контроля нижний предел количественного определения мышьяка в воде — концентрация 0,0001 мг/л. Наиболее популярным методом является атомно-абсорбционная спектрометрия [31]. Что касается России, то на сайте Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений (<https://fgis.gost.ru>) размещено множество аттестованных методик исследования мышьяка в питьевой воде, среди которых одна из наиболее чувствительных — ФР.1.31.2015.19729 «Вода питьевая, природная (поверхностная, подземная), очищенная сточная, атмосферные осадки и снежный покров. Методика измерений массовой концентрации мышьяка и селена методом атомно-эмиссионной спектрометрии». Диапазон измерений массовой концентрации мышьяка данной методики составил от 0,0004 до 1 мг/дм³.

В то же время для измерения концентрации неорганического мышьяка в воде в рамках производственного лабораторного контроля и социально-гигиенического мониторинга используют семь основных методик (с диапазонами определения мышьяка в воде) [12, 30, 32–36]:

- ПНД Ф 14.1:2.4.135–98 «Методика выполнения измерений массовой концентрации элементов в пробах питьевой, природных, сточных вод и атмосферных осадков методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой» (0,005–50 мг/л);
- ГОСТ Р 57162–2016 «Вода. Определение содержания элементов методом атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермической атомизацией» (0,005–5 мг/л);
- ГОСТ Р 51309–99 «Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектрометрии» (0,005–0,3 мг/л);
- ГОСТ 31870–2012 «Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектрометрии» (0,005–0,3 мг/л);
- МУ 31–09/04 «Количественный химический анализ проб питьевых, природных и сточных вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации мышьяка методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА» (0,002–0,2 мг/л);
- ГОСТ 31866–2012 «Вода питьевая. Определение содержания элементов методом инверсионной вольтамперометрии» (0,001–0,2 мг/л);
- ПНД Ф 14.1:2.4.140–98 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций бериллия, ванадия, висмута, кадмия, кобальта, меди, молибдена, мышьяка, никеля, олова, свинца, селена, серебра, сурьмы, хрома в питьевых, природных и сточных водах методом атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермической атомизацией» (0,0005–0,3 мг/л).

Таким образом, нижний предел количественного определения мышьяка вышеперечисленных методик в Российской Федерации варьирует в пределах от 0,0004 до 0,005 мг/л. Однако в большинстве исследований применяется ГОСТ Р 57162–2016, для которого нижним пределом обнаружения мышьяка является концентрация в 0,005 мг/л [12, 30, 32–36]. Использование таких методик приводит к значительным неопределёностям при оценке риска для здоровья населения и может стать одним из доводов против ужесточения действующей ПДК мышьяка в питьевой воде до 0,002 мг/л, со-

ответствующей референтной дозе, принятой US EPA в 2025 г. Поэтому необходимо экономико-гигиеническое обоснование использования более чувствительных методик (с нижним пределом количественного определения не выше 0,001 мг/л). Кроме того, обсуждение пересмотра ПДК потребует анализа технической достижимости данного норматива, поскольку не исключено, что в силу особенностей ряда геохимических провинций питьевая вода в отдельных случаях даже с учётом применения наилучших доступных технологий очистки объективно не сможет соответствовать предлагаемому нормативу содержания мышьяка. Следовательно, соотношения «риск — возможности контроля» и «риск — техническая достижимость» требуют дальнейшего изучения.

Ограничения исследования. Не во всех изученных научных работах учтены социально-экономические и поведенческие факторы риска (курение и др.), а также совместная экспозиция с другими токсичными веществами (свинец, кадмий, марганец), которые могут усиливать эффекты воздействия мышьяка. Также оценка экспозиции в большинстве эпидемиологических исследований основывалась на единичных или редких замерах концентрации мышьяка в воде из централизованных источников, тогда как индивидуальная экспозиция могла значительно варьировать в зависимости от потребления воды из разных источников, фактического объёма выпиваемой воды, продолжительности проживания на данной территории и способов водоподготовки. Указанные ограничения могут приводить как к недооценке, так и к переоценке связей между низкими концентрациями мышьяка и выявленными эффектами, что необходимо учитывать при пересмотре гигиенических нормативов.

Заключение

Обзор показал, что негативные эффекты возникали при длительном употреблении людьми воды с концентрациями неорганического мышьяка, не превышавшими отечественных ПДК: 0,0062 мг/л (0,62 ПДК) — ИБС и артериальная гипертензия; 0,0099 мг/л (0,99 ПДК) — снижение когнитивных функций у детей; 0,01 мг/л (1 ПДК) — нарушение проводимости сердца.

В 2025 г. US EPA была установлена новая референтная доза мышьяка в питьевой воде $6 \cdot 10^{-5}$ мг/кг/сут, что в 17 раз выше, чем в действующем Руководстве Р 2.1.10.3968–23. Доза $6 \cdot 10^{-5}$ мг/кг/сут соответствует концентрации мышьяка в воде 0,0022 мг/л, это составляет 0,22 действующей в России ПДК. Новая RfD выше, но её пересмотр не отменяет того, что реальные эффекты у людей могут наблюдаться при концентрациях ниже 0,01 мг/л. По результатам анализа установлено, что отдельные клинические эффекты возникают при различных концентрациях и дозах мышьяка, в связи с чем рекомендуется установить разные референтные дозы мышьяка для отдельных критических органов и систем.

Используемые методики не всегда позволяют определить мышьяк в концентрациях ниже 0,005 мг/л, при этом не исключено, что в отдельных случаях даже применение наилучших доступных технологий не позволит снизить концентрацию мышьяка в питьевой воде до уровня менее 0,01 мг/л.

Снижение действующей ПДК мышьяка в питьевой воде до уровня, соответствующего референтной дозе в $6 \cdot 10^{-5}$ мг/кг/сут, установленной US EPA в 2025 г., требует решения двух самостоятельных задач. Во-первых, необходимо наличие аттестованной методики количественного определения мышьяка с нижним пределом не более 0,5 предлагаемого норматива, тогда как распространённые в России методики преимущественно указывают предел 0,005 мг/л. Во-вторых, требуется оценка технической достижимости такого норматива в геохимических провинциях, где даже применение наилучших доступных технологий очистки воды может не обеспечивать уменьшение концентрации мышьяка до уровня ниже действующей ПДК (0,01 мг/л). Без решения указанных задач введение более жёсткого норматива невозможно независимо от его гигиенической обоснованности.

Литература

(п.п. 1, 2, 5, 17–20, 31 см. References)

3. Нимаева Б.В., Михайлова Л.А., Белякова Е.В. Гигиенический анализ содержания мышьяка в подземных водах и оценка риска для здоровья населения. В кн.: *Современные проблемы экологии и здоровья населения: материалы II Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 300-летию Российской академии наук, и V Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых*. Иркутск; 2023: 96–100. <https://doi.org/10.12731/978-5-98277-383-8-art20> <https://elibrary.ru/hzzfsx>
4. Путилина В.С., Галицкая И.В., Юганова Т.И. *Поведение мышьяка в почвах, горных породах и подземных водах. Трансформация, адсорбция / десорбция, миграция*. Новосибирск; 2012.
6. Воробьев А.Е., Шесняк Е.Л., Воробьев К.А. Загрязнение природных пресных вод мышьяком: от Казахстана до Дагестана. *Труды университета*. 2021; (1): 61–6. https://doi.org/10.52209/1609-1825_2021_1_61 <https://elibrary.ru/mrrsgs>
7. Самедов Ш.Г., Ибрагимова Т.И. Загрязнение подземных вод мышьяком равнинной части Дагестана. *Экология и промышленность России*. 2015; 19(5): 61–3. <https://elibrary.ru/tuiykn>
8. Рыженко Б.Н., Черкасова Е.В., Лиманцева О.А., Teng M. Модель формирования загрязнения подземных вод мышьяком. Причины загрязнения. *Геохимия*. 2010; (7): 773–8. <https://elibrary.ru/mtjahh>
9. Коваленко К.А., Бочкарев Г.Р., Пушкарева Г.И. Марганцевые руды как перспективный сорбент для удаления соединений мышьяка из подземных вод. *Вода: химия и экология*. 2013; (10): 80–4. <https://elibrary.ru/rovuykn>
10. Курбанова Л.М., Самедов Ш.Г., Газалиев И.М., Абдулмутаимова Т.О. Мышьяк в подземных водах Северо-Дагестанского артезианского бассейна. *Геохимия*. 2013; (3): 262. <https://doi.org/10.7868/S0016752513030047> <https://elibrary.ru/puxthf>
11. Исаханова А.Т., Алиев З.М., Муташев Р.К., Шапиев Б.И. Очистка природных вод от соединений мышьяка. *Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки*. 2008; (1): 26–9. <https://elibrary.ru/inlyml>
12. Устинова О.Ю., Шур П.З., Носов А.Е. Санитарно-гигиеническая характеристика риска и клиническая оценка причиненного вреда здоровью населения геохимической провинции при длительном поступлении мышьяка с питьевой водой. *Анализ риска здоровью*. 2019; (4): 148–57. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.16> <https://elibrary.ru/tsvipp>
13. Лешкова И.В., Устинова О.Ю., Шур П.З. Оценка потенциального канцерогенного и неканцерогенного рисков здоровью населения геохимической провинции, обусловленного потреблением питьевой воды с повышенным содержанием мышьяка. В кн.: *Анализ риска здоровью – 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021: Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 1*. Пермь; 2021: 359–64. <https://elibrary.ru/knhcuq>
14. Сазонова О.В., Сергеев А.К., Чупахина Л.В., Рязанова Т.К., Судакова Т.В. Анализ риска здоровью населения, обусловленного загрязнением питьевой воды (опыт Самарской области). *Анализ риска здоровью*. 2021; (2): 41–51. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.2.04> <https://elibrary.ru/efwvcd>
15. Савина К.А., Панкратова Ю.А. Мышьяк в питьевой воде как фактор индивидуального риска здоровью. В кн.: *Анализ риска здоровью – 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021: Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 1*. Пермь; 2021: 365–9. <https://elibrary.ru/qlgttz>
16. Кикю П.Ф., Кислицына Л.В., Богданова В.Д., Сабирова К.М. Гигиеническая оценка качества питьевой воды и риски для здоровья населения Приморского края. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(1): 94–101. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-1-94-101> <https://elibrary.ru/ywahit>
21. Абдулмутаимова Т.О., Рамазанов О.М. Биомаркеры экспозиции мышьяка в условиях биогеохимических провинций. *Токсикологический вестник*. 2023; 31(6): 399–405. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2023-31-6-399-405> <https://elibrary.ru/ngauf>
22. Степанова Н.Ю., Емельянова А.В., Зубкова А.Д. Содержание мышьяка в питьевой воде и оценка риска здоровью населения города Казани. В кн.: *Экология и безопасность жизнедеятельности: Сборник статей XXII Международной научно-практической конференции*. Пенза; 2022: 370–4. <https://elibrary.ru/lvqsgd>
23. Максимова А.А., Черных А.В., Новиков Д.А., Дульцев Ф.Ф., Деркачев А.С., Сухорукова А.Ф. и др. Токсичные элементы в подземных водах северных районов Обь-Зайсанской складчатой области. *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2023; 334(5): 17–26. <https://doi.org/10.18799/24131830/2023/5/4033> <https://elibrary.ru/ywhexo>
24. Яндолла Н.И. Мышьяк в природных водах восточной части Новосибирской области. *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2025; 2(3): 47–52. <https://doi.org/10.33764/2618-981X-2025-2-3-47-52> <https://elibrary.ru/eytzik>
25. Реутова Н.В., Реутова Т.В., Дреева Ф.Р., Хутуев А.М. Потенциально токсичные элементы в поверхностных водах бассейна реки Черек Безенгийский. *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2022; (5): 105–15. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2022-5-109-105-115> <https://elibrary.ru/xwlsdh>
26. Валеев Т.К., Сулейманов Р.А., Рафикова Л.А., Бактыбаева З.Б., Рахимова А.Р., Аллаярова Г.Р. и др. Эколого-гигиенические риски здоровью населения, связанные с употреблением питьевой воды централизованного водоснабжения (на примере агропромышленных районов Башкортостана). *Эпоха науки*. 2025; (42): 661–8. <https://elibrary.ru/xnrmvt>
27. Реутова Н.В., Реутова Т.В., Дреева Ф.Р. Природное и антропогенное загрязнение микроэлементами верховий бассейна р. Ардон. *Геология и геофизика Юга России*. 2025; 15(2): 219–30. <https://doi.org/10.46698/VNC.2025.46.62.001> <https://elibrary.ru/cbupey>
28. Горелкина А.И., Савинова Л.Н. Мониторинговые исследования и систематизация данных концентрации тяжелых металлов в реке Упа (г. Тула). В кн.: *Приоритетные направления развития науки и технологий: Сборник докладов XXXV Международной научно-практической конференции*. Тула; 2024: 92–7. <https://elibrary.ru/rikupd>
29. Савинова Л.Н., Векшина В.А., Горелкина А.И. Прогноз содержания некоторых тяжелых металлов в реке Упа (г. Тула). В кн.: *Приоритетные направления развития науки и технологий: Сборник докладов XXXV Международной научно-практической конференции*. Тула; 2024: 97–105. <https://elibrary.ru/uuaews>
30. Ашурбекова Т.Н., Исаева Н.Г., Мурзаева А.Н., Мусинова Э.М., Гаджимусаева З.Г., Абдурагимов Р.Н. Сравнительный анализ качества артезианских вод. *Теоретические и прикладная экология*. 2018; (3): 40–7. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2018-3-040-047> <https://elibrary.ru/yxswff>
32. Ашурбекова Т.Н., Мусинова Э.М., Гаджимусаева З.Г. О качестве воды артезианских скважин. *Известия Дагестанского ГАУ*. 2019; (1): 10–5. <https://elibrary.ru/izyhef>
33. Ашурбекова Т.Н., Гаджимусаева З.Г., Исаева Н.Г., Мусинова Э.М., Абдулмаликов Г.Г., Мутуев М.У. Анализ подземных вод поселка Богатыревка. *Известия Дагестанского ГАУ*. 2020; (2): 7–11. <https://elibrary.ru/qrcfca>
34. Кольдибекова Ю.В., Землянова М.А., Пустовалова О.В., Пескова Е.В. Влияние повышенного содержания мышьяка в питьевой воде на изменения биохимических показателей негативных эффектов у детей, проживающих на территории природной геохимической провинции. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(8): 834–40. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-8-834-840> <https://elibrary.ru/tpyepn>
35. Язиков Е.Г., Мишанькин А.Ю., Осипова Н.А., Филимонов Е.А., Карпенко Ю.А., Собянин Ю.П. Геохимические особенности природных вод территории золоторудного месторождения Вьюн (Республика Саха-Якутия). *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2021; 332(2): 176–89. <https://doi.org/10.18799/24131830/2021/2/3054> <https://elibrary.ru/lbmzfu>
36. Реутова Н.В., Реутова Т.В., Дреева Ф.Р., Хутуев А.М. Микроэлементный состав поверхностных вод бассейна реки Малка и геохимические особенности региона. *Геология и геофизика Юга России*. 2021; 11(3): 172–84. <https://doi.org/10.46698/VNC.2021.20.60.014> <https://elibrary.ru/kzjjij>

References

1. U.S. Department of Health and Human Services. Centers for Disease Control and Prevention (U.S.). Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for arsenic; 2007. Available at: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/95224>
2. IRIS Toxicological Review of Inorganic Arsenic; 2025. Available at: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/recordisplay.cfm?deid=253756
3. Nimaeva B.V., Mikhailova L.A., Belyakova E.V. Hygienic analysis of arsenic levels in groundwater and public health risk assessment. In: *Modern Problems of Ecology and Public Health. Proceeding of the The II All-Russian Conference with International Participation, Dedicated to the 300th Anniversary of the Russian Academy of Sciences, and the V All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientist [Sovremennyye problemy ekologii i zdorov'ya naseleniya: materialy II Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoi 300-letiyu Rossiiskoi akademii nauk, i V Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh]*. Irkutsk; 2023: 96–100. <https://doi.org/10.12731/978-5-98277-383-8-art20> <https://elibrary.ru/hzzfsx> (in Russian)
4. Putilina V.S., Galickaya I.V., YUganova T.I. *The Behavior of Arsenic in Soils, Rocks, and Groundwater. Transformation, Adsorption / Desorption, Migration [Povedenie mysh'yaka v pochvakh, gornyykh porodakh i podzemnykh vodakh. Transformatsiya, adsorbsiya / desorbsiya, migratsiya]*. Novosibirsk; 2011. (in Russian)
5. Bhat A., O'Hara T., Tian F., Singh B. Review of analytical techniques for arsenic detection and determination in drinking water. *Environ. Sci.: Adv.* 2023; 2(2): 171–95. <https://doi.org/10.1039/d2va00218c> <https://elibrary.ru/pbgofj>
6. Vorobyov A.E., Shchesnyak E.L., Vorobyov K.A. Arsenic pollution of natural fresh waters: from Kazakhstan to Dagestan. *Trudy universiteta*. 2021; (1): 61–6. https://doi.org/10.52209/1609-1825_2021_1_61 <https://elibrary.ru/mrrsgs> (in Russian)
7. Samedov Sh.G., Ibragimova T.I. Arsenic contamination of groundwater in the lowland part of Dagestan. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2015; 19(5): 61–3. <https://elibrary.ru/tuiykn> (in Russian)
8. Ryzhenko B.N., Cherkasova E.V., Limantseva O.A., Teng M. Model for the formation of arsenic contamination in groundwaters: 3. Causes of contamination. *Geochemistry International*. 2010; 48(7): 725–30. <https://elibrary.ru/mwivuo>

Review article

9. Kovalenko K.A., Bochkarev G.R., Pushkareva G.I. Manganese ores as perspective sorbent for arsenic compound removal from underground waters. *Voda: khimiya i ekologiya*. 2013; (10): 80–4. <https://elibrary.ru/rovykn> (in Russian)
10. Kurbanova L.M., Samedov S.G., Gazaliev I.M., Abdulmutalimova T.O. Arsenic in the groundwaters of the North Dagestan artesian basin. *Geochemistry International*. 2013; 51(3): 237–9. <https://elibrary.ru/rfdndx>
11. Isakhanova A.T., Aliev Z.M., Mutashev R.K., Shapiev B.I. Purification of natural waters from arsenic compounds. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki*. 2008; (1): 26–9. <https://elibrary.ru/inlyml> (in Russian)
12. Ustinova O.Yu., Shur P.Z., Nosov A.E. Sanitary-hygienic characteristics of health risk and clinical assessment of damage to health done to population living in a specific geochemical province under long-term exposure to arsenic introduced with drinking water. *Health Risk Analysis*. 2019; (4): 148–57. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.16> <https://elibrary.ru/dgepxy>
13. Leshkova I.V., Ustinova O.Yu., Shur P.Z. Assessment of potential carcinogenic and non-carcinogenic risks to the health of the population of the geochemical province caused by the consumption of drinking water with a high content of arsenic. In: *Health Risk Analysis – 2021. Environmental, Social, Medical, and Behavioral Aspects. In Conjunction with the International Meeting on Environment and health RISE-2021: Proceedings of the XI All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Volume 1 [Analiz riska zdorov'yu-2021. Vneshnesredovye, sotsial'nye, meditsinskii i povedencheskie aspekty. Sovmestno s mezhdunarodnoi vstrechei po okruzhayushchei srede i zdorov'yu RISE-2021: Materialy XI Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Tom 1]. Perm'*; 2021: 359–64. <https://elibrary.ru/knhcuy> (in Russian)
14. Sazonova O.V., Sergeev A.K., Chupakhina L.V., Ryazanova T.K., Sudakova T.V. Analyzing health risks caused by contaminated drinking water (experience gained in Samara region). *Health Risk Analysis*. 2021; (2): 42–52. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.2.04> <https://elibrary.ru/hkfwzc>
15. Savina K.A., Pankratova Yu.A. Arsenic in drinking water as an individual health risk factor. In: *Health Risk Analysis – 2021. Environmental, Social, Medical, and Behavioral Aspects. In Conjunction with the International Meeting on Environment and health RISE-2021: Proceedings of the XI All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Volume 1 [Analiz riska zdorov'yu-2021. Vneshnesredovye, sotsial'nye, meditsinskii i povedencheskie aspekty. Sovmestno s mezhdunarodnoi vstrechei po okruzhayushchei srede i zdorov'yu RISE-2021: Materialy XI Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Tom 1]. Perm'*; 2021: 365–9. <https://elibrary.ru/qlqtz> (in Russian)
16. Kiku P.F., Kisilitsyna L.V., Bogdanova V.D., Sabirova K.M. Hygienic assessment of drinking water quality and risks to the health of the Primorsky territory population. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(1): 94–101. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-1-94-101> <https://elibrary.ru/ywahi>
17. Water quality standards based on article 4 of the Law on Water Supply Facilities. Available at: <https://www.mhlw.go.jp/shingi/2002/11/s1108-5f.html> (in Japanese)
18. GB 5749-2022 Standards for Drinking Water Quality. National Standard of the People's Republic of China. Available at: https://favv-afscs.be/sites/default/files/export/vtp/cn/03/20240606_GB5749_2022.pdf
19. IS 10500: 2012 Indian Standard. Drinking water – specification (Second Revision). Available at: <https://law.resource.org/pub/in/bis/S06/is.10500.2012.pdf>
20. Drinking water quality in Bangladesh. Bangladesh MICS 2012–2013: Water Quality Thematic Report, Government of Bangladesh, Bangladesh Bureau of Statistics, and UNICEF; 2018. Available at: <https://www.unicef.org/bangladesh/sites/unicef.org.bangladesh/files/2018-10/Drinking%20Water%20Quality%20in%20Bangladesh.pdf>
21. Abdulmutalimova T.O., Ramazanov O.M. Biomarkers of arsenic exposure in biogeochemical provinces. *Toxikologicheskii vestnik*. 2023; 31(6): 399–405. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2023-31-6-399-405> <https://elibrary.ru/ngauuf> (in Russian)
22. Stepanova N.Yu., Emelyanova A.V., Zubkova A.D. Risk assessment of high arsenic content in the drinking water of the Kazan city. In: *Ecology and Life Safety: Collection of Articles of the XXII International Scientific and Practical Conference [Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeystel'nosti: Sbornik statei XXII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Penza; 2022: 370–4. <https://elibrary.ru/lvqsgd> (in Russian)
23. Maksimova A.A., Chernykh A.V., Novikov D.A., Dultsev F.F., Derkachev A.S., Sukhorukova A.F., et al. Toxic elements in groundwater in the northern regions of the Ob-Zaysan folded region. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*. 2023; 334(5): 17–26. <https://doi.org/10.18799/24131830/2023/5/4033> <https://elibrary.ru/ywhexo> (in Russian)
24. Yandola N.I. Arsenic in natural waters of the eastern part of the Novosibirsk region. *Interesko Geo-Sibir'*. 2025; 2(3): 47–52. <https://doi.org/10.33764/2618-981X-2025-2-3-47-52> <https://elibrary.ru/eytzik> (in Russian)
25. Reutova N.V., Reutova T.V., Dreeva F.R., Khutuev A.M. Potentially toxic elements in the surface waters of the Cherek Bezengysky river basin. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2022; (5): 105–15. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2022-5-109-105-115> <https://elibrary.ru/xwlsdh> (in Russian)
26. Valeev T.K., Sulymanov R.A., Rafikova L.A., Baktybayeva Z.B., Rakhimova A.R., Allayarova G.R., et al. Environmental and hygienic risks to public health associated with drinking water from centralised water supply (on the example of agro-industrial districts of Bashkortostan). *Epokha nauki*. 2025; (42): 661–8. <https://elibrary.ru/xnrmvt> (in Russian)
27. Reutova N.V., Reutova T.V., Dreeva F.R. Natural and anthropogenic microelement pollution of the upper reaches of the Ardon river basin. *Geologiya i geofizika Yuga Rossii*. 2025; 15(2): 219–30. <https://doi.org/10.46698/VNC.2025.46.62.001> <https://elibrary.ru/cbupey> (in Russian)
28. Gorelkina A.I., Savinova L.N. Monitoring studies and systematization of data on the concentration of heavy metals in the Upa River (Tula). In: *Priority Directions of Science and Technology Development: Collection of Reports of the XXXV International Scientific and Practical Conference [Prioritetnye napravleniya razvitiya nauki i tekhnologii: Sbornik dokladov XXXV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Tula; 2024: 92–7. <https://elibrary.ru/rikupd> (in Russian)
29. Savinova L.N., Vekshina V.A., Gorelkina A.I. Forecast of the content of some heavy metals in the Upa River (Tula). In: *Priority Directions of Science and Technology Development: Collection of Reports of the XXXV International Scientific and Practical Conference [Prioritetnye napravleniya razvitiya nauki i tekhnologii: Sbornik dokladov XXXV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Tula; 2024: 97–105. <https://elibrary.ru/uauaews> (in Russian)
30. Ashurbekova T.N., Isaeva N.G., Murzaeva A.N., Musinova E.M., Gadzhimusaeva Z.G., Abduragimov R.A. Comparative analysis of artesian water quality. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2018; (3): 40–7. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2018-3-040-047> <https://elibrary.ru/yxswff> (in Russian)
31. WHO. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda; 2022. Available at: <https://who.int/publications/i/item/9789240045064>
32. Ashurbekova T.N., Musinova E.M., Gadzhimusaeva Z.G. Artesian water quality. *Izvestiya Dagestanskogo GAU*. 2019; (1): 10–5. <https://elibrary.ru/izyhcf> (in Russian)
33. Ashurbekova T.N., Gadzhimusaeva Z.G., Isaeva N.G., Musinova E.M., Abdulmalikov G.G., Mutuev M.U. Analysis of underground waters in village Bogatyrevka. *Izvestiya Dagestanskogo GAU*. 2020; (2): 7–11. <https://elibrary.ru/qrcfca> (in Russian)
34. Koldibekova Ju.V., Zemlyanova M.A., Pustovalova O.V., Peskova E.V. Negative impacts exerted by elevated arsenic concentrations in drinking water on biochemical parameters in children living in a specific geochemical province. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(8): 834–40. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-8-834-840> <https://elibrary.ru/tpyepn> (in Russian)
35. Yazikov E.G., Mishankin A.Yu., Osipova N.A., Filimonenko E.A., Karpenko Yu.A., Sobyatin Yu.P. Geochemical features of natural waters in the Vyun gold deposit (the Republic of Sakha (Yakutia)). *Inzhiniring georesursov*. 2021; 332(2): 176–89. <https://doi.org/10.18799/24131830/2021/2/3054> <https://elibrary.ru/lbmzfu> (in Russian)
36. Reutova N.V., Reutova T.V., Dreeva F.R., Khutuev A.M. Microelements in the surface waters of the Malka river basin and geochemical features of the region. *Geologiya i geofizika Yuga Rossii*. 2021; 11(3): 172–84. <https://doi.org/10.46698/VNC.2021.20.60.014> <https://elibrary.ru/kzjjij> (in Russian)

Сведения об авторах

Степанян Алекс Артурович, мл. науч. сотр. отделения коммунальной гигиены ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.stepanian@s-znc.ru

Ковшов Александр Александрович, канд. мед. наук, и. о. руководителя отд. гигиены, вед. науч. сотр. ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.kovshov@s-znc.ru

Исаев Даниил Сергеевич, зав. отделением коммунальной гигиены, мл. науч. сотр. ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: d.isaev@s-znc.ru

Шилов Виктор Васильевич, доктор мед. наук, гл. науч. сотр. ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: vshilov@inbox.ru

About the authors

Aleks A. Stepanyan, junior researcher at the Communal Hygiene Department, Northwest Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8153-1131> E-mail: a.stepanian@s-znc.ru

Aleksandr A. Kovshov, PhD (Medicine), acting head, Hygiene Department, leading researcher, Northwest Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9453-8431> E-mail: a.kovshov@s-znc.ru

Daniil S. Isaev, head, Communal Hygiene Department, junior researcher, Northwest Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-9165-1399> E-mail: d.isaev@s-znc.ru

Viktor V. Shilov, DSc (Medicine), Chief Researcher, Northwest Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3256-2609> E-mail: vshilov@inbox.ru



Абрамова В.А., Васюхина П.О., Алексеенко А.Н., Вокина В.А., Соседова Л.М.

Анализ цито- и генотоксичности водных экстрактов торфяного дыма *in vitro*

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 665826, Ангарск, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Дым природных пожаров (ПП) представляет собой сложную смесь твёрдых частиц (ТЧ) и токсичных газов, и вклад каждой фракции в общую токсичность изучен недостаточно. Особый интерес представляет торфяной дым специфического химического состава, выделяющийся при длительном тлении.

Материалы и методы. Экстракты торфяного дыма (ЭТД) получали путём барботирования дыма через культуральную среду DMEM с последующим разделением на нефилтрованный (НФ-ЭТД), содержащий ТЧ и растворимые газовые компоненты, и филтрованный (Ф-ЭТД), содержащий только водорастворимые газы. Полученные экстракты в разведениях 1 : 3, 1 : 1, 3 : 1 и без разведения использовали для экспозиции культуры фибробластов мыши 3T3-SV40. Цитотоксичность оценивали с помощью метода исключения красителя, метаболическую активность клеток — МТТ-тестом, фрагментацию и полногеномное метилирование ДНК — методом ДНК-комет. Качественный состав летучих соединений в НФ-ЭТД определяли методом газовой хромато-масс-спектрометрии.

Результаты. Статистически значимых различий в жизнеспособности клеток, фрагментации и полногеномном метилировании ДНК между опытными группами и контролем не выявлено, однако отмечена тенденция к дозозависимому снижению жизнеспособности и метаболической активности под действием НФ-ЭТД, отсутствующая для Ф-ЭТД. Уровень полногеномного метилирования ДНК при воздействии НФ-ЭТД был в 1,6 раза выше, чем при воздействии Ф-ЭТД. В химическом составе НФ-ЭТД идентифицированы летучие альдегиды C1–C4, преимущественно ацетальдегид и формальдегид. Другие летучие органические соединения не обнаружены.

Ограничения исследования. Исследование ограничено применением однократной 24-часовой экспозиции Ф-ЭТД и НФ-ЭТД на 3T3-SV40 с проведением качественного химического анализа компонентов дыма, исследованием его цитотоксичности, генотоксичности, способности вносить эпигенетические изменения и влиять на метаболическую активность клеток.

Заключение. Несмотря на отсутствие статистически значимых различий, выявленные тенденции указывают на возможный вклад ТЧ в цитотоксичность и эпигенетические эффекты торфяного дыма, что требует дальнейшего изучения, в том числе хронических экспозиций и количественного химического анализа.

Ключевые слова: торфяной дым; культура клеток; цитотоксичность; генотоксичность; полногеномное метилирование ДНК

Соблюдение этических стандартов. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ ВСИМЭИ (протокол № 7 от 15.12.2023 г.), проведено в соответствии с Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS N 123), директивой Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22.09.2010 г. о защите животных, использующихся для научных целей.

Для цитирования: Абрамова В.А., Васюхина П.О., Алексеенко А.Н., Вокина В.А., Соседова Л.М. Анализ цито- и генотоксичности водных экстрактов торфяного дыма *in vitro*. Гигиена и санитария. 2026; 105(8): 918–925. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-918-925> <https://elibrary.ru/smnwbq>

Для корреспонденции: Абрамова Вера Александровна, e-mail: tyutrina.v.a@yandex.ru

Вклад авторов: Абрамова В.А. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, статистическая обработка данных, написание текста, редактирование; Васюхина П.О. — сбор и обработка данных; Алексеенко А.Н. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных; Вокина В.А. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных; Соседова Л.М. — концепция и дизайн исследования, редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Работа выполнена по плану НИР в рамках государственного задания.

Поступила: 08.04.2026 / Принята к печати: 18.06.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Vera A. Abramova, Polina O. Vasyuhina, Anton N. Alekseenko, Vera A. Vokina, Larisa M. Sosedova Analysis of cyto- and genotoxicity of aqueous extracts of peat smoke *in vitro*

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 665826, Angarsk, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Wildfire smoke (WFS) is a complex mixture of particulate matter (PM) and toxic gases. Nevertheless, the contribution of each fraction to the overall toxicity remains poorly understood. Peat smoke, characterized by prolonged smoldering and a specific chemical composition, is of particular interest.

Materials and methods. Peat smoke extracts (PSE) were obtained by bubbling smoke through a DMEM culture medium, followed by separation into unfiltered (UF-PSE), containing PM and soluble gas components, and filtered (F-PSE), containing only water-soluble gases. The obtained extracts in dilutions of 1:3, 1:1, 3:1 and without dilution were used for exposure of 3T3-SV40 mouse fibroblast culture. Cytotoxicity was assessed using the dye exclusion method, cellular metabolic activity was assessed using the MTT assay, and fragmentation and whole-genome DNA methylation were assessed using the comet assay. The qualitative composition of volatile compounds in UF-PSE was determined using gas chromatography-mass spectrometry.

Results. No statistically significant differences in cell viability, fragmentation, or whole-genome DNA methylation were detected between the experimental and control groups. However, a trend toward a dose-dependent decrease in viability and metabolic activity was noted under UF-PSE, which was absent for F-PSE. The level of whole-genome DNA methylation under UF-PSE exposure was 1.6 times higher than under F-PSE. Volatile aldehydes C1–C4, primarily acetaldehyde and formaldehyde, were identified in the chemical composition of UF-PSE. No other volatile organic compounds were detected.

Limitations. The study is limited to the use of a single 24-hour exposure to F-PSE and UF-PSE on 3T3-SV40 with a qualitative chemical analysis of smoke components, a study of its cytotoxicity, genotoxicity, ability to introduce epigenetic changes and influence the metabolic activity of cells.

Conclusion. Although there were no statistically significant differences, the identified trends indicate a possible contribution of PM to the cytotoxicity and epigenetic effects of peat smoke, which requires further study, including chronic exposure and its quantitative chemical analysis.

Keywords: peat smoke; cell culture; cytotoxicity; genotoxicity, whole-genome DNA methylation

Compliance with ethical standards. The study was approved by the local ethics committee of the East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research (Protocol No. 7 of 12/15/2023), conducted in accordance with the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experiments or for Other Scientific Purposes (ETS N 123), Directive 2010/63/EC of the European Parliament and the Council of 22.09.2010 on the protection of animals used for scientific purposes.

For citation: Abramova V.A., Vasyuhina P.O., Alekseenko A.N., Vokina V.A., Sosedova L.M. Analysis of cyto- and genotoxicity of aqueous extracts of peat smoke *in vitro*. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(8): 918–925. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-918-925> <https://elibrary.ru/smnwbq> (In Russ.)

For correspondence: Vera A. Abramova, e-mail: tyutrina.v.a@yandex.ru

Contribution: Abramova V.A. — concept and design of research, data collection and processing, statistical data processing, text writing, editing; Vasyuhina P.O. — data collection and processing; Alekseenko A.N. — concept and design of research, data collection and processing; Vokina V.A. — concept and design of research, data collection and processing; Sosedova L.M. — concept and design of research, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: April 8, 2026 / Accepted: June 18, 2026 / Published: September 28, 2026

Введение

Природные пожары (ПП) относятся к наиболее значительным источникам выбросов загрязняющих веществ в атмосферу [1, 2]. В условиях изменения климата частота и интенсивность пожаров неуклонно растут. Согласно прогнозам, вследствие глобальных изменений температуры и режима осадков во многих регионах мира ожидается увеличение активности ПП [3], что делает изучение их последствий приоритетной задачей экологической медицины и токсикологии. Дым ПП представляет собой сложную смесь твёрдых частиц (ТЧ) и газов, показатели токсичности которой варьируются в зависимости от температуры горения, типа топлива, расстояния от источника и других факторов [4–6]. Так, например, Young T.M. и соавт. сравнили состав органических соединений в золе из городских и природных зон, пострадавших от лесного пожара [7]. Авторы показали, что вопреки ожиданиям наибольшие концентрации полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) наблюдались в золе из природной зоны. При воздействии экстрактов этой золы на моноцитарные клетки человека U937 было зафиксировано повышение уровней циклооксигеназы-2, интерлейкина-8, CYP1A1 (маркёра метаболизма ксенобиотиков) и активация арилуглеводородного рецептора, что свидетельствует о токсическом и воспалительном потенциале продуктов сгорания природной биомассы.

Температура оказывает существенное влияние на дымовые продукты всех источников. Известно, что тление приводит к преобладанию ТЧ, а при горении образуется больше газообразных выбросов. Эти закономерности подтверждены на различных видах топлива: дуб, торф, сосновая хвоя и сосновая древесина [6], эвкалипт [5]. Количественная оценка, проведённая в этом же исследовании, показала, что концентрация ТЧ при тлении может в десять раз превышать таковую при горении, тогда как уровни CO₂ и NO₂ в 1000 раз выше в условиях горения.

В работе Deering-Rice C.E. и соавт. было показано, что активация канала транзитного рецепторного потенциала TRPV3, участвующего в клеточном ответе на компоненты дыма и рассматриваемого как ранний маркёр пневмотоксичности, зависит от вида сжигаемой древесины [8], что подчёркивает необходимость сравнительного анализа различных источников дыма. В связи с этим результаты, полученные для одного типа пожаров, не могут быть экстраполированы на другие. Особый интерес представляет исследование торфяного дыма, образующегося при длительном тлении.

Большинство исследований сосредоточено на количественном измерении концентраций выбрасываемых газов и ТЧ [9–11], известных своим неблагоприятным биологическим воздействием, однако остаётся неясным, является ли причиной этого воздействия более высокая концентра-

ция самих частиц (особенно мелкодисперсной фракции) с адсорбированными на их поверхности токсичными соединениями или же действие газообразных выбросов. Поскольку разделить эти факторы в эпидемиологических исследованиях практически невозможно, для решения данной задачи широко используются экспериментальные подходы *in vivo* и *in vitro*.

Модели *in vitro* широко применяются для скрининга начальных токсикологических эффектов. Эти системы дают возможность изучать клеточные и молекулярные механизмы токсичности, что необходимо для понимания патогенетических путей развития болезней, особенно при использовании различных типов клеток. Идентификация наиболее опасных компонентов выбросов позволяет получить данные, необходимые для научного обоснования нормативных рекомендаций в области общественного здравоохранения и профилактики. В настоящем исследовании применение модели *in vitro* в контролируемых условиях направлено на идентификацию вклада различных компонентов дыма в токсический эффект путём использования нефилтрованных и филтрованных экстрактов.

В качестве клеточной модели для оценки токсичности дыма были выбраны фибробласты. Эти клетки играют ключевую роль в репарации тканей после воспалительных и токсических повреждений лёгких, участвуя в синтезе компонентов внеклеточного матрикса и регуляции процессов заживления. Хроническое повреждение альвеолярного эпителия, сопровождающееся воспалением и последующим фиброзом, представляет собой единый динамический процесс, в котором фибробластам принадлежит роль центрального звена. Данные о токсическом действии компонентов дыма на макрофаги и эпителиальные клетки обширны [12–14], при этом исследования, посвящённые влиянию на фибробласты, единичны. Исследование цитотоксического, генотоксического и эпигенетического действия экстрактов торфяного дыма на фибробластах позволит оценить потенциальное влияние компонентов дыма на процессы репарации лёгочной ткани.

Цель настоящего исследования — анализ цитотоксичности, уровня фрагментации и метилирования ДНК фибробластов методом ДНК-комет после воздействия нефилтрованного и филтрованного водного экстракта торфяного дыма (ЭТД).

Материалы и методы

ЭТД получали с использованием ранее разработанного нами способа оценки токсичности продуктов горения биомассы [15]. Торф массой 20 г подвергали термодеструкции, а образующийся дым направляли в экспозиционную камеру объёмом 200 л, где путём разбавления чистым воздухом достигали целевого уровня задымления: кислород (O₂) 19,1

(19; 19,2)%, монооксид углерода (CO) — 21 (13; 28) мг/м³, РМ_{2,5} — 0,09 (0,04; 0,19) мг/м³. В пробах воздуха каждые 15 мин на газоанализаторе ГАНК-4 (НПО «Прибор», Россия) регистрировали эти показатели с использованием анализатора аэрозоля DustTrak 8533 (TSI Inc., США).

Основной поток торфяного дыма, выходящего из экспозиционной камеры при пониженном давлении, создаваемом с помощью двух аспирационных насосов (скорость потока 5 л/мин), был разделён с помощью соединительной V-образной стеклянной трубки. На одном конце трубки был установлен фильтродержатель закрытого типа с фильтром АФА-ВП (коэффициент проскока для частиц размером 0,1 мкм 0,1%), позволяющим получить преимущественно водорастворимые газовые компоненты. Основной поток и отфильтрованный поток торфяного дыма барботировали соответственно в две отдельные аликвоты питательной среды DMEM (по 5 мл) в течение 30 мин при температуре плюс 25 °С, получая при этом Ф-ЭТД и НФ-ЭТД. Затем pH полученных экстрактов доводили до pH среды DMEM, пробы аликвотировали и хранили при температуре минус 70 °С. НФ-ЭТД и Ф-ЭТД, полученные после барботирования, принимали за 100%-е исходные растворы (без разведения). Для оценки концентрационной зависимости эффектов готовили рабочие разведения экстрактов на питательной среде DMEM. Обозначения разведений приведены в формате «экстракт : среда» (объём/объём):

- 1 : 3 — 1 часть экстракта и 3 части среды (соответствует 25%-му содержанию исходного экстракта);
- 1 : 1 — 1 часть экстракта и 1 часть среды (соответствует 50%-му содержанию исходного экстракта);
- 3 : 1 — 3 части экстракта и 1 часть среды (соответствует 75%-му содержанию исходного экстракта);
- без разведения — исходный 100%-й экстракт.

Все разведения готовили непосредственно перед внесением в клетки.

Идентификацию летучих органических соединений и альдегидов в полученных экстрактах проводили методом газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС) с помощью системы Agilent 5975C с одноквадрупольным масс-спектрометром, оснащённой капиллярной колонкой HP-5MS (30 м × 0,25 мм × 0,25 мкм), автосамплером жидких образцов и дозатором равновесного пара ДРП-4.

Методика выполнения эксперимента для идентификации летучих органических соединений. Во флакон для парового анализа объёмом 20 мл помещали 1 мл НФ-ЭТД, герметично закрывали алюминиевой крышкой с тефлоново-силиконовой септой и термостатировали в дозаторе ДРП-4 при температуре плюс 80 °С в течение 25 мин. Затем газоплотным шприцем отбирали 0,6 мл равновесной паровой фазы и вводили в инжектор хромато-масс-спектрометра.

Методика выполнения эксперимента для идентификации летучих альдегидов. Во флакон объёмом 2 мл помещали 1 мл НФ-ЭТД и 100 мкл 0,5%-го водного раствора о-пентафторбензилгидроксиламина (ПФБГА), выдерживали при температуре плюс 60 °С в течение 30 мин для дериватизации. После охлаждения продукты экстрагировали изоктаном (1 мл) в течение 1 мин. По завершении разделения фаз органический слой отбирали и помещали во флакон для жидких образцов. Идентификацию соединений проводили путём сравнения полученных масс-спектров с библиотечными базами данных NIST и линейных индексов удерживания с данными литературы. Для расчёта линейных индексов удерживания использовали смеси н-алканов C10–C13.

Трансформированные эмбриональные фибробласты мыши 3T3-SV40 получены из Российской коллекции клеточных культур позвоночных Института цитологии РАН. Клетки культивировали в среде DMEM (ООО «Биолот», Россия) с добавлением 10% эмбриональной бычьей сыворотки (Research Grade, Новая Зеландия) в присутствии 100 Ед/мл пенициллина и 100 мкг/мл стрептомицина (ООО «Биолот», Россия). До воздействия ЭТД фибробласты 3T3-SV40 инкубировали в лунках 96-луночного планшета

в посевной концентрации 100 тыс. клеток на лунку планшета в течение 24 ч в условиях 5%-го CO₂ при температуре плюс 37 °С для прикрепления ко дну планшета и образования монослоя. Клетки использовали между 6–12 пассажами.

Цитотоксическое действие ЭТД на клетки фибробластов 3T3-SV40 оценивали с помощью теста на исключение красителя 0,4%-го трипанового синего, а влияние на метаболическую активность — с применением МТТ-теста. Эксперимент проводили в четырёх независимых опытах с четырьмя параллельными пробами для всех исследуемых разведений. В качестве контроля использовали лунки с интактными клетками, а в качестве холостой пробы — лунки с питательной средой без клеток. После формирования монослоя культуральную среду удаляли и в лунки вносили по 100 мкл Ф-ЭТД и НФ-ЭТД. Далее проводили анализ согласно протоколу, описанному в нашей работе [16]. Оценку результатов МТТ-теста проводили путём сопоставления оптической плотности в опытных и контрольных лунках за вычетом среднего значения холостой пробы.

Исследование фрагментации ДНК методом ДНК-комет в щелочной версии проводили также после 24-часовой инкубации культуры фибробластов с НФ-ЭТД и Ф-ЭТД [17, 18]. Уровень полногеномного метилирования оценивали методом ДНК-комет с модификациями с использованием рестриктаз MspI и HpaII («СибЭнзим», Россия) [19]. При использовании обеих методик клетки открепляли с помощью раствора трипсин-версен (1 : 3), центрифугировали и двукратно промывали питательной средой DMEM для удаления раствора трипсин-версена. Для анализа одного образца использовали 60 мкл раствора с промытыми фибробластами. Окрашивали флуоресцирующим красителем SYBR Green I (Invitrogen, США). Визуализацию проводили на микроскопе Olympus BX-51, совмещённом с цифровой камерой высокого разрешения Olympus RX-420 (OLYMPUS Co., Япония) при увеличении ×100. Изображения ДНК-комет анализировали с использованием программного обеспечения CASP 1.2.2 в количестве 100 ядер для каждого стекла. В качестве показателя фрагментации ДНК использовали процентное содержание ДНК в хвосте ДНК-комет (%ДНК в хвосте комет). Уровень полногеномного метилирования высчитывали по формуле (1):

$$100 - (\text{HpaII} / \text{MspI} \cdot 100), \quad (1)$$

где HpaII и MspI — процент ДНК в хвосте кометы на препаратах, обработанных HpaII и MspI соответственно.

Для принятия решения о виде распределения признаков использовали *W*-критерий Шапиро — Уилка. Для сравнения независимых групп применяли *U*-критерий Манна — Уитни. Данные представлены как медиана и интерквартильные размахи (Q₁; Q₃).

Результаты

Качественный химический анализ летучих соединений проводили для НФ-ЭТД, поскольку данный образец содержит полный спектр компонентов дыма (как ТЧ, так и водорастворимые газовые соединения). На хроматограмме (рис. 1) значимых пиков, соответствующих летучим органическим соединениям, не обнаружено.

В ходе химического анализа в НФ-ЭТД были идентифицированы летучие альдегиды C1–C4, среди которых преобладали формальдегид и ацетальдегид (рис. 2).

Из таблиц видно, что в меньших количествах присутствовали пропаналь, изобутаналь и ацетон.

При оценке цитотоксичности методом исключения красителя статистически значимых различий в жизнеспособности клеток между контролем (94,64%) и группами, экспонированными Ф-ЭТД и НФ-ЭТД во всех исследованных разведениях, не выявлено (рис. 3). Однако следует обратить внимание на тенденцию к дозозависимому снижению жизнеспособности клеток в зависимости от типа экстракта. При воздействии Ф-ЭТД показатель жизнеспособности

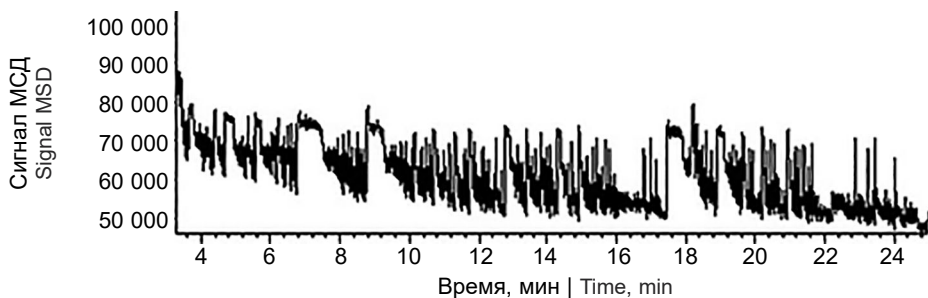


Рис. 1. Хромограмма летучих органических соединений водной вытяжки от НФ-ЭТД.

Fig. 1. Chromatogram of volatile organic compounds of the aqueous extract from UF-PSE.

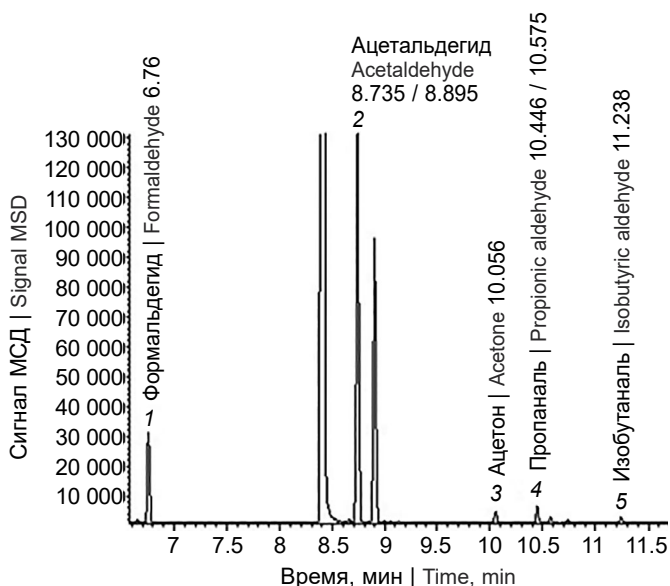


Рис. 2. Хромограмма альдегидов в виде ПФБО водной вытяжки от НФ-ЭТД.

Fig. 2. Chromatogram of aldehydes in the form of o-pentafluorobenzylhydroxylamine aqueous extract from UF-PSE.

оставался стабильным при всех разведениях, составляя 88,7–89,89%, что демонстрирует отсутствие дозозависимого эффекта, а при воздействии НФ-ЭТД наблюдалось постепенное снижение жизнеспособности по мере увеличения концентрации: с 91,17% (при разведении 1 : 3) до 82,74% (без разведения). Наиболее выраженное снижение начиналось с разведения 1 : 1. При этом в группах НФ-ЭТД с разведением 1 : 3 и НФ-ЭТД с разведением 1 : 1 жизнеспособность клеток сохранялась на уровне, сопоставимом с группами, экспонированными Ф-ЭТД.

Перед МТТ-тестом была выполнена световая микроскопия планшета с клетками после 24-часовой инкубации. В лунках, подвергавшихся инкубации с Ф-ЭТД и НФ-ЭТД без разведения, монослой соответствовал контролю: клет-

ки имели вытянутую форму, плотно прилегали друг к другу, зоны разрушения отсутствовали.

По результатам МТТ-теста наблюдалось плавное снижение метаболической активности клеток при применении ЭТД от наименьшего разведения (1 : 3) до наибольшего (без разведения). Наименьшее ингибирование метаболической активности по сравнению с контролем вызывал Ф-ЭТД в разведении 1 : 3 (снижение на 5%), в то время как НФ-ЭТД в том же разведении снижал данный показатель на 8%. Наиболее выраженное снижение данного показателя зафиксировано при инкубации клеток с Ф-ЭТД и НФ-ЭТД без разведения – на 16 и 21% соответственно (рис. 4).

Статистический анализ не выявил достоверных различий ($p = 0,31$) между эффектами Ф-ЭТД и НФ-ЭТД в разведениях 1 : 3, 1 : 1 и 3 : 1. При сравнении эффектов экстрактов без разведения отмечена тенденция к различию ($p = 0,06$). Таким образом, несмотря на отсутствие статистической значимости для отдельных разведений, наблюдаемая тенденция, согласующаяся с данными о жизнеспособности клеток, указывает на более выраженное влияние НФ-ЭТД на метаболическую активность клеток.

Поскольку выраженное цитотоксическое действие отсутствовало даже при максимальной концентрации экстрактов, дальнейший анализ фрагментации и метилирования ДНК проводили только для неразведенных образцов Ф-ЭТД и НФ-ЭТД. Уровень фрагментации ДНК в фибробластах, экспонированных Ф-ЭТД ($p = 0,67$) и НФ-ЭТД ($p = 0,89$), не имел достоверных отличий от контроля. Для Ф-ЭТД этот показатель составил 3,25 (2,69; 3,95)%, для НФ-ЭТД – 3,96 (3,45; 4,6)% ДНК в хвосте комет.

Уровень полногеномного метилирования фибробластов при воздействии ЭТД без разведения в группе НФ-ЭТД составил 23,5 (16,2; 24,8)%, что в 1,6 раза превышает медианное значение данного показателя в группе Ф-ЭТД – 14,5 (10,8; 20,9)%. Однако статистически значимых различий данного показателя в контрольной и опытных группах не обнаружено, уровень значимости для Ф-ЭТД составил $p = 0,89$, а для НФ-ЭТД $p = 0,47$.

Согласно результатам, представленным на рис. 5, однократное воздействие ЭТД без разведения не оказывает значимого влияния на показатели генотоксичности и эпигенетического статуса в культуре фибробластов *in vitro*.

Результаты качественного анализа НФ-ЭТД

Results of qualitative analysis of UF-PSE

№ пика Peak number	Идентифицируемое вещество Identifiable substance	Время удерживания, мин Retention time, min	Характерные ионы, m/z Characteristic ions, m/z	Индекс удерживания Retention Index	Индекс удерживания по данным литературы [20] Retention index according to literature data [20]
1	Формальдегид Formaldehyde	6.76	181, 195	1009	1008
2	Ацетальдегид Acetaldehyde	8.735 8.895	181, 195, 209, 239	1104 1112	1102 1111
3	Ацетон Acetone	10.056	181, 195, 206, 236	1167	1166
4	Пропаналь Propionic aldehyde	10.446 10.575	181, 195, 223, 236	1186 1192	1185 1191
5	Изобутаналь Isobutyric aldehyde	11.238	181, 195, 250	1225	1222

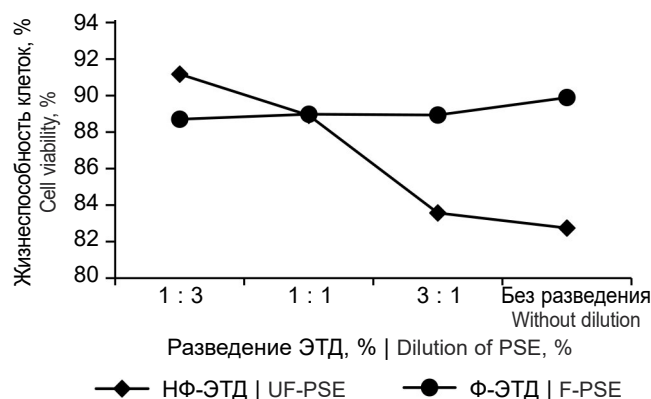


Рис. 3. Зависимость жизнеспособности клеток от типа и разведения ЭТД.

Fig. 3. Dependence of cell viability on the type and dilution of PSE.

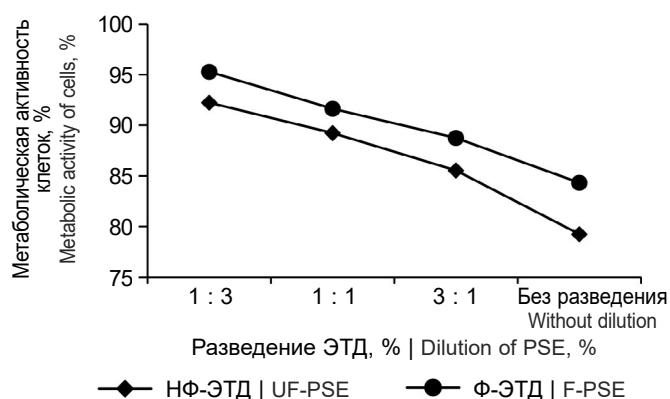


Рис. 4. Метаболическая активность клеток после воздействия Ф-ЭТД и НФ-ЭТД.

Fig. 4. Metabolic activity of cells after exposure to F-PSE and UF-PSE.

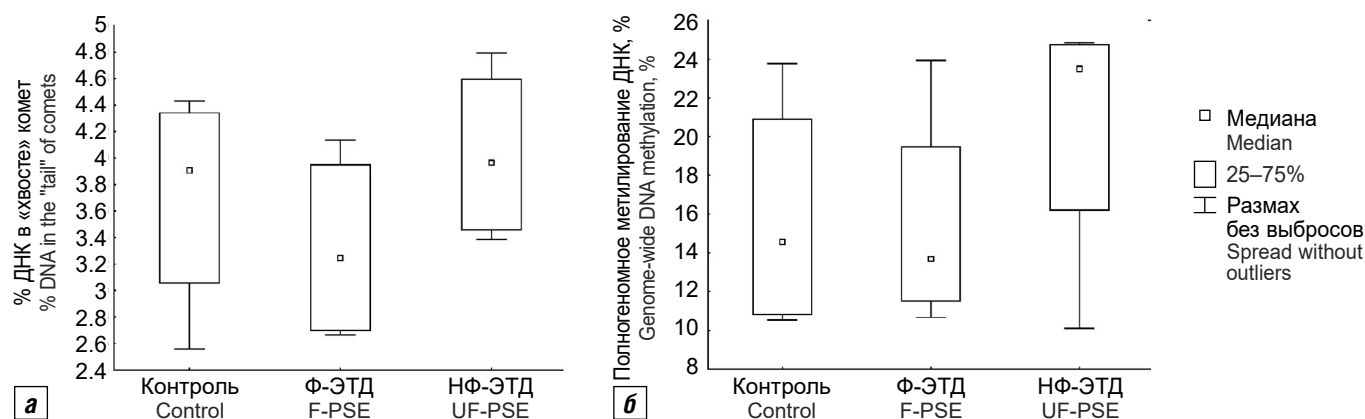


Рис. 5. Уровень фрагментации ДНК (а) и полногеномного метилирования ДНК (б) в фибробластах после инкубации с Ф-ЭТД и НФ-ЭТД.

Fig. 5. Level of DNA fragmentation (a) and whole-genome DNA methylation (b) in fibroblasts after incubation with F-PSE and UF-PSE. Ф-ЭТД / UF-PSE.

Обсуждение

Исследования, в которых использовались методы *in vitro* для изучения токсических эффектов дыма от ПП, немногочисленны. В обзорах литературы [4, 21] не только обобщены имеющиеся данные о токсичности дыма ПП, но и выявлен ряд существенных недостатков проведенных исследований. К числу основных проблем были отнесены: фрагментарность данных о химическом составе дыма (например, Wegesser T.C. и соавт. анализировали только компонент ПАУ, тогда как данные о других химических компонентах воздействия дыма ПП не изучались [22]); отсутствие работ, оценивающих токсичность дыма и его составляющих (вклад газовой фазы и ТЧ) по отдельности; отсутствие данных о долгосрочных эффектах; значительная вариабельность экспериментальных подходов, затрудняющая сравнение результатов. Для устранения этих недостатков Black C. с соавт. предложили контролируемые экспериментальные исследования в сочетании с детальным анализом химического состава дыма, Dong T.T.T. и соавт. — разработку стандартизированных протоколов для получения сопоставимых данных и, что особенно важно, оценку токсичности дыма ПП как сложной многокомпонентной смеси.

Контролируемые экспериментальные исследования с применением моделей *in vitro* позволяют выявить ряд функциональных изменений в клетках. Так, при воздействии дыма от сжигания ели, сосны и лиственницы наблюдались блокировка пути аутофагии и снижение функций мышиных макрофагов, полученных из костного мозга, что ассоциировано с патогенезом ХОБЛ, а также снижение

активации лимфоцитов, характерное для повышенной чувствительности к бактериальным инфекциям [12]. Сходные эффекты были обнаружены на эпителиальных клетках дыхательных путей при использовании дыма от сжигания эвкалипта и акации [13], а также при воздействии $PM_{10-2.5}$ и $PM_{2.5-1}$ индуцируют в мышиных макрофагах RAW264.7 преимущественно воспалительный ответ (продукцию фактора некроза опухоли альфа, интерлейкина-6, макрофагального воспалительного белка-2), тогда как ультрамелкие частицы ($PM_{0.2}$) обладают более высокой апоптотической активностью [27]. Эти данные подтверждают, что частицы разного размера могут активировать различные сигнальные пути и вызывать качественно разные клеточные ответы. В настоящем исследовании мы не проводили фракционирование частиц по размеру, однако использовали фильтрацию для разделения ТЧ и газовой фазы, что позволило оценить вклад каждой фракции в отдельности.

Важную роль в токсичности ТЧ играет их размер. Jalava P.I. и соавт. показали, что фракции частиц ($PM_{10-2.5}$ и $PM_{2.5-1}$) индуцируют в мышиных макрофагах RAW264.7 преимущественно воспалительный ответ (продукцию фактора некроза опухоли альфа, интерлейкина-6, макрофагального воспалительного белка-2), тогда как ультрамелкие частицы ($PM_{0.2}$) обладают более высокой апоптотической активностью [27]. Эти данные подтверждают, что частицы разного размера могут активировать различные сигнальные пути и вызывать качественно разные клеточные ответы. В настоящем исследовании мы не проводили фракционирование частиц по размеру, однако использовали фильтрацию для разделения ТЧ и газовой фазы, что позволило оценить вклад каждой фракции в отдельности.

В работе Ihanola T. и соавт. на клетках человеческого альвеолярного эпителия A549 и мышиных макрофагах

RAW264.7 исследована генотоксичность древесного дыма двух типов древесины [28]. Авторы наблюдали статистически незначимое увеличение по сравнению с контролем количества разрывов цепей ДНК при воздействии как нефилтрованного дыма, так и фильтрованного через НЕРА-фильтр, что согласуется с нашими данными об отсутствии значимых изменений уровня фрагментации ДНК в фибробластах после однократного воздействия экстрактов торфяного дыма. Наибольшее повреждение в исследовании [28] вызывал нефилтрованный дым ели ($p = 0,058$), а в случае исследования дыма сосны наблюдался сходный уровень повреждения ДНК при воздействии фильтрованного и нефилтрованного дыма. Авторы отмечают, что выбросы от сжигания сосны (концентрация $PM_{10} = 7,7 \pm 6,5$ мг/м³) характеризовались большим размером частиц и более высокой массовой концентрацией по сравнению с елью (концентрация $PM_{10} = 4,3 \pm 5,1$ мг/м³), что могло повлиять на различия в генотоксичности. Это наблюдение согласуется с данными других исследователей о более высокой токсичности мелких фракций ТЧ [21, 25].

Таким образом, несмотря на наличие отдельных работ, посвящённых токсичности дыма ПП, исследования, направленные на дифференциацию эффектов ТЧ и газовой фазы для такого вида топлива, как торф, практически отсутствуют. Торфяные пожары, моделируемые в настоящем исследовании, представляют особый интерес, поскольку они характеризуются длительным тлением, высоким выходом ТЧ и специфическим набором ПАУ и металлов [6]. В отличие от исследований, в которых использовали частицы, собранные из атмосферного воздуха [27], или золу, собранную на пепелищах [7], мы работали с экстрактами, полученными непосредственно при сжигании торфа в контролируемых условиях, что позволило минимизировать влияние посторонних факторов и сосредоточиться на компонентах, специфичных именно для торфяного дыма.

Проведённая в нашем эксперименте оценка цитотоксичности торфяного дыма с использованием метода исключения красителя и МТТ-теста не выявила статистически значимых различий между контролем и группами, экспонированными Ф-ЭТД и НФ-ЭТД во всех исследованных разведениях. Было установлено, что газовая фаза торфяного дыма (Ф-ЭТД) сама по себе способна вызывать умеренное снижение метаболической активности клеток (до 16% при максимальной концентрации), однако присутствие ТЧ усиливает этот эффект (до 21% для НФ-ЭТД). Вместе с тем важно отметить тенденцию к дозозависимому снижению жизнеспособности и метаболической активности клеток под действием НФ-ЭТД, тогда как для Ф-ЭТД такая зависимость отсутствовала. Можно предположить, что ТЧ в составе НФ-ЭТД вносят дополнительный вклад в цитотоксический эффект. Частицы, выступая в роли векторов для адсорбированных токсичных веществ и индукторов окислительного стресса, усиливают повреждение клеточных мембран и митохондрий, что приводит к большему снижению жизнеспособности клеток по сравнению с действием Ф-ЭТД. Вероятно, более выраженное цитотоксическое действие НФ-ЭТД обусловлено сочетанным эффектом растворимых токсикантов и ТЧ. Методом ДНК-комет не выявлено статистически значимого увеличения фрагментации ДНК в фибробластах после воздействия как Ф-ЭТД, так и НФ-ЭТД без разведения. Полученный результат несколько расходится с данными [14, 24, 25], которые наблюдали повреждение ДНК клеток человеческого альвеолярного эпителия A549, THP-1 линии моноцитарных клеток и мышинных макрофагов RAW264.7 при воздействии ТЧ древесного дыма. Возможное объяснение заключается в использовании различных клеточных моделей, концентраций и способов экспозиции. Кроме того, в указанных работах, как правило, применяли частицы, собранные на фильтры и ресуспендированные в среде, что могло приводить к агрегации и изменению их биодоступности. В нашем исследовании экспозиция осуществлялась путём барботирования дыма через культуральную среду, что не приводило к агрегации частиц.

Данные химического анализа позволяют уточнить возможные механизмы наблюдаемых эффектов. Идентифицированные в НФ-ЭТД альдегиды (ацетальдегид, формальдегид) являются генотоксичными соединениями, способными вызывать образование ДНК-аддуктов и разрывы цепей [29]. Данные соединения также известны как индукторы окислительного стресса и воспаления, способные повреждать клеточные мембраны и митохондрии [30]. Однако в представленной работе значимого увеличения фрагментации ДНК не зарегистрировано. Кроме того, отсутствие в водной фазе других летучих органических соединений, потенциально обладающих генотоксической активностью, подтверждает, что в данной экспериментальной модели основным фактором, влияющим на целостность генома, являются ТЧ, а не водорастворимые газовые компоненты. Предположительно, в условиях эксперимента (барботирование дыма через культуральную среду) данные соединения либо не улавливаются водной фазой, либо их концентрация ниже предела обнаружения метода.

Воздействие НФ-ЭТД без разведения привело к 1,6-кратному повышению уровня метилирования по сравнению с Ф-ЭТД (23,5% против 14,5%), однако эти различия не достигли статистической значимости. Полученные результаты позволяют предположить, что ТЧ торфяного дыма могут индуцировать эпигенетические перестройки даже при отсутствии выраженной цитотоксичности и генотоксичности, что требует дальнейшего изучения, в том числе при хроническом воздействии. Тем не менее выявленная тенденция согласуется с данными [26], которые продемонстрировали изменения в метилировании ДНК (преимущественно гипометилирование) в клетках лёгочного эпителия человека BEAS-2B в результате воздействия ТЧ. Авторы связывали эти изменения с активацией сигнальных путей (в частности, Wnt/ β -катенин, PI3K/Akt и гипоксия-индуцируемого фактора), ассоциированных с астмой и раком лёгких.

Отсутствие количественного анализа содержания альдегидов не позволяет установить концентрационную зависимость между содержанием этих соединений и наблюдаемыми биологическими эффектами. Поэтому в дальнейших исследованиях должны использоваться альтернативные методы сбора газовой фазы (например, экспозиция клеток на границе «воздух – жидкость»), позволяющие сохранить летучие компоненты, а также количественное определение идентифицированных альдегидов и других потенциально значимых соединений (ПАУ, металлы) для установления их вклада в токсический эффект.

Заключение

В настоящем исследовании впервые проведён сравнительный анализ цитотоксического, генотоксического и эпигенетического действия Ф-ЭТД и НФ-ЭТД на фибробластах мыши 3T3-SV40. Установлено, что однократное воздействие экстрактов не вызывает статистически значимых изменений жизнеспособности клеток, фрагментации и метилирования ДНК. Вместе с тем выявлена тенденция к более выраженному дозозависимому снижению метаболической активности под действием НФ-ЭТД, содержащего ТЧ, по сравнению с Ф-ЭТД. Обнаружено 1,6-кратное повышение уровня метилирования ДНК при воздействии НФ-ЭТД, хотя и не достигшее статистической значимости, что согласуется с данными литературы об эпигенетических эффектах ТЧ и указывает на потенциальную способность компонентов торфяного дыма индуцировать эпигенетические перестройки даже в отсутствие выраженной цитотоксичности и генотоксичности. Идентифицированные альдегиды, вероятно, вносят дополнительный вклад, однако их количественная оценка и изучение синергических с ТЧ эффектов требуют дальнейших исследований. Полученные результаты обосновывают необходимость продолжения экспериментов, направленных на изучение хронического воздействия торфяного дыма.

Литература

(п.п. 1–14, 19, 21–30 см. References)

15. Вокина В.А., Абрамова В.А., Соседова Л.М. Способ оценки токсичности продуктов горения биомассы. Патент РФ №2855752 С1; 2025.
16. Абрамова В.А., Вокина В.А., Соседова Л.М. Исследование цитотоксичности экстракта торфяного дыма на культуре клеток 3T3-SV40. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(11): 1549–53. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-11-1549-1553> <https://elibrary.ru/hskznr>
17. Дурнев А.Д., Жанатаев А.К., Анисина Е.А., Сиднева Е.С., Никитина В.А., Оганесянц Л.А. и др. Применение метода щелочного геля-электрофореза изолированных клеток для оценки генотоксических свойств природных и синтетических соединений: Методические рекомендации. М.; 2006. <https://elibrary.ru/sevvqt>
18. Дурнев А.Д., Меркулов В.А., Жанатаев А.К., Никитина В.А., Воронина Е.С., Серединин С.Б. Методические рекомендации по оценке ДНК-повреждений методом щелочного геля-электрофореза отдельных клеток в фармакологических исследованиях. В кн.: *Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть 1*. М.: Гриф и К; 2012: 115–28. <https://elibrary.ru/wxwgpv>
20. Алексеев А.Н., Журба О.М., Вокина В.А., Меринов А.В., Шайхметов С.Ф. Методические особенности хромато-масс-спектрометрической идентификации органических соединений в воздушной среде при ландшафтных пожарах. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(9): 1103–10. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-9-1103-1110> <https://elibrary.ru/txfhki>
1. Chen L.W., Moosmüller H., Arnott W.P., Chow J.C., Watson J.G., Susott R.A., et al. Emissions from laboratory combustion of wildland fuels: emission factors and source profiles. *Environ. Sci. Technol.* 2007; 41(12): 4317–25. <https://doi.org/10.1021/es062364i>
2. McMeeking G.R., Kreidenweis S.M., Baker S., Carrico C.M., Chow J.C., Collett Jr. J.L., et al. Emissions of trace gases and aerosols during the open combustion of biomass in the laboratory. *J. Geophys. Res.* 2009; 114(D19): D19210. <https://doi.org/10.1029/JD011836> <https://elibrary.ru/naashl>
3. Reid C.E., Brauer M., Johnston F.H., Jerrett M., Balme J.R., Elliott C.T. Critical review of health impacts of wildfire smoke exposure. *Environ. Health Perspect.* 2016; 124(9): 1334–43. <https://doi.org/10.1289/ehp.1409277> <https://elibrary.ru/xtgufv>
4. Black C., Tesfaigzi Y., Bassein J.A., Miller L.A. Wildfire smoke exposure and human health: Significant gaps in research for a growing public health issue. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 2017; 55: 186–95. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2017.08.022> <https://elibrary.ru/yjckqe>
5. Hargrove M.M., Kim Y.H., King C., Wood C.E., Gilmour M.I., Dye J.A., et al. Smoldering and flaming biomass wood smoke inhibit respiratory responses in mice. *Inhal. Toxicol.* 2019; 31(6): 236–47. <https://doi.org/10.1080/08958378.2019.1654046>
6. Kim Y.H., Warren S.H., Krantz Q.T., King C., Jaskot R., Preston W.T., et al. Mutagenicity and lung toxicity of smoldering vs. flaming emissions from various biomass fuels: implications for health effects from wildland fires. *Environ. Health Perspect.* 2018; 126(1): 017011. <https://doi.org/10.1289/ehp2200>
7. Young T.M., Black G.P., Wong L., Blossies C.S., Fiehn O., He G., et al. Identifying toxicologically significant compounds in urban wildfire ash using in vitro bioassays and high-resolution mass spectrometry. *Environ. Sci. Technol.* 2021; 55(6): 3657–67. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c06712> <https://elibrary.ru/spdtbg>
8. Deering-Rice C.E., Nguyen N., Lu Z., Cox J.E., Shapiro D., Romero E.G., et al. Activation of TRPV3 by wood smoke particles and roles in pneumotoxicity. *Chem. Res. Toxicol.* 2018; 31(5): 291–301. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.7b00336> <https://elibrary.ru/ygwfcp>
9. Garcia-Hurtado E., Pey J., Borrás E., Sánchez P., Vera T., Carratalá A., et al. Atmospheric PM and volatile organic compounds released from Mediterranean shrubland wildfires. *Atmos. Environ.* 2014; 89: 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.02.016>
10. Junquera V., Russell M.M., Vizuete W., Kimura Y., Allen D. Wildfires in eastern Texas in August and September 2000: emissions, aircraft measurements, and impact on photochemistry. *Atmos. Environ.* 2005; 39(27): 4983–96. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.05.004>
11. Reisen F., Brown S., Cheng M. Air toxics in bushfire smoke: firefighter's exposure during prescribed burns. *For. Ecol. Manag.* 2006; 234(Suppl.): S144. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.08.191>
12. Migliaccio C.T., Kobos E., King Q.O., Porter V., Jessop F., Ward T. Adverse effects of wood smoke PM(2.5) exposure on macrophage functions. *Inhal. Toxicol.* 2013; 25(2): 67–76. <https://doi.org/10.3109/08958378.2012.756086>
13. Roscioli E., Hamon R., Lester S.E., Jersmann H.P.A., Reynolds P.N., Hodge S. Airway epithelial cells exposed to wildfire smoke extract exhibit dysregulated autophagy and barrier dysfunction consistent with COPD. *Respir. Res.* 2018; 19(1): 234. <https://doi.org/10.1186/s12931-018-0945-2> <https://elibrary.ru/gggcwn>
14. Danielsen P.H., Møller P., Jensen K.A., Sharma A.K., Wallin H., Bossi R., et al. Oxidative stress, DNA damage, and inflammation induced by ambient air and wood smoke particulate matter in human A549 and THP-1 cell lines. *Chem. Res. Toxicol.* 2011; 24(2): 168–84. <https://doi.org/10.1021/tx100407m>
15. Vokina V.A., Abramova V.A., Sosodova L.M. Method for assessing the toxicity of biomass combustion products. Patent RF №2855752 С1; 2025. (in Russian)
16. Abramova V.A., Vokina V.A., Sosodova L.M. Evaluation of cytotoxicity of peat smoke extract on 3T3-SV40 cell culture. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2025; 104(11): 1549–53. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-11-1549-1553> <https://elibrary.ru/hskznr> (in Russian)
17. Durnev A.D., Zhanataev A.K., Anisina E.A., Sidneva E.S., Nikitina V.A., Oganesyants L.A., et al. Application of the alkaline gel electrophoresis method of isolated cells for assessing the genotoxic properties of natural and synthetic compounds: Methodological recommendations. Moscow; 2006. <https://elibrary.ru/sevvqt> (in Russian)
18. Durnev A.D., Merkulov V.A., Zhanataev A.K., Nikitina V.A., Voronina E.S., Seredenin S.B. Methodological recommendations for the assessment of DNA damage by alkaline gel electrophoresis of individual cells in pharmacological studies. In: *Guidelines for Conducting Preclinical Studies of Medicinal Products. Part 1 (Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovaniy lekarstvennykh sredstv. Chast' 1)*. Moscow: Grif i K; 2012: 115–28. <https://elibrary.ru/wxwgpv> (in Russian)
19. Wentzel J.F., Gouws C., Huysamen C., van Dyk E., Koekemoer G., Pretorius P.J. Assessing the DNA methylation status of single cells with the comet assay. *Anal. Biochem.* 2010; 400(2): 190–4. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2010.02.008>
20. Alekseenko A.N., Zhurba O.M., Vokina V.A., Merinov A.V., Shayakhmetov S.F. Methodological features of chromat-mass spectrometric identification of organic compounds in the air during landscape fires. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(9): 1103–10. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-9-1103-1110> <https://elibrary.ru/txfhki>
21. Dong T.T.T., Hinwood A.L., Callan A.C., Zosky G., Stock W.D. In vitro assessment of the toxicity of bushfire emissions: A review. *Sci. Total Environ.* 2017; 603–604: 268–78. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.062>
22. Wegesser T.C., Franzl L.M., Mitloehner F.M., Eiguren-Fernandez A., Last J.A. Lung antioxidant and cytokine responses to coarse and fine particulate matter from the great California wildfires of 2008. *Inhal. Toxicol.* 2010; 22(7): 561–70. <https://doi.org/10.3109/08958370903571849>
23. Sada-Ovalle I., Chávez-Galán L., Vasquez L., Aldrigueti S., Rosas-Perez I., Ramírez-Venegas A., et al. Macrophage exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons from wood smoke reduces the ability to control growth of *Mycobacterium tuberculosis*. *Front. Med. (Lausanne)*. 2018; 5: 309. <https://doi.org/10.3389/fmed.2018.00309>
24. Corsini E., Budello S., Marabini L., Galbiati V., Piazzalunga A., Barbieri P., et al. Comparison of wood smoke PM_{2.5} obtained from the combustion of FIR and beech pellets on inflammation and DNA damage in A549 and THP-1 human cell lines. *Arch. Toxicol.* 2013; 87(12): 2187–99. <https://doi.org/10.1007/s00204-013-1071-z> <https://elibrary.ru/hvwesb>
25. Leonard S.S., Wang S., Shi X., Jordan B.S., Castranova V., Dubick M. A. Wood smoke particles generate free radicals and cause lipid peroxidation, DNA damage, NFκB activation and TNF-α release in macrophages. *Toxicology*. 2000; 150(1–3): 147–57. [https://doi.org/10.1016/S0300-483X\(00\)00256-0](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(00)00256-0)
26. Heßelbach K., Kim G.J., Flemming S., Häupl T., Bonin M., Dornhof R., et al. Disease relevant modifications of the methylome and transcriptome by particulate matter (PM_{2.5}) from biomass combustion. *Epigenetics*. 2017; 12(9): 779–92. <https://doi.org/10.1080/15592294.2017.1356555>
27. Jalava P.I., Salonen R.O., Hälinen A.I., Penttinen P., Pennanen A.S., Sillanpää M., et al. In vitro inflammatory and cytotoxic effects of size-segregated particulate samples collected during long-range transport of wildfire smoke to Helsinki. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 2006; 215(3): 341–53. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2006.03.007>
28. Ihantola T., Di Bucchanico S., Happonen M., Ihalahti M., Uski O., Bauer S., et al. Influence of wood species on toxicity of log-wood stove combustion aerosols: a parallel animal and air-liquid interface cell exposure study on spruce and pine smoke. *Part. Fibre Toxicol.* 2020; 17(1): 27. <https://doi.org/10.1186/s12989-020-00355-1> <https://elibrary.ru/btjlvs>
29. Brooks P.J., Zakhari S. Acetaldehyde and the genome: beyond nuclear DNA adducts and carcinogenesis. *Environ. Mol. Mutagen.* 2014; 55(2): 77–91. <https://doi.org/10.1002/em.21824>
30. O'Brien P.J., Siraki A.G., Shangari N. Aldehyde sources, metabolism, molecular toxicity mechanisms, and possible effects on human health. *Crit. Rev. Toxicol.* 2005; 35(7): 609–62. <https://doi.org/10.1080/10408440591002183>

Сведения об авторах

Абрамова Вера Александровна, канд. фарм. наук, ст. науч. сотр. лаб. биомоделирования и трансляционной медицины ФГБНУ ВСИМЭИ, 665826, Ангарск, Россия. E-mail: tyutrina.v.a@yandex.ru

Васюхина Полина Олеговна, мл. науч. сотр. лаб. биомоделирования и трансляционной медицины ФГБНУ ВСИМЭИ, 665826, Ангарск, Россия. E-mail: vasyuhina.polina@yandex.ru

Алексеевко Антон Николаевич, канд. хим. наук, ст. науч. сотр. лаб. аналитической экотоксикологии и биомониторинга ФГБНУ ВСИМЭИ, 665826, Ангарск, Россия. E-mail: alexeenko85@mail.ru

Вокина Вера Александровна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. биомоделирования и трансляционной медицины ФГБНУ ВСИМЭИ, 665826, Ангарск, Россия. E-mail: vokina.vera@gmail.com

Соседова Лариса Михайловна, доктор мед. наук, профессор, зав. лаб. биомоделирования и трансляционной медицины ФГБНУ ВСИМЭИ, 665826, Ангарск, Россия. E-mail: sosedlar@mail.ru

About the authors

Vera A. Abramova, PhD (Pharmacy), senior researcher, Laboratory of biomodelling and translational medicine, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665826, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-9406-5424> E-mail: tyutrina.v.a@yandex.ru

Polina O. Vasyuhina, junior researcher, Laboratory of biomodelling and translation medicine, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665826, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0007-3948-4136> E-mail: vasyuhina.polina@yandex.ru

Anton N. Alekseenko, PhD (Chemistry), senior researcher, Laboratory of analytical toxicology and biomonitoring, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665826, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4980-5304> E-mail: alexeenko85@mail.ru

Vera A. Vokina, PhD (Biology), senior researcher, Laboratory of biomodelling and translational medicine, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665826, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8165-8052> E-mail: vokina.vera@gmail.com

Larisa M. Sosedova, DSc (Medicine), professor., head, Laboratory of biomodelling and translational medicine, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665826, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1052-4601> E-mail: sosedlar@mail.ru



Исаев Д.С.¹, Ковшов А.А.^{1,2}, Степанян А.А.¹, Фунтусова О.А.³, Суханова А.В.⁴

Оценка риска для здоровья населения Южно-Сахалинска по результатам мониторинга качества атмосферного воздуха

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия;

²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург, Россия;

³Управление Роспотребнадзора по Сахалинской области, 693020, Южно-Сахалинск, Россия;

⁴ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Сахалинской области», 693020, Южно-Сахалинск, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. С 2023 г. в Южно-Сахалинске проводятся наблюдения за качеством атмосферного воздуха в рамках федерального проекта «Чистый воздух». Оценка риска для здоровья населения на основе данных мониторинга, выполненная до начала мероприятий по снижению выбросов, даст возможность в дальнейшем определить эффективность этих мер для улучшения качества жизни населения.

Материалы и методы. В работе использованы результаты выполняемого ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Сахалинской области» мониторинга качества атмосферного воздуха на четырёх постах. Перечень веществ для мониторинга установлен на основе сводных расчётов загрязнения атмосферного воздуха, данных государственного мониторинга и оценки риска для здоровья населения на основе определения рассеивания выбросов загрязняющих веществ.

Результаты. Показаны превышения гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха за период 2023–2025 гг. Отмечены высокие концентрации бенз(а)пирена, углерода (пигмент чёрный), взвешенных веществ и пыли неорганической, содержащей 70–20% SiO₂, однако согласно методологии оценки риска для здоровья выполнить расчёт коэффициентов опасности хронических рисков по данным 2025 г. возможно только для бенз(а)пирена. Уровни хронического неканцерогенного риска для отдельных органов и систем от действия бенз(а)пирена снизились с допустимых до минимальных в 2025 г.

Ограничения исследования определяются проектным характером работы, что затрудняет проведение научного анализа и корректировку мониторинга.

Заключение. Уровни риска для здоровья населения, определённые в данной работе, следует принять в качестве отправной точки для последующей оценки эффективности мероприятий. Необходимо обобщить и закрепить опыт, накопленный при выполнении мероприятий в рамках федерального проекта, для последующего применения в социально-гигиеническом мониторинге качества атмосферного воздуха.

Ключевые слова: атмосферный воздух; социально-гигиенический мониторинг; загрязняющие вещества; оценка риска для здоровья населения; канцерогенный риск; неканцерогенный риск

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует предоставления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Исаев Д.С., Ковшов А.А., Степанян А.А., Фунтусова О.А., Суханова А.В. Оценка риска для здоровья населения Южно-Сахалинска по результатам мониторинга качества атмосферного воздуха. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(8): 926–932. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-926-932> <https://elibrary.ru/spxcap>

Для корреспонденции: Исаев Даниил Сергеевич, e-mail: d.isaev@s-znc.ru

Вклад авторов: Исаев Д.С. — концепция и дизайн исследования, анализ результатов лабораторных исследований, выполнение оценки риска здоровью, написание текста статьи; Степанян А.А. — анализ результатов лабораторных исследований; Ковшов А.А. — концепция и дизайн исследования, написание текста статьи; Фунтусова О.А. — сбор результатов лабораторных исследований; Суханова А.В. — сбор результатов лабораторных исследований. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 17.04.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Daniil S. Isaev¹, Aleksandr A. Kovshov^{1,2}, Aleks A. Stepanyan¹, Olga A. Funtusova³, Anna V. Suhanova⁴

Health risk assessment to the Yuzhno-Sakhalinsk population based on the results of atmospheric air quality monitoring

¹North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation;

²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, 191015, Russian Federation;

³Department of Rospotrebnadzor in the Sakhalin region, Yuzhno-Sakhalinsk, 693020, Russian Federation;

⁴Center of Hygiene and Epidemiology in the Sakhalin region, Yuzhno-Sakhalinsk, 693020, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Since 2023, atmospheric air quality monitoring has been conducted in Yuzhno-Sakhalinsk as part of the implementation of the federal «Clean Air» project. Conducting a health risk assessment based on the monitoring results prior to implementing measures to reduce pollutant emissions into the atmosphere will allow assessing the impact of measures aimed at improving the quality of life for the population of Yuzhno-Sakhalinsk.

Materials and methods. The work utilizes the findings from atmospheric air quality monitoring conducted by the Center for Hygiene and Epidemiology in the Sakhalin Region at four stations. The list of substances to be monitored has been determined based on a combination of factors, including: consolidated calculations of atmospheric air pollution; government monitoring data; public health risk assessment based on calculations of the dispersion of pollutant emissions.

Results. The excess of hygienic standards for atmospheric air quality during the period of 2023–2025 has been identified. High concentrations of benzo(a)pyrene, carbon black and inorganic dust containing 70–20% SiO₂ are observed. However, due to the health risk assessment methodology, it is only possible to calculate and evaluate chronic risks for benzo(a)pyrene based on data from 2025. Therefore, the levels of chronic, non-carcinogenic risks for specific organs and systems decreased from acceptable to minimal levels in 2025.

Limitations. The limitation is the project-based nature of the work, which makes it difficult to conduct scientific analysis and adjust monitoring.

Conclusions. The levels of health risks identified in this study should be used as a basis for further assessment of the measures effectiveness. It is necessary to summarize and consolidate the experience gained during the implementation of activities under the federal project for the purpose of subsequent application in socio-hygienic monitoring of atmospheric air quality.

Keywords: atmospheric air; socio-hygienic monitoring; pollutants; health risk assessment; carcinogenic risk; non-carcinogenic risk

Compliance with ethical standards. The study does not require submission of the opinion of the biomedical ethics committee or other documents.

For citation: Isaev D.S., Kovshov A.A., Stepanyan A.A., Funtusova O.A., Suhanova A.V. Health risk assessment to the Yuzhno-Sakhalinsk population based on the results of atmospheric air quality monitoring. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2026; 105(8): 926–932. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-926-932> <https://elibrary.ru/spxcap> (In Russ.)

For correspondence: Daniil S. Isaev, e-mail: d.isaev@s-znc.ru

Contribution: Isaev D.S. — research concept and design, analysis of laboratory research results, performing health risk assessment, writing the text; Stepanyan A.A. — analysis of laboratory research results; Kovshov A.A. — research concept and design, writing the text; Funtusova O.A., Suhanova A.V. — collection of laboratory research results. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: April 17, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

Введение

Здоровье населения в значительной степени определяется воздействием факторов среды обитания, и одним из ведущих является качество атмосферного воздуха. Установлено, что антропогенное загрязнение атмосферного воздуха напрямую связано с ростом заболеваемости болезнями органов дыхания, системы кровообращения, а также с увеличением смертности в городах [1–6]. Для улучшения условий проживания людей и снижения вредного воздействия на население химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, в Российской Федерации с 2018 г. действует федеральный проект «Чистый воздух» в составе национального проекта «Экологическое благополучие»¹. В рамках проекта предусмотрены комплексное снижение выбросов загрязняющих веществ, модернизация промышленных предприятий, переключение автономных источников теплоснабжения на централизованные сети, модернизация транспортной инфраструктуры и перевод транспорта на экологически чистое топливо, что в итоге улучшит экологическую ситуацию в крупных промышленных центрах.

В соответствии с паспортом проекта, реализуемого с 2025 г., цель заключается в улучшении качества жизни населения в городах — участниках проекта путём снижения выбросов опасных загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Достижение поставленной цели предполагает уменьшение

эмиссии приоритетных загрязняющих веществ в атмосферу и совершенствование системы мониторинга качества воздуха.

Приоритетные вещества и объекты, на которые будут направлены мероприятия по снижению выбросов, устанавливаются в результате сводных расчётов загрязнения атмосферного воздуха и оценки риска для здоровья населения города — участника проекта. Сводные расчёты представляют собой совокупные данные о концентрациях вредных веществ в воздушной среде населённого пункта, учитывающие выбросы промышленных предприятий, автономных источников теплоснабжения и транспортные потоки. Несмотря на комплексный подход к улучшению качества атмосферного воздуха, снижение выбросов не является объективным показателем повышения качества жизни населения [7–9]. В качестве критерия эффективности с гигиенических позиций целесообразно ориентироваться на снижение как концентраций загрязняющих веществ по данным инструментальных исследований, так и уровней риска для здоровья населения и по расчётным данным, и по результатам инструментальных исследований [7, 8, 10]. Аналитические материалы, сформированные на основе результатов подобных изысканий, представляют собой базис совершенствования системы мониторинга [8, 11, 12].

Южно-Сахалинск включён в перечень городских поселений и городских округов с высоким и очень высоким загрязнением атмосферного воздуха, дополнительно относящихся к территориям эксперимента по квотированию

¹ <https://mnr-air.ru/> (дата обращения: 24.03.2026 г.).

выбросов загрязняющих веществ и городом — участником федерального проекта (распоряжение Правительства Российской Федерации от 07.07.2022 г. № 1852-р²). ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Сахалинской области» в рамках проекта осуществляет мониторинг качества атмосферного воздуха с 2023 г. по перечню показателей, сформированному в результате ранжирования выбросов химических веществ по индексам сравнительной канцерогенной и неканцерогенной опасности [13–15]. В 2024 г. выполнена оценка риска для здоровья населения на основе заключения о проведении сводных расчётов загрязнения атмосферного воздуха, в результате определены приоритетные загрязняющие вещества (ПЗВ)³. Программа наблюдений за качеством воздуха на 2025 г. была гармонизирована с перечнем ПЗВ.

Ключевой этап работы — установление отправной точки последующей объективной оценки эффективности мероприятий по управлению рисками для здоровья и повышению качества жизни жителей Южно-Сахалинска [16–18].

Цель исследования — дать характеристику состояния атмосферного воздуха и оценить риск для здоровья населения по данным инструментальных исследований на базовом уровне. Это позволит определить отправную точку оценки эффективности реализуемых мероприятий федерального проекта на основе гигиенической оценки и оценки риска для здоровья по данным мониторинга за качеством атмосферного воздуха.

Материалы и методы

В работе использованы результаты мониторинга качества атмосферного воздуха, полученные на четырёх постах ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Сахалинской области» (см. рисунок):

1. Южно-Сахалинск, Украинская улица, дом 7;
2. Южно-Сахалинск, Ленина улица, дом 220;
3. Южно-Сахалинск, Ленина улица, дом 316;
4. Южно-Сахалинск, переулок Медицинский, дом 58.

Мониторинг проводился с сентября 2023 г. по полной программе исследований в соответствии с РД 52.04.186–89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы». В 2023 г. выполнено 100 разовых и 25 среднесуточных исследований концентраций по каждому веществу на каждом посту, и лишь для бенз(а)пирена проведено исследование 25 среднесуточных концентраций. По разовым концентрациям выполняли расчёт среднесуточных. В 2024 и 2025 гг. выполнено 300 разовых и 75 исследований среднесуточных концентраций. На основании результатов исследований рассчитаны среднегодовые концентрации загрязняющих веществ и выполнена оценка острого и хронического неканцерогенного риска, а также канцерогенного риска согласно Руководству по оценке риска⁴ (далее — Руководство). При анализе данных мониторинга учитывался пункт 3.2.15 Руководства: если вещество обнаруживается менее чем в 5% отобранных проб, то концентрация принимается за 0. Также выполнен расчёт индексов опасности по критическим органам и системам. Результаты мониторинга за 2023 г. не были включены в оценку риска из-за недостаточного количества разовых концентраций, необходимого для расчёта среднегодовых значений.

² Распоряжение Правительства Российской Федерации от 07.07.2022 г. № 1852-р «Об утверждении перечня городских поселений и городских округов с высоким и очень высоким загрязнением атмосферного воздуха, дополнительно относящихся к территориям эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ (за исключением радиоактивных веществ) в атмосферный воздух на основе сводных расчётов загрязнения атмосферного воздуха» (с изменениями на 17 августа 2024 г.).

³ МР 2.1.6.0320–23. Порядок определения перечня приоритетных загрязняющих веществ и перечня котируемых объектов с обоснованием оптимальных направлений регулирующих воздействий по минимизации аэрогенных рисков здоровью населения.

⁴ Р 2.1.10.3968–23. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания.



Расположение постов мониторинга качества атмосферного воздуха в Южно-Сахалинске (СГМ — социально-гигиенический мониторинг).

Location of atmospheric air quality monitoring posts in Yuzhno-Sakhalinsk (SHM — socio-hygienic monitoring).

Результаты

Для формирования программы мониторинга на 2023–2024 гг. в результате ранжирования по индексам сравнительной канцерогенной и неканцерогенной опасности было определено 10 веществ [13]: азота диоксид (CAS 10102-44-0), азота (II) оксид (CAS 10102-43-9), углерод (пигмент чёрный) (CAS 1333-86-4), серы диоксид (CAS 7446-09-5), сероводород (CAS 7783-06-4), углерода оксид (CAS 630-08-0), бенз(а)пирен (CAS 50-32-8), формальдегид (CAS 50-00-0), взвешенные вещества (CAS отсутствует), неорганическая пыль с содержанием диоксида кремния от 20 до 70% (CAS отсутствует). Дополнительно в перечень включены взвешенные частицы PM_{10} и $PM_{2.5}$.

Анализ результатов контроля содержания химических веществ на четырёх постах за 4-й квартал 2023 г. выявил превышение гигиенических нормативов для следующих веществ:

- бенз(а)пирен: 13 из 100 исследований с превышением среднесуточных измеренных концентраций (до 3,1 ПДК_{с.с.});
- диоксид азота: одно из 400 исследований измеренных концентраций (2,15 ПДК_{м.р.}) и одно из 100 исследований рассчитанных среднесуточных концентраций (1,14 ПДК_{с.с.}).

В 2024 г. выявлены превышения гигиенических нормативов для следующих веществ:

- углерод (пигмент чёрный): 15 из 1200 исследований измеренных концентраций (до 4,9 ПДК_{м.р.}) и 11 из 300 рассчитанных среднесуточных концентраций (до 4,8 ПДК_{с.с.});
- взвешенные вещества: 7 из 1200 исследований измеренных концентраций (до 2 ПДК_{м.р.}) и 4 из 300 рассчитанных среднесуточных концентраций (до 4,8 ПДК_{с.с.});
- пыль неорганическая, содержащая 70–20% SiO_2 : 7 из 1200 исследований измеренных концентраций (до 2,7 ПДК_{м.р.}).

Таблица 1 / Table 1

Результаты расчёта коэффициентов опасности острого неканцерогенного риска
Results of calculating hazard coefficients of acute non-carcinogenic risk

Адрес поста мониторинга Address of monitoring post	Показатель Indicator	Критические органы и системы Critical organs and systems	HQac	Характеристика риска Risk characteristics
Медицинский пер., 58 Meditsinsky Lane, 58	Формальдегид Methanal	Глаза Eyes	0.15	Допустимый Acceptable
Ул. Ленина, 316 Lenina St., 316	Формальдегид Methanal	Глаза Eyes	0.15	Допустимый Acceptable
Украинская ул., 7 Ukrainskaya St., 7	Формальдегид Methanal	Глаза Eyes	0.05	Допустимый Acceptable
Ул. Ленина, 220 Lenina St., 220	Формальдегид Methanal	Глаза Eyes	0.10	Допустимый Acceptable
Риск в целом по городу Risk in the whole city	Формальдегид Methanal	Глаза Eyes	0.11	Допустимый Acceptable

и 8 из 300 рассчитанных среднесуточных концентраций (до 4,7 ПДК_{с.с.});

- бенз(а)пирен: 31 из 300 исследований среднесуточных концентраций (до 14,04 ПДК_{с.с.}).

В 2024 г. выполнена оценка риска для здоровья населения по данным сводных расчётов загрязнения атмосферного воздуха, по результатам которой установлены 12 приоритетных загрязняющих веществ. Согласно критерию недопустимого риска, в перечень ПЗВ внесены три позиции: бензол (CAS 71-43-2), диоксид азота (CAS 10102-44-0) и диметиламин (CAS 124-40-3). По критерию превышения установленных гигиенических нормативов на основе сводных расчётов в этот перечень включены пять веществ: диоксид азота (CAS 10102-44-0), сероводород (CAS 7783-06-4), оксид углерода (CAS 630-08-0), взвешенные вещества (CAS отсутствует), а также неорганическая пыль с содержанием диоксида кремния от 20 до 70% (CAS отсутствует). По данным наблюдений за качеством атмосферного воздуха в перечень ПЗВ внесено семь компонентов: взвешенные вещества (CAS отсутствует), диоксид азота (CAS 10102-44-0), формальдегид (CAS 50-00-0), медь и её соединения (CAS 1317-38-0), хром (в пересчёте на оксид хрома (VI)) (CAS отсутствует), бенз(а)пирен (CAS 50-32-8) и углерод (чёрный пигмент) (CAS 1333-86-4).

При формировании программы мониторинга на 2025 г. учитывали действующую область аккредитации испытательного лабораторного центра (ИЛЦ), поэтому в программу не включены четыре показателя, отсутствующие в области аккредитации ИЛЦ: медь, хром VI, бензол и диметиламин.

В 2025 г. на всех постах выявлено 27 превышений гигиенических нормативов по среднесуточным концентрациям бенз(а)пирена (от 1,1 до 4,1 ПДК_{с.с.}). Также были выявлены два превышения концентраций углерода (пигмент чёрный) в пределах 4,34 ПДК_{м.р.}. Максимальные концентрации взвешенных веществ, а также пыли неорганической, содержащей 70–20% SiO₂, – до 0,9 ПДК_{м.р.} на всех постах.

На основе значений концентраций, полученных в результате мониторинга в 2024 и 2025 гг., выполнена оценка риска для здоровья населения. С учётом п. 3.2.15 Руководства в 2024 г. концентрация в исследуемой точке не принята условно нулевой по трём веществам: углерод (пигмент чёрный), бенз(а)пирен, формальдегид. В 2025 г. в соответствии с тем же пунктом Руководства определён только бенз(а)пирен на всех постах, за исключением № 1 (Украинская улица, дом 7). Таким образом, выполнить расчёт коэффициентов опасности острых неканцерогенных рисков (HQac) на 2025 г. невозможно. Результаты расчётов на 2024 г. представлены в табл. 1.

Результаты расчётов коэффициентов опасности (HQch) неканцерогенного риска для здоровья населения при длительном (хроническом) ингаляционном воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, представлены в табл. 2.

По результатам расчёта коэффициентов опасности хронического неканцерогенного риска (HQch) за 2024 г. установлены настораживающие (неприемлемые) уровни риска при воздействии бенз(а)пирена (до 1,66) и углерода (пигмента

Таблица 2 / Table 2

Результаты расчёта коэффициентов опасности хронического неканцерогенного риска для здоровья в 2024–2025 гг.
Results of calculating hazard coefficients of chronic non-carcinogenic health risk in 2024–2025

Адрес поста мониторинга Address of control post	Показатель Indicator	2024		2025	
		HQch	Характеристика риска Risk characteristics	HQch	Характеристика риска Risk characteristics
Медицинский пер., 58 Meditsinsky Lane, 58	Формальдегид Methanal	0.55	Допустимый Acceptable	–	–
	Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	1.22	Настораживающий Alarming	0.43	Допустимый Acceptable
	Углерод (пигмент чёрный) Carbon black	1.62	Настораживающий Alarming	–	–
Ул. Ленина, 316 Lenina St., 316	Формальдегид Methanal	0.55	Допустимый Acceptable	–	–
	Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	1.57	Настораживающий Alarming	0.59	Допустимый Acceptable
	Углерод (пигмент чёрный) Carbon black	1.28	Настораживающий Alarming	–	–
Украинская ул., 7 Ukrainskaya St., 7	Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	0.46	Допустимый Acceptable	–	–
	Формальдегид Methanal	0.38	Допустимый Acceptable	–	–
Ул. Ленина, 220 Lenina St., 220	Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	1.66	Настораживающий Alarming	0.48	Допустимый Acceptable
	Формальдегид Methanal	0.51	Допустимый Acceptable	–	–
Риск в целом по городу Risk in the whole city	Углерод (пигмент чёрный) Carbon black	1.45	Настораживающий Alarming	–	–
	Формальдегид Methanal	0.50	Допустимый Acceptable	–	–
	Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	1.23	Настораживающий Alarming	0.50	Допустимый Acceptable

Таблица 3 / Table 3

Результаты расчётов канцерогенного риска для здоровья в 2024 и 2025 гг.
Results of calculating carcinogenic health risk in 2024 and 2025

Адрес поста мониторинга Address of control post	Уровень и характеристика риска Risk level and characteristic		Загрязняющее вещество и его вклад в риск, % Pollutant and its contribution to risk level, %	
	2024	2025	2024	2025
Медицинский пер., 58 Meditsinsky bystreet, 58	2.20E-04 Настораживающий Alarming	4.87E-07 Минимальный Minimal	Углерод (пигмент чёрный) – 89.54 Формальдегид – 9.83 Carbon black – 89.54 Methanal – 9.83	Бенз(а)пирен – 100 Benzo(a)pyrene – 100
Ул. Ленина, 316 Lenina St., 316	1.79E-04 Настораживающий Alarming	6.61E-07 Минимальный Minimal	Углерод (пигмент чёрный) – 86.91 Формальдегид – 12.11 Carbon black – 86.91 Methanal – 12.11	Бенз(а)пирен – 100 Benzo(a)pyrene – 100
Украинская ул., 7 Ukrainskaya St., 7	1.54-05 Допустимый Acceptable	–	Формальдегид – 96.67 Methanal – 96.67	–
Ул. Ленина, 220 Lenina St., 220	2.18E-05 Допустимый Acceptable	5.36E-07 Минимальный Minimal	Формальдегид – 91.5 Methanal – 91.5	Бенз(а)пирен – 100 Benzo(a)pyrene – 100
Риск в целом по городу Risk in the whole city	1.09E-04 Настораживающий Alarming	5.61E-07 Минимальный Minimal	Углерод (пигмент чёрный) Формальдегид Carbon black, Methanal	Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene

чёрного) (до 1,62). За 2025 г. установлены допустимые уровни риска, обусловленного бенз(а)пиреном (до 0,59). За период 2024–2025 гг. уровни хронического неканцерогенного риска снизились с настораживающих до допустимых.

Наиболее уязвимыми критическими органами и системами при хроническом воздействии веществ, загрязняющих атмосферный воздух, в 2024 г. определены:

- органы дыхания – до 2,17 (допустимый);
- системное действие – до 1,62 (допустимый);
- зубы – до 1,62 (допустимый);
- процессы развития – до 1,57 (допустимый).

В 2025 г. основной вклад в прогнозируемые уровни риска вносят углерод (пигмент чёрный) и бенз(а)пирен. Наиболее уязвимыми с точки зрения хронического воздействия химических веществ в атмосферном воздухе определены процессы развития: Н1 до 0,59 (минимальный). Таким образом, уровни хронического неканцерогенного риска для критических органов и систем снизились с допустимых до минимальных.

Результаты расчётов суммарного канцерогенного риска по постам мониторинга представлены в табл. 3.

В 2024 г. суммарные уровни канцерогенного риска для здоровья населения в целом по городу были определены как настораживающие. В 2025 г. суммарный канцерогенный риск для здоровья населения города был оценён как минимальный. Таким образом, уровни канцерогенного риска снизились с настораживающего уровня в 2024 г. до минимального в 2025 г.

Обсуждение

В программе исследований качества атмосферного воздуха на 2026 г. в Южно-Сахалинске ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Сахалинской области» планирует расширить перечень исследуемых показателей и включить четыре ПЗВ: медь (в пересчёте на медь), хром (в пересчёте на хро-

ма (VI) оксид), бензол, диметиламин. Однако необходимо отметить, что в 2025 г. только для бенз(а)пирена (из восьми исследованных веществ) было возможно рассчитать среднегодовую концентрацию. Для остальных семи компонентов, определяемых в атмосферном воздухе, более 95% разовых измерений показали результат «менее нижнего предела количественного определения». В итоге снижение значений рисков было достигнуто фактически из-за уменьшения перечня оцениваемых веществ. Необходимо оценить актуальность такого мониторинга и его объёмы, поскольку он ориентирован прежде всего на расчёт риска для здоровья. С учётом целей и задач федерального проекта перечень веществ невозможно сократить, поэтому нужно определить возможность уменьшения объёма исследований. Такое решение должно быть обосновано отсутствием реальных результатов (выше нижнего предела количественного определения) минимум за один календарный год при использовании методов с достаточной чувствительностью [19, 20].

Заключение

За период 2024–2025 гг. в Южно-Сахалинске сформировалась тенденция к снижению уровней хронического и острого риска для здоровья населения. В то же время сохраняющиеся в атмосферном воздухе высокие концентрации отдельных веществ требуют продолжения мониторинга с формированием базы данных и учётом многолетней динамики. Следует принять уровни риска для здоровья населения, определённые в данной работе, в качестве отправной точки для последующей оценки эффективности мероприятий. Необходимо систематизировать и зафиксировать результаты, полученные при реализации мероприятий федерального проекта. Опыт выполнения подобных работ может быть применён при обеспечении качества атмосферного воздуха как важнейшей составляющей санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Литература

1. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. Здоровье населения как целевая функция и критерий эффективности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух». *Анализ риска здоровью*. 2019; (4): 4–13. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.01> <https://elibrary.ru/mlcdpg>

2. Глебова Л.А., Косыкина Е.В., Бачина А.В. Оценка риска для здоровья населения промышленных центров Кузбасса в связи с загрязнением атмосферного воздуха. *Анализ риска здоровью*. 2025; (4): 38–46. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2025.4.04> <https://elibrary.ru/nhfwup>

3. Кузьмин С.В., Авалиани С.Л., Додина Н.С., Шашина Т.А., Кислицин В.А., Силицына О.О. Практика применения оценки риска здоровью в федеральном проекте «Чистый воздух» в городах-участниках (Череповец, Липецк, Омск, Новокузнецк): проблемы и перспективы. *Гигиена и санитария*.

Original article

- 2021; 100(9): 890–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-890-896> <https://elibrary.ru/sybxwe>
4. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Семутникова Е.Г. Климатические условия и качество атмосферного воздуха как факторы риска смертности населения Москвы. *Медицина труда и промышленная экология*. 2008; 48(7): 29–35. <https://elibrary.ru/khpcetl>
 5. Кузьмин С.В., Додина Н.С., Шашина Т.А., Кислицин В.А., Пинигин М.А., Бударина О.В. Воздействие атмосферных загрязнений на здоровье населения: диагностика, оценка и профилактика. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(10): 1145–50. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1145-1150> <https://elibrary.ru/eplgkr>
 6. Дядик В.В., Дядик Н.В., Ключникова Е.М., Маслобоев В.А., Никанов А.Н., Чашин В.П. и др. Оценка влияния промышленного загрязнения атмосферного воздуха микрочастицами на здоровье населения Арктического региона на примере Мурманской области. Апатиты; 2022. <https://doi.org/10.37614/978.5.91137.472.3> <https://elibrary.ru/pxbocu>
 7. Зайцева Н.В., Май И.В. Качество атмосферного воздуха и показатели риска здоровью как объективные критерии результативности воздухоохранной деятельности на территориях городов-участников федерального проекта «Чистый воздух». *Анализ риска здоровью*. 2023; (1): 4–12. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.1.01> <https://elibrary.ru/omvwle>
 8. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В., Горяев Д.В. Методические подходы к выбору точек и программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга для задач федерального проекта «Чистый воздух». *Анализ риска здоровью*. 2019; (3): 4–17. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.3.01> <https://elibrary.ru/sjwckz>
 9. Росляков П.В., Кондратьева О.Е., Тихонова И.О., Бурвикова Ю.Н. К вопросу об объективной оценке показателей снижения выбросов загрязняющих веществ в рамках выполнения федерального проекта «Чистый воздух». *Экологический мониторинг и моделирование экосистем*. 2025; 36(1–2): 107–25. <https://doi.org/10.24412/2782-3237-2025-1-2-107-125> <https://elibrary.ru/zyawog>
 10. Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Власов И.А., Чистякова И.В., Ярушин С.В., Корнилов А.С. и др. 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* — *ЗНУСО*. 2020; (9): 38–47. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47> <https://elibrary.ru/mgxfam>
 11. Ракитский В.Н., Кузьмин С.В., Авалиани С.Л., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А. Оценка и управление рисками здоровья: современные вызовы и пути решения. В кн.: Попова А.Ю., Зайцева Н.В., ред. *Анализ риска здоровью — 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 1*. Под редакцией А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Том 1. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет; 2020: 15–20. <https://elibrary.ru/emaolq>
 12. Авалиани С.Л., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А., Судакова Е.В., Скворонская С.А. и др. Оптимизация системы мониторинга качества среды обитания для целей управления риском здоровью населения. В кн.: Попова А.Ю., Зайцева Н.В., ред. *Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Пермь; 2018: 199–204. <https://elibrary.ru/xtaebf>
 13. Исаев Д.С., Ковшов А.А., Фунтусова О.А., Ефимов И.А., Суханова А.В. Определение перечня загрязняющих веществ для проведения мониторинга качества атмосферного воздуха в г. Южно-Сахалинске. В кн.: *Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения — 2023: материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием*. Пермь; 2023: 146–51. <https://elibrary.ru/guwbbc>
 14. Клейн С.В., Вековщина С.А., Балашов С.Ю. Практический опыт использования индекса сравнительной опасности здоровью населения в целях обоснования перечня загрязняющих веществ для мониторинга. *Здоровье населения и среда обитания* — *ЗНУСО*. 2024; 32(7): 16–26. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-7-16-26> <https://elibrary.ru/fbqjgd>
 15. Федоров В.Н. Методологические подходы к оценке риска здоровью населения в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух». В кн.: *Актуальные проблемы гигиены и профилактиологии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФБУН «СЗНИИ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора*. СПб.: Коста3Д; 2024: 366–73. <https://elibrary.ru/fmhprnu>
 16. Балашов С.Ю., Вековщина С.А., Клейн С.В. О динамике изменения ингаляционного риска здоровью населения Норильска в ходе реализации федерального проекта «Чистый воздух». В кн.: *Анализ риска здоровью — 2024: Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Пермь; 2024: 127–34. <https://elibrary.ru/ytevxh>
 17. Май И.В., Клейн С.В., Максимова Е.В. Результативность мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» по ключевым показателям — качеству атмосферного воздуха и риску для здоровья населения г. Братска. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(12): 1367–74. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-12-1367-74> <https://elibrary.ru/zkowwh>
 18. Авалиани С.Л., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А., Митягина А.В., Потонина Т.А. Опыт и перспектива применения анализа риска здоровью при реализации федерального проекта «Чистый воздух» для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. В кн.: Попова А.Ю., Зайцева Н.В., ред. *Анализ риска здоровью — 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 2*. Пермь; 2020: 231–9. <https://elibrary.ru/meagxq>
 19. Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б., Никонен В.А. Методические проблемы мониторинга мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе населенных мест. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(10): 985–8. <https://doi.org/10.1882/0016-9900-2016-10-985-988> <https://elibrary.ru/xdmuyr>
 20. Ракитский В.Н., Стёпкин Ю.И., Клепиков О.В., Куропат С.А. Оценка канцерогенного риска здоровью городского населения, обусловленного воздействием факторов среды обитания. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(3): 188–95. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195> <https://elibrary.ru/ovketw>

References

1. Popova A.Yu., Zaitseva N.V., May I.V. Population health as a target function and criterion for assessing efficiency of activities performed within «Pure Air» Federal Project. *Health Risk Analysis*. 2019; (4): 4–13. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.01> <https://elibrary.ru/ohxxbj>
2. Glebova L.A., Koskina E.V., Bachina A.V. Assessment of the health risk for the population of Kuzbass industrial centers due to ambient air pollution. *Health Risk Analysis*. 2025; (4): 38–46. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2025.4.04> <https://elibrary.ru/fisdxs> (in Russian)
3. Kuzmin S.V., Avaliani S.L., Dodina N.S., Shashina T.A., Kislitsin V.A., Sinitsyna O.O. The practice of applying health risk assessment in the Federal Project «Clean Air» in the participating cities (Cherepovets, Lipetsk, Omsk, Novokuznetsk): problems and prospects. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2021; 100(9): 890–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-890-896> <https://elibrary.ru/sybxwe> (in Russian)
4. Revitch B.A., Shaposhnikov D.A., Semoutnikova E.G. Climate conditions and ambient air quality as risk factors for mortality in Moscow. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2008; 48(7): 29–35. <https://elibrary.ru/khpcetl> (in Russian)
5. Kuzmin S.V., Dodina N.S., Shashina T.A., Kislitsin V.A., Pinigin M.A., Budarina O.V. The impact of atmospheric pollution on public health: diagnosis, assessment, and prevention. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2022; 101(10): 1145–50. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1145-1150> <https://elibrary.ru/eplgkr> (in Russian)
6. Dyadik V.V., Dyadik N.V., Klyuchnikova E.M., Masloboev V.A., Nikanov A.N., Chashchin V.P., et al. Assessment of the Impact of Industrial Air Pollution with Microparticles on the Health of the Population of the Arctic Region (on the Example of the Murmansk Region) [Otsenka vliyaniya promyshlennogo zagryazneniya atmosfornogo vozdukha mikrochastitsami na zdorov'e naseleniya Arkticheskogo regiona na primere Murmanskoi oblasti]. Apatity; 2022. <https://doi.org/10.37614/978.5.91137.472.3> <https://elibrary.ru/pxbocu> (in Russian)
7. Zaitseva N.V., May I.V. Ambient air quality and health risks as objective indicators to estimate effectiveness of air protection in cities included into the «Clean air» Federal Project. *Health risk analysis*. 2023; (1): 4–12. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.1.01> <https://elibrary.ru/daavxq>
8. Zaitseva N.V., May I.V., Kleyn S.V., Goryaev D.V. Methodical approaches to selecting observation points and programs for observation over ambient air quality within social and hygienic monitoring and «Pure air» Federal Project. *Health Risk Analysis*. 2019; (3): 4–17. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.3.01> <https://elibrary.ru/jrucns>
9. Roslyakov P.V., Kondratyeva O.E., Tikhonova I.O., Burvikova Yu.N. On the issue of an objective assessment of pollutant emissions reduction within the framework of the implementation of the «Clean Air» federal project. *Ekologicheskii monitoring i modelirovanie ekosistem*. 2025; 36(1–2): 107–25. <https://doi.org/10.24412/2782-3237-2025-1-2-107-125> <https://elibrary.ru/zyawog> (in Russian)
10. Gurvich V.B., Kozlovskikh D.N., Vlasov I.A., Chistyakova I.V., Yarushin S.V., Kornilov A.S., et al. 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 — ZNiSO*. 2020; (9): 38–47. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47> <https://elibrary.ru/mgxfam> (in Russian)
11. Rakitskiy V.N., Kuz'min S.V., Avaliani S.L., Shashina T.A., Dodina N.S., Kislitsin V.A. Health risk assessment and management: modern challenges and solutions. In: Popova A.Yu., Zaitseva N.V., eds. *Health Risk Analysis — 2020, in Conjunction with the International Meeting on Environment and Health in 2020 and the Round Table on Food Safety: Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Volume 1* [Analiz riska zdorov'yu — 2020 sovmestno s mezhdunarodnoi vstrechei po okruzhayushchei srede i zdorov'yu Rise-2020 i kruglym stolom po bezopasnosti pitaniya: Materialy X Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Tom 1]. Perm'; 2020: 15–20. <https://elibrary.ru/emaolq> (in Russian)
12. Avaliani S.L., Shashina T.A., Dodina N.S., Kislitsin V.A., Sudaкова E.V., Skvoronская S.A., et al. Optimization of the environmental quality monitoring system for public health risk management purposes. In: Popova A.Yu., Zaitseva N.V., eds. *Current Issues of Risk Analysis in Ensuring Sanitary and Epidemiological*

- Welfare of the Population and Consumer Protection: Proceedings of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [Aktual'nye voprosy analiza riska pri obespechenii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya i zashchity prav potrebiteli: Materialy VIII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem]. Perm'; 2018: 199–204. <https://elibrary.ru/xtaebf> <https://elibrary.ru/xtaebf> (in Russian)*
13. Isaev D.S., Kovshov A.A., Funtusova O.A., Efimov I.A., Suhanova A.V. Determination of the list of pollutants for atmospheric air quality monitoring in Yuzhno-Sakhalinsk. In: *Fundamental and Applied Aspects of Health Risk Analysis – 2023: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Internet Conference of Young Scientists and Specialists of Rospotrebnadzor with International Participation [Fundamental'nye i prikladnye aspekty analiza riska zdorov'yu naseleniya – 2023: materialy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi internet-konferentsii molodykh uchennykh i spetsialistov Rospotrebnadzora s mezhdunarodnym uchastiem]. Perm'; 2023: 146–51. <https://elibrary.ru/guwbbc> (in Russian)*
 14. Klein S.V., Vekovshina S.A., Balashov S.Yu. Practical experience of using the index of comparative health hazard to substantiate the list of pollutants for monitoring. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2024; 32(7): 16–26. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-7-16-26> <https://elibrary.ru/fbqjdd> (in Russian)
 15. Fedorov V.N. Methodological approaches for population health risks assessment in the framework of the implementation of the federal project «Clean air». In: *Actual Issues of Hygiene and Occupational Medicine: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference Dedicated to the 100th Anniversary of the Federal Budgetary Scientific Institution «SSCC for Hygiene and Public Health» under the Supervision of Rospotrebnadzor [Aktual'nye problemy gigieny i profpatologii: Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu FBUN «SZNTs gigieny i obshchestvennogo zdorov'ya» Rospotrebnadzora]. St. Petersburg; 2024: 366–73. <https://elibrary.ru/fmhpnv> (in Russian)*
 16. Balashov S.Yu., Vekovshina S.A., Klejn S.V. On the dynamics of changes in inhalation health risk to the population of Norilsk during the implementation of the federal project «Clean Air». In: *Health Risk Analysis – 2024: Proceedings of the XIV All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [Analiz riska zdorov'yu – 2024: Materialy XIV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem]. Perm'; 2024: 127–34. <https://elibrary.ru/ytevhx> (in Russian)*
 17. May I.V., Klein S.V., Maksimova E.V. Effectiveness of the activities of the federal project «Clean Air» by the quality of atmospheric air and risk for the health (by means of the example of the city Bratsk). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(12): 1367–74. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-12-1367-74> <https://elibrary.ru/zkowwh> (in Russian)
 18. Avaliani S.L., Shashina T.A., Dodina N.S., Kislicin V.A., Mityagina A.V., Pogonina T.A. Experience and prospects of applying health risk analysis in the implementation of the federal project «Clean Air» to ensure sanitary and epidemiological welfare of the population. In: *Health Risk Analysis – 2020 Jointly with the International Meeting on Environment and Health RISE-2020 and the Round Table on Food Safety: Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Volume 2 [Analiz riska zdorov'yu - 2020 sovmestno s mezhdunarodnoi vstrechei po okruzhayushchei srede i zdorov'yu Rise-2020 i kruglym stolom po bezopasnosti pitaniya: Materialy X Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Tom 2]. Perm'; 2020: 231–9. <https://elibrary.ru/meagxq> (in Russian)*
 19. Karelin A.O., Lomtev A.Yu., Mozhukhina N.A., Yeregin G.B., Nikonov V.A. Methodical problems of monitoring of fine particulate matters in atmospheric air of residential areas. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2016; 95(10): 985–8. <https://doi.org/10.1882/0016-9900-2016-10-985-988> <https://elibrary.ru/xdmuyr> (in Russian)
 20. Rakitskii V.N., Stepkin Yu.I., Klepikov O.V., Kurolap S.A. Assessment of carcinogenic risk caused by the impact of the environmental factors on urban population health. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(3): 188–95. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195> <https://elibrary.ru/ovketw> (in Russian)

Сведения об авторах

Исаев Даниил Сергеевич, зав. отделением коммунальной гигиены, мл. науч. сотр. ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: d.isaev@s-znc.ru

Ковшов Александр Александрович, канд. мед. наук, и. о. руководителя отд. гигиены, вед. науч. сотр. ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.kovshov@s-znc.ru

Степанян Алекс Артурович, мл. науч. сотр. отделения коммунальной гигиены ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.stepanian@s-znc.ru

Фунтусова Ольга Алексеевна, руководитель Управления Роспотребнадзора по Сахалинской области, 693020, Южно-Сахалинск, Россия. E-mail: info@65.rospotrebnadzor.ru

Суханова Анна Владимировна, зам. главного врача ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Сахалинской области», 693020, Южно-Сахалинск, Россия. E-mail: info@sakhgig.ru

About the authors

Daniil S. Isaev, junior researcher, head, Municipal Hygiene Department, North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-9165-1399> E-mail: d.isaev@s-znc.ru

Aleksandr A. Kovshov, PhD (Medicine.), leading researcher, acting head, Hygiene Department, North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9453-8431> E-mail: a.kovshov@s-znc.ru

Aleks A. Stepanyan, junior researcher, Municipal Hygiene Department, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8153-1131> E-mail: a.stepanian@s-znc.ru

Olga A. Funtusova, head, Department of Rospotrebnadzor for the Sakhalin Region, 693020, Yuzhno-Sakhalinsk, Russian Federation. E-mail: info@65.rospotrebnadzor.ru

Anna V. Suhanova, deputy chief physician, Center of Hygiene and Epidemiology in the Sakhalin region, Yuzhno-Sakhalinsk, 693020, Russian Federation. E-mail: info@sakhgig.ru



Плеханов В.П., Скляр Д.Н., Калинина Н.И.

Оценка риска для здоровья работников экранированных помещений (ретроспективное исследование)

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. В научной литературе представлены убедительные доказательства воздействия ослабленного магнитного поля Земли на организм человека. При этом основные данные получены в условиях краткосрочных экспериментальных исследований, что не позволяет достоверно оценить зависимость «доза — эффект» и «время — эффект». В связи с этим для оценки длительности и интенсивности воздействия гипогеомагнитного поля в экранированных помещениях в качестве критерия использовали стаж работы в данных условиях.

Цель работы — оценка риска гипертензивной болезни сердца и миокардита неуточнённого у работников экранированных и офисных помещений.

Материалы и методы. Сформированы две когорты из работников с разными условиями труда: работники экранированных помещений (экспонированные) — 411 человек; работники офисных помещений (неэкспонированные) — 352 человека. Для оценки влияния фактора воздействия гипогеомагнитного поля показатели относительного риска (ОР), отношения шансов (ОШ) и 95%-й доверительный интервал (ДИ).

Результаты. Установлены приоритетные нозологические формы болезней, характеризующихся повышенным артериальным давлением, по МКБ-10. Результаты исследования показали наличие сильной достоверной связи между работой в экранированных помещениях и гипертензивной болезнью сердца — ОР = 1,958 (1,062–3,609), миокардитом неуточнённым — ОР = 4,282 (1,25–14,671).

Заключение. Оценка риска развития гипертензивной болезни сердца, миокардита неуточнённого в связи с факторами производственной среды показала наличие статистически достоверной связи между условиями труда и заболеваемостью работающих в условиях ослабленного геомагнитного поля Земли.

Ключевые слова: экранированные помещения; условия труда; заболеваемость; отношение шансов; относительный риск

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует заключения по биомедицинской этике, поскольку является результатом обобщения многолетнего труда научных работников в данном направлении.

Для цитирования: Плеханов В.П., Скляр Д.Н., Калинина Н.И. Оценка риска для здоровья работников экранированных помещений (ретроспективное исследование). *Гигиена и санитария*. 2026; 105(8): 933–938. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-933-938> <https://elibrary.ru/susacy>

Для корреспонденции: Плеханов Владимир Павлович, e-mail: wplekhanov@bk.ru

Вклад авторов: Плеханов В.П. — концепция и дизайн исследования, анализ данных, написание текста; Скляр Д.Н. — редактирование; Калинина Н.И. — анализ материалов; редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 17.04.2026 / Поступила после доработки: 21.05.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Vladimir P. Plekhanov, Dmitry N. Sklyar, Nina I. Kalinina

Assessment of the health risk in workers in shielded rooms (a retrospective study)

North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Scientific literature provides substantial evidence regarding the effects of the Earth's weakened geomagnetic field on the human body, primarily derived from short-term experimental studies. However, these data do not allow a reliable assessing of “dose-response” and “time-effect” relationships. To evaluate the duration and intensity of hypogeomagnetic field exposure in shielded facilities, employment duration (length of service) was used as a proxy indicator. **This study aims** to conduct a retrospective analysis of a 30-year electronic database of periodic medical examinations and assess the risk for hypertensive heart disease and unspecified myocarditis among workers in shielded versus standard office environments.

Materials and methods. Two cohorts were formed based on differing occupational conditions: workers in shielded facilities (exposed group), $n=411$; and workers in standard office environments (unexposed group), $n=352$. Relative risk (RR), odds ratio (OR), and 95% confidence intervals (95% CI) were calculated.

Results. Priority nosological entities were identified according to the ICD-10. The study revealed a strong, statistically significant association between work in shielded facilities and hypertensive heart disease, $RR=1.958$ (1.062–3.609), as well as unspecified myocarditis $RR=4.282$ (1.25–14.671).

Conclusions. Risk assessment for hypertensive heart disease, unspecified myocarditis, and occupational environmental factors demonstrated a statistically significant association between working conditions and prevalence among employees exposed to the Earth's weakened geomagnetic field.

Keywords: shielded rooms; working conditions; morbidity; odds ratio; relative risk

Compliance with ethical standards. The study does not require a conclusion on biomedical ethics, since it is the result of generalization of many years of work of scientists in this direction.

For citation: Plekhanov V.P., Sklyar D.N., Kalinina N.I. Assessment of the health risk of workers in shielded rooms (a retrospective study). *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(8):933–938. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-933-938> <https://elibrary.ru/susacy> (In Russ.)

For correspondence: Vladimir P. Plekhanov, e-mail: wplekhanov@bk.ru

Contribution: Plekhanov V.P. — research concept and design, data analysis, text writing; Sklyar D.N. — editing; Kalinina N.I. — analysis of materials; editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: April 17, 2026 / Revised: May 21, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

Введение

Экранированные помещения изолируют внутреннюю электромагнитную среду от внешней с помощью ферромагнитных материалов. Такие помещения имеются на предприятиях радиотехнической и электронной промышленности, используются при производстве средств связи. Для экранированных помещений характерны отсутствие естественного света, дефицит ультрафиолета, изменение аэроионного режима, монотонный микроклимат, техногенные электромагнитные поля (ЭМП), ослабление магнитного поля Земли [1]. Длительная работа в таких помещениях при воздействии комплекса неблагоприятных факторов производственной среды негативным образом влияет на функциональное состояние системы кровообращения, центральной нервной, иммунной систем [2]. В научной литературе практически отсутствуют публикации, представляющие результаты оценки риска заболевания по отдельным нозологическим формам. Кроме того, не выявлены работы, отражающие динамику оценки риска с учётом возрастных характеристик и стажа работников. Основные трудности при проведении подобных исследований связаны со сбором достоверных данных о заболеваемости персонала.

Научные публикации посвящены преимущественно изучению влияния гипогомагнитного поля (ГГМП) на отдельные системы организма человека. Исследованиями установлено неблагоприятное влияние на организм человека гипогомагнитного поля и колебаний геомагнитного поля (ГМП) [3, 4]. Экранирование геомагнитного поля снижает выработку перекиси водорода в клетках нейробластомы человека [5], вызывает ослабление иммунной системы [6]. Клетки нейробластомы реагируют на гипогомагнитное поле [7], ГГМП подавляет экспрессию генов [8]. Выявлены устойчивые положительные корреляции между интенсивностью ГГМП и смертностью от болезней системы кровообращения (БСК) [9]. Солнечная и геомагнитная активность влияют на иммунный ответ организма [10]. Согласно литературным данным, естественные электромагнитные поля Земли нарушают циркадный ритм человека [11], ГГМП оказывают влияние на когнитивные процессы [12]. В исследованиях отмечена чувствительность человека к магнитному полю [13]. Имеются сведения о том, что существенные изменения артериального давления под воздействием гипогомагнитного поля происходят в основном у мужчин [14], и ослабление геомагнитного поля влияет как на систолическое, так и на диастолическое артериальное давление [15]. Исследователи связывают колебания артериального давления с солнечной активностью и вызванными Солнцем геомагнитными возмущениями [16]. Предполагается прямая зависимость между геомагнитной активностью и функциональным состоянием нервной системы человека [17]. Возмущение геомагнитного поля длительностью от нескольких часов до нескольких суток приводит к нарушению сердечного ритма, болезненным ощущениям в области сердца, жалобам на ухудшение общего самочувствия [18, 19].

В экспериментальных исследованиях используются различные способы экранирования магнитного поля Земли (с применением магнитных камер или колец Гельмгольца) [20]. В исследованиях проводилась оценка влияния ГГМП на сердечно-сосудистую систему [21], метаболизм и психофизиологические реакции здорового человека [22]. У женщин были выявлены нарушения сердечного ритма в виде экстрасистол желудочкового и предсердного происхождения [23]. Изучались физиологические показатели испытуемых мужчин, находившихся в гипогомагнитных условиях с кратностью ослабления около 1000 раз в течение 8 ч [24].

Считается, что миокардит имеет преимущественно вирусное происхождение [25]. Как правило, патология выявлялась при углублённых обследованиях или при периодических медицинских осмотрах. Большая часть миокардитов не выявлялась ввиду сложной диагностики. Гипертоническая болезнь сердца, кардиомиопатия и миокардит вхо-

дят в группу десяти ведущих причин смерти во всём мире и по суперрегионам для всех возрастов и вместе взятых мужчин и женщин [26].

Таким образом, на основании анализа воздействия гипогомагнитного поля на организм человека и изучения этиологии ряда болезней, в том числе гипертензии и миокардита, сформулированы предварительные выводы: гипертензия рассматривается как основная патология, риск развития которой подлежит оценке. Миокардит является сопутствующей патологией, оценку риска которой также следует выполнить.

Цель работы — оценка риска для здоровья работников экранированных и офисных помещений по наиболее распространённым нозологическим формам болезней (по МКБ-10). Для этого планируется использовать сведения из электронной базы данных периодических медицинских осмотров, накопленные за тридцатилетний период.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить приоритетные вредные факторы на рабочих местах работников экранированных и офисных помещений;
- изучить структуры нозологических форм болезней по Международной классификации болезней 10-го пересмотра (МКБ-10);
- выполнить оценку риска для здоровья по показателям приоритетных нозологических форм болезней в зависимости от возраста и стажа.

Материалы и методы

Исследование по оценке риска для здоровья проведено на основании электронных баз данных периодических медицинских осмотров работников экранированных и офисных помещений за тридцатилетний период. Критерием отнесения работников к категории «больной» было наличие любого установленного диагноза, остальных относили к категории «здоровый». Наличие болезни оценивали по электронным базам данных, включавшим сведения о годе рождения, стаже работы, времени установления диагноза. Сравнимые группы были составлены из работников с разными условиями труда: работники экранированных помещений (экспонированные) — 411 человек; работники офисных помещений (неэкспонированные) — 352 человека. В базе данных отсутствовала индивидуальная конфиденциальная информация о субъектах исследования.

Расчёт показателей относительного риска (ОР) и отношения шансов (ОШ), доверительного интервала (ДИ) был выполнен с помощью программы EpiInfo 7.2.2.6. В качестве показателей воздействия учитывали данные о стаже работы. Были сформированы три возрастные группы (20–29, 30–39, 40–49 лет) и три группы в зависимости от стажа работы (до 10 лет, 10–19 лет, 20 и более лет). Для определения достоверности связи «воздействие — болезнь» использовали критерий соответствия хи-квадрат Пирсона (χ^2) и доверительный интервал (ДИ), критерий хи-квадрат с поправкой на правдоподобие.

За уровнем статистической значимости принимали значение $p \leq 0,05$. Расчёт отношения шансов Мэнтелля — Хенцеля, суммарного значения хи-квадрат (χ^2) и p -значения выполнялся для устранения влияния, вызванного переменными, используемыми для стратификации (возраст, стаж работы на предприятии). Также проводился частотный анализ нозологических форм болезней по МКБ-10.

Результаты

Согласно исследованиям, проведённым специалистами ФБУН СЗНЦ гигиены и общественного здоровья в предыдущие годы, установлено, что в экранированных помещениях постоянные магнитные поля ниже естественного магнитного поля Земли зарегистрированы в 50–84% случаев (из 300 измерений). При этом степень ослабления магнитного поля в различных помещениях не была одинаковой и до-

Таблица 1 / Table 1

Структура болезней работников в возрастных группах 20–49 лет в экранированных и офисных помещениях

The structure of diseases in the age groups of 20–49 years in shielded and office premises

Коды болезней по МКБ-10 Disease codes according to ICD-10		Экранированные работники Shielded		Офисные работники Office buildings	
		случаи / cases	%	случаи / cases	%
E00–E07	Болезни щитовидной железы / Disorders of thyroid gland	7	1.33	4	0.86
E66	Ожирение / Obesity	17	3.22	8	1.73
G24	Дистония / Dystonia	74	14.02	80	17.28
H05.1	Хронические воспалительные болезни глазницы Chronic inflammatory disorders of orbit	17	3.22	8	1.73
H52.1	Миопия / Myopia	38	7.20	26	5.62
H65	Негнойный средний отит / Nonsuppurative otitis media	21	3.98	4	0.86
I11	Гипертензивная болезнь сердца (гипертоническая болезнь сердца с преимущественным поражением сердца) Hypertensive heart disease	32	6.06	14	3.02
I51.4	Миокардит неуточнённый / Myocarditis, unspecified	15	2.84	3	0.65
I70	Атеросклероз / Atherosclerosis	5	0.95	31	6.70
K20–K31	Болезни пищевода, желудка и двенадцатиперстной кишки Diseases of oesophagus, stomach and duodenum	24	4.55	36	7.78
K29	Гастрит и дуоденит / Gastritis and duodenitis	72	13.64	67	14.47
K81	Холестит / Cholecystitis	22	4.17	30	6.48
L20–L30	Дерматит и экзема / Dermatitis and eczema	16	3.03	28	6.05
M00–M03	Инфекционные артропатии / Infectious arthropathies	18	3.41	14	3.02
M42	Остеохондроз позвоночника / Spinal osteochondrosis	55	10.42	58	12.53
M54.4	Люмбаго с ишиасом / Lumbago with sciatica	40	7.58	18	3.89
M60	Миозит / Myositis	12	2.27	6	1.30
N20–N23	Мочекаменная болезнь / Urolithiasis	16	3.03	20	4.32
N30	Цистит / Cystitis	7	1.33	0	0.00
N41	Воспалительные болезни предстательной железы Inflammatory diseases of prostate	20	3.79	8	1.73

стигала в некоторых случаях 10–14 раз. Максимальные значения модуля индукции магнитных полей 50 Гц, измеренные на рабочих местах персонала в помещениях различного функционального назначения, не превышали допустимых значений (100 мкТл). Уровни статических электрических полей, электромагнитных полей радиочастот, электромагнитных излучений, создаваемых видеодисплейными терминалами, были ниже гигиенических нормативных величин. Отрицательно заряженные аэроионы практически отсутствовали в воздухе помещений [1].

Результаты исследования структуры болезней и оценки риска для здоровья представлены в табл. 1–3.

Изучение структуры болезней в возрастных группах 20–49 лет показало, что наиболее часто регистрируются в группах персонала экранированных и офисных помещений соответственно следующие болезни: дистония (14,02 и 17,28%), гастрит и дуоденит (13,64 и 14,47%), остеохондроз позвоночника (10,42 и 12,53%), люмбаго с ишиасом (7,58 и 3,89%). Также следует отметить болезни, этиологически связанные с гипогеомагнитными полями, — гипертензивная болезнь сердца (у 6,06 и 3,02% сотрудников соответственно), миокардит неуточнённый (у 2,84 и 0,65% соответственно).

Для оценки влияния вредных производственных факторов на здоровье работающих рассчитывались показатели относительного риска (см. табл. 2, 3) болезней, наиболее тесно связанных (по данным публикаций) с воздействием производственных факторов (гипогеомагнитного поля), — гипертензивной болезни сердца и миокардита неуточнённого.

В табл. 2 представлены результаты оценки риска гипертензивной болезни сердца в группах работников в зависимости от возраста и стажа работы.

Среди лиц с диагностированной гипертензивной болезнью фактор экранирования в возрастной группе 30–39 лет встречался в 5,7 раза чаще: ОШ = 5,675 при 95%-м ДИ (1,836–17,536), уровень значимости $\chi^2 = 11,19$, $p = 0,001$. Наличие фактора риска увеличивало вероятность развития гипертензивной болезни у лиц, подвергавшихся воздействию ГМП: ОР = 5,127 при 95%-м ДИ (1,743–15,084), уровень значимости $\chi^2 = 9,645$, $p = 0,002$.

Среди лиц с диагностированной гипертензивной болезнью фактор экранирования в группе со стажем работы 10–19 лет встречался в 4 раза чаще: ОШ = 4,047 при 95%-м ДИ (1,467–11,161), уровень значимости $\chi^2 = 8,358$, $p = 0,004$. Наличие фактора риска увеличивало вероятность развития гипертензивной болезни у лиц, подвергавшихся воздействию ГМП: ОР = 3,726 при 95%-м ДИ (1,415–9,813), уровень значимости $\chi^2 = 7,156$, $p = 0,007$.

Без учёта различий в возрасте и стаже работы приближенная оценка отношения шансов показала, что среди лиц с диагностированной гипертензивной болезнью фактор экранирования во всех возрастных группах и группах, дифференцированных по стажу работы, встречался в 2 раза чаще: ОШ = 2,038 при 95%-м ДИ (1,07–3,885), уровень значимости $\chi^2 = 4,855$, $p = 0,028$. Наличие фактора риска увеличивает вероятность развития гипертензивной болезни у лиц, подвергавшихся воздействию ГМП: ОР = 1,958 при 95%-м ДИ (1,062–3,609), уровень значимости $\chi^2 = 4,206$, $p = 0,04$. Оценка общего отношения шансов Мантеля — Хенцеля, учитывающего влияние возрастных отличий по всем группам: ОШ = 2,221 при 95%-м ДИ (1,157–4,261), $\chi^2 = 5,616$, $p = 0,018$. Оценка общего отношения шансов Мантеля — Хенцеля, учитывающего влияние стажа работы по всем

Таблица 2 / Table 2

Риск гипертензивной болезни сердца в зависимости от возраста и стажа работы
The risk for the hypertensive heart disease in groups of workers, depending on age and work experience

Показатель Index	Экранированные работники Shielded workers			Офисные работники Office workers			ОР (95%-й ДИ) RR (95% CI)
	больные patients	всего total	%	больные patients	всего total	%	
Возраст, лет: / Age, years:							
20–29	13	237	5.5	5	104	4.8	1.141 (0.418–3.118)
30–39	15	128	11.7	4	175	2.3	5.127 (1.743–15.084)
40–49	4	46	8.7	5	73	6.8	1.27 (0.359–4.484)
Всего по группам / Total by groups	32	411	7.8	14	352	4.0	1.958 (1.062–3.609)
Стаж работы, лет: / Work experience, years:							
до 10 / up to 10	10	185	5.4	4	78	5.1	1.054 (0.341–3.26)
10–19	18	171	10.5	5	177	2.8	3.726 (1.415–9.813)
20 и более / 20 or more	4	55	7.3	5	97	5.2	1.411 (0.395–5.037)
Всего по группам / Total by groups	32	411	7.8	14	352	4.0	1.958 (1.062–3.609)

Таблица 3 / Table 3

Риск миокардита неуточнённого в зависимости от возраста и стажа работы
The risk for myocarditis, unspecified in groups of workers, depending on age and work experience

Показатель Index	Экранированные работники Shielded workers			Офисные работники Office workers			ОР (95%-й ДИ) RR (95% CI)
	больные patients	всего total	%	больные patients	всего total	%	
Возраст, лет: / Age, years:							
20–29	9	232	3.9	1	102	1.0	3.957 (0.508–30.824)
30–39	5	131	3.8	1	175	0.6	6.679 (0.79–56.491)
40–49	1	48	2.1	1	75	1.3	1.562 (0.1–24.394)
Всего по группам / Total by groups	15	411	3.6	3	352	0.9	4.282 (1.25–14.671)
Стаж работы, лет: / Work experience, years:							
до 10 / up to 10	8	181	4.4	1	78	1.3	3.448 (0.439–27.099)
10–19	6	168	3.6	1	175	0.6	6.25 (0.76–51.366)
20 и более / 20 or more	1	62	1.6	1	99	1.0	1.597 (0.102–25.067)
Всего по группам / Total by groups	15	411	3.6	3	352	0.9	4.282 (1.25–14.671)

группам: ОШ = 2,162 при 95%-м ДИ (1,121–4,168), $\chi^2 = 4,969$, $p = 0,026$.

На основании полученных данных связь между деятельностью в условиях экранированных помещений и заболеваемостью гипертензивной болезнью сердца можно признать сильной и достоверной. Влияние производственных факторов, в том числе ГМП, на показатели риска возрастало по мере увеличения возраста и стажа работы сотрудников.

В табл. 3 представлены результаты оценки риска миокардита неуточнённого в группах работников в зависимости от возраста и стажа работы.

Без учёта различий в возрасте и стаже работы приближительная оценка отношения шансов показала, что среди лиц с диагностированным миокардитом неуточнённый фактор экранирования во всех возрастных группах и группах, дифференцированных по стажу работы, встречался в 4,4 раза чаще: ОШ = 4,407 при 95%-м ДИ (1,265–15,348), уровень значимости $\chi^2 = 6,441$, $p = 0,011$. Наличие фактора риска увеличивало вероятность развития миокардита неуточнённого у лиц, подвергавшихся воздействию ГМП: ОР = 4,282 при 95%-м ДИ (1,25–14,671), уровень значимости $\chi^2 = 5,284$, $p = 0,022$. Оценка общего отношения шансов Мантеля – Хенцеля, учитывающего влияние возраст-

ных различий по всем группам: ОШ = 4,219 при 95%-м ДИ (1,156–15,401), $\chi^2 = 4,441$, $p = 0,035$. Оценка общего отношения шансов Мантеля – Хенцеля, учитывающего влияние стажа работы по всем группам: ОШ = 3,97 при 95%-м ДИ (1,094–14,405), $\chi^2 = 3,999$, $p = 0,046$.

Связь между работой в условиях экранированных помещений и заболеваемостью миокардитом неуточнённым можно признать сильной и достоверной. Влияние производственных факторов, в том числе ГМП, на показатели риска, как и при гипертензивной болезни сердца, возрастало при увеличении возраста и стажа работы.

Оценка риска заболевания сравниваемых групп показала, что имеются статистически значимые различия по критерию χ^2 в возрастных и стажевых когортах.

Обсуждение

Результаты ретроспективного исследования показали, что имеющиеся различия не являются случайными. Значения ОР подтвердили наличие связи между работой в экранированных помещениях, заболеваемостью гипертензивной болезнью сердца и миокардитом неуточнённым. Причинно-следственная связь между факторами производственной

среды, в том числе ГГМП, и заболеваемостью гипертензивной болезнью сердца и миокардитом неуточнённым подтверждалась результатами статистического анализа. Установлено, что имеющаяся связь не случайна и достоверна [27], на что указывали величина хи-квадрат Пирсона (χ^2) и значение $p \leq 0,05$. Полученная нами связь и ассоциации наблюдались в ряде других исследований: гипертензивная болезнь сердца [14, 15] и болезни сердца, в том числе миокардит [9, 25].

Анализ структуры и частоты болезней, представленных в табл. 1, служит весомым аргументом в пользу причинно-следственной связи «воздействие — заболевание». Специфика ассоциации ГГМП с гипертензивной болезнью и болезнями сердца подтверждена результатами многочисленных исследований.

Дополнительным подтверждением наличия причинно-следственной связи было время действия фактора, что особенно актуально при медленно прогрессирующих патологиях. Максимальные значения величин ОР отмечены в возрастной группе 30–39 лет и при стаже работы 10–19 лет, что соответствует предполагаемым срокам формирования патологии и отражает период, достаточный для проявления действия фактора. Несомненно, болезнь может проявиться независимо от воздействия ГГМП, о чём свидетельствует наличие этих болезней в группе лиц, не экспонированных изучаемым фактором. Для проявления чёткой кривой зависимости «доза — эффект» или «доза — реакция», где в качестве дозы рассматривается стаж работы, недостаточно имеющихся данных, однако определённая тенденция все же прослеживается.

Поскольку и гипертензивная болезнь сердца, и миокардит входят в группу десяти ведущих причин смерти в мире, предполагаемая причинно-следственная связь должна соответствовать критериям биологической правдоподобности [26]. Причинно-следственная интерпретация полученных в ходе ретроспективного анализа данных не противоречит общеизвестным фактам и этиологии болезней, они вполне согласуются. Дополнительным дока-

зательством гипотезы связи «воздействие — заболевание» может быть подтверждение выводов данными экспериментальных исследований [20–24].

Аналогичные данные получены при изучении влияния солнечной активности и вызванных солнцем геомагнитных бурь [16–19]. Этиологическая связь между воздействием и гипертензивной болезнью сердца подтверждается не только количественной оценкой риска с использованием показателя ОР, но и научными данными об этиологии и патогенезе процессов, протекающих в организме человека при воздействии ослабленного геомагнитного поля Земли [14, 15, 25]. Это означает, что случаи заболевания как гипертензивной болезнью сердца, так и миокардитом неуточнённым среди экспонированных лиц связаны с воздействием ослабленного геомагнитного поля Земли.

Фактором воздействия в данном исследовании было ГГМП, которое реализовано в виде зависимостей «время — эффект» и «доза — эффект». Поскольку уровни ГГМП в помещениях в течение стажа работы изменяются незначительно, можно считать, что в течение всего стажа работы они в какой-то мере постоянны, если не принимать во внимание колебания магнитного поля Земли. Возраст и стаж работы отражают зависимость «время — эффект» и «доза — эффект», при этом в возрастных когортах могут быть представлены работники со стажем работы, не всегда соответствующим возрасту.

Заключение

Оценка риска гипертензивной болезни сердца и миокардита неуточнённого на рабочих местах персонала экранированных помещений показала наличие сильной статистически достоверной связи с воздействием ослабленного магнитного поля Земли. Высокий риск работников экранированных помещений со стажем работы 10–19 лет свидетельствует о влиянии вредных производственных факторов на заболеваемость с первых лет работы, что следует учитывать при планировании профилактических мероприятий.

Литература

(п.п. 3–19, 25–27 см. References)

- Плеханов В.П., Тимохова Г.Н., Никитина В.Н. Гигиеническая оценка условий труда персонала экранированных помещений. *Медицина труда и промышленная экология*. 2001; 41(10): 21–4. <https://elibrary.ru/mphrpn>
- Пальцев Ю.П., Походзей Л.В., Афонин А.А., Котляров А.А., Мавлютов А.А. Гигиеническая регламентация гипогеомагнитных условий в производственных, жилых и общественных зданиях. *Аппаратура и новости радиационных измерений*. 2007; (4): 28–34. <https://elibrary.ru/ibkgnl>
- Артамонов А.А., Карташова М.К., Плотников Е.В., Константинова Н.А. Гипомагнитные условия: способы моделирования и оценка воздействия. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2019; 21(3): 357–70. <https://elibrary.ru/ygptph>
- Демин А.В., Суворов А.В., Орлов О.И. Особенности гемодинамики у здоровых мужчин в гипомагнитных условиях. *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2021; 55(2): 63–8. <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2021-55-2-63-68> <https://elibrary.ru/pikvpt>
- Маркин А.А., Журавлева О.А., Журавлева Т.В., Кузичкин Д.С., Маркина Е.А., Поляков А.В. и др. Влияние гипомагнитной среды на метаболизм и психофизиологические реакции здорового человека. *Физиология человека*. 2023; 49(6): 84–91. <https://elibrary.ru/esftgk>
- Русанов В.Б., Попова О.В., Орлов О.И. Вегетативная регуляция сердечно-сосудистой системы человека в гипомагнитных условиях после моделируемой 12-месячной изоляции. В кн.: *Sirius — МКС — Луна — Марс ... Основные результаты проекта Sirius: Тезисы XIX Конференции по космической биологии и авиакосмической медицине с международным участием*. Воронеж; 2025: 202–5. <https://elibrary.ru/nekafb>
- Куканов В.Ю., Васин А.Л., Демин А.В., Счастливцева Д.В., Бубеев Ю.А., Суворов А.В. и др. Влияние моделируемых гипомагнитных условий на некоторые физиологические показатели при 8-часовой экспозиции. Эксперимент «Арфа-19». *Физиология человека*. 2023; 49(2): 54–64. <https://doi.org/10.31857/S0131164622600343> <https://elibrary.ru/mpfize>

References

- Plekhanov V.P., Timokhova G.N., Nikitina V.N. Hygienic evaluation of work conditions for shielded compartments staff. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2001; 41(10): 21–4. <https://elibrary.ru/mphrpn>
- Paltsev Yu.P., Pokhodzei L.V., Afontin A.A., Kotlyarov A.A., Mavlyutov A.A. Hygienic regulation of hypogeomagnetic conditions in industrial, residential and public buildings. *Apparatura i novosti radiatsionnykh izmerenii*. 2007; (4): 28–34. <https://elibrary.ru/ibkgnl> (in Russian)
- Wang G.M., Fu J.P., Mo W.C., Zhang H.T., Liu Y., He R.Q. Shielded geomagnetic field accelerates glucose consumption in human neuroblastoma cells by promoting anaerobic glycolysis. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2022; 601: 101–8. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2022.01.114> <https://elibrary.ru/gkerxx>
- Tian L., Ren J., Luo Y., Li Y., Guo W., Zhang B., et al. Potential health risks of hypomagnetic field for manned deep-space explorations. *Natl Sci. Rev.* 2024; 11(12): nwae395. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwae395> <https://elibrary.ru/owuajo>
- Zhang H.T., Zhang Z.J., Mo W.C., Hu P.D., Ding H.M., Liu Y., et al. Shielding of the geomagnetic field reduces hydrogen peroxide production in human neuroblastoma cell and inhibits the activity of CuZn superoxide dismutase. *Protein Cell*. 2017; 8(7): 527–37. <https://doi.org/10.1007/s13238-017-0403-9> <https://elibrary.ru/vnhimp>
- Pal Chowdhury R., Stegeman L.A., Lund M.L., Fry D., Madzunkov S., Bahadori A.A. Hybrid methods of radiation shielding against deep-space radiation. *Life Sci. Space Res. (Amst.)* 2023; 38: 67–78. <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2023.04.004> <https://elibrary.ru/mhurjc>
- Mo W.C., Zhang Z.J., Liu Y., Bartlett P.F., He R.Q. Magnetic shielding accelerates the proliferation of human neuroblastoma cell by promoting G1-phase progression. *PLoS One*. 2013; 8(1): e54775. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054775> <https://elibrary.ru/rixcsl>
- Mo W.C., Zhang Z.J., Wang D.L., Liu Y., Bartlett P.F., He R.Q. Shielding of the geomagnetic field alters actin assembly and inhibits cell motility in human neuroblastoma cells. *Sci. Rep.* 2016; 6: 22624. <https://doi.org/10.1038/srep22624> <https://elibrary.ru/wqodtp>
- Chai Z., Wang Y., Li Y.M., Zhao Z.G., Chen M. Correlations between geomagnetic field and global occurrence of cardiovascular diseases: evidence

- from 204 territories in different latitude. *BMC Public Health*. 2023; 23(1): 1771. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-16698-1> <https://elibrary.ru/sqrjyb>
10. Tracy S.M., Vieira C.L.Z., Garshick E., Wang V.A., Alahmad B., Eid R., et al. Associations between solar and geomagnetic activity and peripheral white blood cells in the Normative Aging Study. *Environ. Res.* 2022; 204(Pt. B): 112066. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112066> <https://elibrary.ru/xsgang>
 11. Martel J., Chang S.H., Chevalier G., Ojcius D.M., Young J.D. Influence of electromagnetic fields on the circadian rhythm: Implications for human health and disease. *Biomed. J.* 2023; 46(1): 48–59. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2023.01.003> <https://elibrary.ru/gforye>
 12. Zhang B., Wang L., Zhan A., Wang M., Tian L., Guo W., et al. Long-term exposure to a hypomagnetic field attenuates adult hippocampal neurogenesis and cognition. *Nat. Commun.* 2021; 12(1): 1174. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21468-x> <https://elibrary.ru/dmnavt>
 13. Chae K.S., Kim S.C., Kwon H.J., Kim Y. Human magnetic sense is mediated by a light and magnetic field resonance-dependent mechanism. *Sci. Rep.* 2022; 12(1): 8997. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12460-6> <https://elibrary.ru/pchbsd>
 14. Azcarate T., Mendoza B. Influence of geomagnetic activity and atmospheric pressure in hypertensive adults. *Int. J. Biometeorol.* 2017; 61(9): 1585–92. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1337-x> <https://elibrary.ru/yenyiq>
 15. Mayrovitz H.N. Linkages between geomagnetic activity and blood pressure. *Cureus.* 2023; 15(9): e45637. <https://doi.org/10.7759/cureus.45637> <https://elibrary.ru/cehlpl>
 16. Wang V.A., Zilli Vieira C.L., Garshick E., Schwartz J.D., Garshick M.S., Vokonas P., et al. Solar activity is associated with diastolic and systolic blood pressure in elderly adults. *J. Am. Heart Assoc.* 2021; 10(21): e021006. <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.021006> <https://elibrary.ru/mapkph>
 17. McCraty R., Atkinson M., Stolc V., Alabdulgader A.A., Vainoras A., Ragulskis M. Synchronization of human autonomic nervous system rhythms with geomagnetic activity in human subjects. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2017; 14(7): 770. <https://doi.org/10.3390/ijerph14070770> <https://elibrary.ru/yfzrar>
 18. Alabdulgader A., McCraty R., Atkinson M., Dobyns Y., Vainoras A., Ragulskis M., et al. Long-term study of heart rate variability responses to changes in the solar and geomagnetic environment. *Sci. Rep.* 2018; 8(1): 2663. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20932-x> <https://elibrary.ru/vfbgzz>
 19. Janashia K., Tvildiani L., Tsiabadze T., Invia N. Effects of the geomagnetic field time-varying components compensation as evidenced by heart rate variability of healthy males. *Life Sci. Space Res. (Amst.)* 2022; 32: 38–44. <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2021.10.003> <https://elibrary.ru/qovlmb>
 20. Artamonov A.A., Kartashova M.K., Plotnikov E.V., Konstantinova N.A. Hypomagnetic conditions: modeling methods and impact assessment. *Meditsina ekstremal'nykh situatsii.* 2019; 21(3): 357–70. <https://elibrary.ru/ygptph> (in Russian)
 21. Demin A.V., Suvorov A.V., Orlov O.I. Characteristics of healthy men hemodynamics in a hypomagnetic environment. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina.* 2021; 55(2): 63–8. <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2021-55-2-63-68> <https://elibrary.ru/pikvpt> (in Russian)
 22. Markin A.A., Zhuravleva O.A., Zhuravleva T.V., Kuzichkin D.S., Markina E.A., Polyakov A.V., et al. Influence of the hypomagnetic environment on the metabolism and psychophysiological reactions of a healthy human. *Human Physiology.* 2023; 49(6): 656–62. <https://doi.org/10.1134/s0362119723700494> <https://elibrary.ru/skusc>
 23. Rusanov V.B., Popova O.V., Orlov O.I. Autonomic regulation of the human cardiovascular system in hypomagnetic conditions after a simulated 12-month isolation. In: *Sirius – ISS – Moon – Mars ... Main results of the Sirius project: Abstracts of the XIX Conference on Space Biology and Aerospace Medicine with International Participation [Sirius – MKS – Luna – Mars ... Osnovnye rezul'taty proekta Sirius: Tezisy XIX Konferentsii po kosmicheskoi biologii i aviakosmicheskoi meditsine s mezhdunarodnym uchastiem]*. Voronezh; 2025: 202–5. <https://elibrary.ru/nekafb> (in Russian)
 24. Kukanov V.Yu., Vasin A.L., Demin A.V., Schastlivtseva D.V., Bubeev Yu.A., Suvorov A.V., et al. Effect of simulated hypomagnetic conditions on some physiological parameters under 8-hour exposure. Experiment Arfa-19. *Human Physiology.* 2023; 49(2): 138–146. <https://doi.org/10.1134/s0362119722600400> <https://elibrary.ru/hbszoy>
 25. Domínguez F., Uribarri A., Larrañaga-Moreira J.M., Ruiz-Guerrero L., Pastor-Pueyo P., Gayán-Ordás J., et al. Diagnosis and treatment of myocarditis and inflammatory cardiomyopathy. Consensus document of the SEC-Working Group on Myocarditis. *Rev. Esp. Cardiol. (Engl. Ed.)* 2024; 77(8): 667–79. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2024.02.022> <https://elibrary.ru/hxgbca>
 26. GBD 2021 Causes of Death Collaborators. Global burden of 288 causes of death and life expectancy decomposition in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet.* 2024; 403(10440): 2100–32. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)00367-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00367-2) <https://elibrary.ru/awdsrk>
 27. Hill A.B. The environment and disease: association or causation? 1965. *J. R. Soc. Med.* 2015; 108(1): 32–7. <https://doi.org/10.1177/0141076814562718>

Сведения об авторах

Плекханов Владимир Павлович, науч. сотр. отделения оценки влияния физических факторов на здоровье населения отд. физических факторов, ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: wplekhanov@bk.ru

Скляр Дмитрий Николаевич, науч. сотр. отделения оценки влияния физических факторов на здоровье населения отд. физических факторов, ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: d.sklyar@s-znc.ru

Калинина Нина Ивановна, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. отделения изучения электромагнитных излучений отд. физических факторов, ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: n.kalinina@s-znc.ru

About the authors

Vladimir P. Plekhanov, researcher, Department of Assessment of the Impact of Physical Factors on Public Health, Department of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8141-7179> E-mail: wplekhanov@bk.ru

Dmitry N. Sklyar, researcher, Department of Assessment of the Impact of Physical Factors on Public Health, Department of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6839-2181> E-mail: d.sklyar@s-znc.ru

Nina I. Kalinina, PhD (Medicine), senior researcher, Department for the Study of Electromagnetic Radiation, Department of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9475-0176> E-mail: n.kalinina@s-znc.ru

К 75-летию члена-корреспондента РАН Владислава Ремировича Кучмы

On the 75th anniversary of corresponding member of the Russian Academy of Sciences Vladislav R. Kuchma



2026 год — юбилейный для научного руководителя Института комплексных проблем гигиены ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, заведующего кафедрой гигиены детей и подростков Института общественного здоровья имени Ф.Ф. Эрисмана Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, главного редактора журнала «Вопросы школьной и университетской медицины», доктора медицинских наук, профессора, члена-корреспондента РАН Владислава Ремировича Кучмы: 3 августа ему исполнилось 75 лет.

Свой профессиональный выбор Владислав Ремирович сделал 57 лет назад, когда поступил на санитарно-гигиенический факультет 1-го ММИ имени И.М. Сеченова, окончив его с отличием в 1975 г. Исследовательская работа на кафедре гигиены труда началась ещё в студенческие годы. Научный интерес, упорство, пылливость, прекрасные организаторские способности позволили молодому учёному довольно быстро пройти путь от аспиранта до доктора медицинских наук, профессора, и в 1991 г. он был избран заведующим кафедрой гигиены детей и подростков, которую возглавляет по сей день. С этого времени профессиональные интересы Владислава Ремировича связаны с очень важным и ответственным направлением профилактической медицины — гигиеной детей и подростков.

Новый продуктивный период в жизни В.Р. Кучмы начался в 1998 г., когда он по приглашению академика А.А. Баранова начал работать директором НИИ гигиены и о-

раны здоровья детей и подростков Научного центра здоровья детей РАМН. В это же время институт стал научно-методическим центром организации и координации работы школ, содействующих укреплению здоровья, а В.Р. Кучма — национальным координатором проекта ЕвроВОЗ «Европейская сеть школ, содействующих укреплению здоровья». За 22 года работы на посту директора института Владислав Ремирович стал признанным научным лидером гигиены детства среди не только российских, но и зарубежных исследователей, специалистов смежных научных направлений, в том числе педиатров, педагогов, психологов, а также представителей федеральных и региональных органов законодательной и исполнительной власти.

По инициативе Владислава Ремировича был создан ряд научных советов и обществ, таких как Научный совет по гигиене и охране здоровья детей и подростков ОМедН РАН, координационный совет президиумов РАМН / ОМедН РАН и РАО «Здоровье и образование детей, подростков и молодёжи» (2000–2019), Общероссийская общественная организация «Всероссийское общество развития школьной и университетской медицины и здоровья» (РОШУМЗ, 2006), а также печатный орган — журнал «Вопросы школьной и университетской медицины», ставший авторитетным и популярным среди широкого круга специалистов, работающих в сфере гигиены, физиологии, охраны здоровья детей и подростков.

По результатам фундаментальных и прикладных исследований В.Р. Кучмы и его школы опубликованы труды первостепенного значения по установленным закономерностям физического развития и состояния здоровья детей в современных социально-экономических и эколого-гигиенических условиях; механизмам развития утомления и переутомления обучающихся; донозологической гигиенической диагностике, в том числе с использованием аппаратно-программных комплексов, в обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия детского населения; по научным основам и технологиям обеспечения гигиенической безопасности предметов детского обихода, технических средств обучения; по физиолого-гигиеническому обоснованию использования новых форм организации учебного процесса в школе и медицинском предвуниверситетском; по профилактике массовых неинфекционных болезней детей и подростков, формированию здорового образа жизни детей, подростков и молодёжи и организации медицинского обеспечения детей в образовательных организациях.

При непосредственном участии В.Р. Кучмы существенно обновлена нормативно-методическая база федерального уровня по охране здоровья детей в образовательных и оздоровительных учреждениях. Подготовлено и утверждено более 50 нормативно-методических документов, в числе которых санитарно-эпидемиологические требования, регулирующие вопросы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия детского населения.

В последние годы под руководством В.Р. Кучмы разработаны современные вариативные модели организации медицинской помощи обучающимся в образовательных организациях, критерии эффективности работы отделений медицинской помощи обучающимся, технологии межведомственного взаимодействия в сфере профилактики неинфекционных болезней и формирования здорового образа жизни детей и подростков; разработаны программы многоцентровых фундаментальных исследований по обеспечению безопасных для здоровья детей цифровых технологий, из-

учению закономерностей роста и развития детей и подростков Российской Федерации, а также программы лонгитудинальных исследований состояния здоровья, физического развития и санитарно-эпидемиологического благополучия детей и подростков в цифровой среде их жизнедеятельности.

В.Р. Кучма — автор и соавтор более 700 научных трудов, в том числе 26 монографий, 26 книг, 60 учебников и руководств для врачей и студентов, 21 патент. В 2001 г. выпущен оригинальный учебник «Гигиена детей и подростков», который выдержал 6 переизданий, переведён на казахский язык. В 2015 г. юбилеем впервые подготовлено оригинальное издание по новой дисциплине «Основы формирования здоровья детей», рекомендованное ФИРО Минобрнауки России в качестве учебника для студентов педиатрических факультетов медицинских вузов.

В.Р. Кучма обладает замечательной способностью разглядеть потенциал будущего исследователя, зажечь, поддержать его на непростом исследовательском пути, поделиться опытом. Под его руководством и при научном консультировании подготовлены 18 докторов и 31 кандидат медицинских наук по специальности «Гигиена».

В.Р. Кучма является членом правления Всероссийского научного общества гигиенистов и санитарных врачей (1996–2007), Общероссийской общественной организации «Общество гигиенистов, токсикологов и санитарных врачей» (с 2022 г. по настоящее время), президентом Российского общества школьной и университетской медицины и здоровья (с 2006 г.), планирующего комитета Европейской сети школ здоровья (2008–2018), исполкома Союза педиатров России (2010–2018), федерального учебно-методического объединения по укрупнённой группе профессий, специальностей и направлений подготовки 32.00.00 «Науки о здоровье и профилактическая медицина» (с 2014 г.), председателем проблемной комиссии «Гигиена детей и подростков» Учёного совета Роспотребнадзора (с 2018 г.), председателем учебно-методической комиссии по гигиене координационного совета по области образования «Здравоохранение и медицинские науки» Минобрнауки России (с 2019 г.), бюро Секции профилактической медицины ОМедН РАН (с 2022 г.), бюро Отделения профилактической медицины РАН (с 2026 г.), Совета Минпросвещения России по федеральным государственным образовательным стандартам среднего профессионального образования (с 2025 г.), бюро Комиссии по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию (с 2025 г.), экспертного совета ВАК по профилактической медицине Минобрнауки России (с 2026 г.).

В.Р. Кучма активно участвует в благотворительной и гуманитарной деятельности, содействует возрождению отече-

ственных традиций гуманизма. Одна из важных заслуг Владислава Ремировича — его вклад в возрождение в XXI веке памяти о выдающемся отечественном гуманисте и филантропе — знаменитом докторе Ф.П. Гаазе. За эту подвижническую работу в 2016 г. В.Р. Кучма награждён Федеральной службой исполнения наказаний России медалью Фёдора Гааза.

Преданность своему делу, целеустремлённость, профессионализм Владислава Ремировича, его большой вклад в развитие гигиены детства отмечены многими правительственными, ведомственными и общественными наградами и грамотами. В 1988 г. В.Р. Кучма стал лауреатом премии Ленинского комсомола в области науки, награждён знаком ВЦСПС «Наставник молодёжи», нагрудным знаком «Отличнику здравоохранения» (1999), медалью «90 лет Госсанэпидслужбе России» (2012), медалью «За заслуги перед отечественным здравоохранением» (2016). В.Р. Кучма имеет благодарности Председателя Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации (2005), Главы Российского Императорского Дома Её Императорского Высочества Государыни Великой Княгини Марии Владимировны «За примерное служение Отечеству», награждён почётными грамотами Государственной Думы (2009), Совета Федерации (2009), Министерства образования и науки Российской Федерации (2009), Российской академии медицинских наук (2009, 2021), Правительства Российской Федерации (2022), юбилейной медалью «300 лет Российской академии наук» (2024).

Научно-педагогическая деятельность профессора В.Р. Кучмы в *alma mater* отмечена медалью «За заслуги перед Первым МГМУ имени И.М. Сеченова» (2016), медалью к 90-летию Института общественного здоровья имени Ф.Ф. Эрисмана (2020). В.Р. Кучма внесён в Книгу почёта Первого МГМУ имени И.М. Сеченова (2016).

Содействие В.Р. Кучмы работе Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека отмечено знаком отличия 1-й степени (ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве», 2016), памятной медалью «130 лет Федеральному научному центру гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана Роспотребнадзора» (2021), медалью академика Шицковой «За вклад в развитие гигиенической науки» (2021), медалью имени Ф.Ф. Эрисмана «За вклад в развитие отечественной гигиены» (2024).

Увлечённость и неиссякаемый оптимизм, необыкновенная работоспособность Владислава Ремировича, его чуткое и доброе отношение к коллегам и ученикам, следование завету Ф.П. Гааза «Спешите делать добро» — пример для подражания.

Коллектив Федерального научного центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Роспотребнадзора, кафедра гигиены детей и подростков Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, президиум РОШУМЗ и редакция журнала «Гигиена и санитария» сердечно поздравляют Владислава Ремировича Кучму с юбилеем и желают новых творческих успехов, крепкого здоровья, бодрости духа, долгих, счастливых и плодотворных лет жизни!

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2026

Сутункова М.П.^{1,2}, Газимова В.Г.¹, Адриановский В.И.^{1,2}, Самылкин А.А.^{1,2}, Наричина Ю.Н.²**К 80-летию со дня рождения Георгия Яковлевича Липатова (1946–2023 гг.)**¹ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия;²ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, 620028, Екатеринбург, РоссияMarina P. Sutunkova^{1,2}, Venera G. Gazimova¹, Vadim I. Adrianovsky^{1,2}, Aleksey A. Samylkin^{1,2}, Yuliya N. Naritsyna²**To the 80th anniversary of the birth of Georgy Ya. Lipatov (1946–2023)**¹Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation;²Ural State Medical University, Yekaterinburg, 620028, Russian Federation

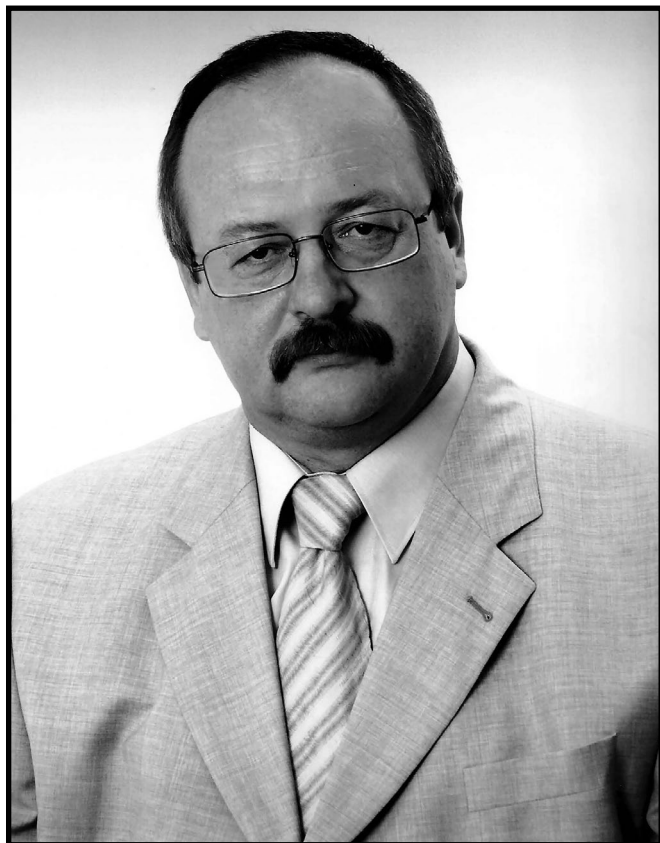
1 сентября 2026 г. исполнилось бы 80 лет доктору медицинских наук, заслуженному работнику высшей школы Российской Федерации Георгию Яковлевичу Липатову. Более полувека жизни Георгий Яковлевич посвятил сохранению здоровья населения нашей страны. Окончив в 1969 г. санитарный факультет Омского медицинского института, Г.Я. Липатов начал работать санитарным врачом по гигиене труда медсанчасти «Уралнефтегазстрой» в Челябинске. В 1971 г. Георгий Яковлевич переходит в городскую санэпидстанцию Челябинска на должность врача по гигиене труда, а затем становится заведующим отделом гигиены труда районной санэпидстанции Центрального района города, с 1972 по 1973 г. работает врачом по гигиене труда Челябинской областной санэпидстанции. С 1973 по 1976 г. Георгий Яковлевич обучался в аспирантуре на базе Свердловского института гигиены труда и профзаболеваний под руководством академика Б.Т. Величковского. В этот период Г.Я. Липатов проявил незаурядные способности в организации научных исследований, возглавив направление по изучению гигиены труда и окружающей среды в производстве меди и никеля. В 1976 г. защитил диссертацию кандидата медицинских наук на тему «Гигиена труда при электротермическом процессе получения медно-никелевого штейна в производстве никеля». С 1986 г. Г.Я. Липатов работал на кафедре гигиены труда Свердловского государственного медицинского института — сначала как ассистент, затем как старший преподаватель, а в 1988 г. был назначен заведующим Центральной научно-исследовательской лабораторией (ЦНИЛ). Георгий Яковлевич проводил комплексные гигиенические исследования на большинстве предприятий медно-никелевой промышленности в России и ближнем зарубежье. Материалы его исследований были обобщены в докторской диссертации «Гигиена труда и профилактика профессионального рака в пирометаллургии

меди и никеля», успешно защищенной в 1992 г. В этом же году Георгий Яковлевич становится профессором кафедры коммунальной гигиены с курсом гигиены труда. Оставаясь заведующим ЦНИЛ, Г.Я. Липатов был избран в 1993 г. профессором кафедры коммунальной гигиены с курсом гигиены труда, деканом санитарно-гигиенического (в последующем — медико-профилактического) факультета, а с 1995 г. — заведующим кафедрой гигиены и постдипломной подготовки врачей. Георгий Яковлевич Липатов внёс значительный вклад в теорию преподавания таких дисциплин, как «Гигиена труда», «Гигиена труда в отраслях промышленности Свердловской области», подготовил образовательные программы ординатуры, аспирантуры, дополнительного профессионального образования по специальности 32.05.01 «Науки о здоровье. Профилактическая медицина», десять научно-методических работ и учебное пособие с грифом УМО. В период руководства факультетом и кафедрой в Уральском государственном медицинском университете (УГМУ) Г.Я. Липатов разработал систему непрерывного образования по специальности «Гигиена». Впервые на базе двух общеобразовательных школ были сформированы медицинские классы для подготовки выпускников школ к поступлению на медико-профилактический факультет университета. Организованы курсы усовершенствования гигиенистов и эпидемиологов, а в 1995 г. на этой базе приказом председателя Госкомсанэпиднадзора России создан Уральский региональный учебно-методический центр последипломного образования, подготовивший более 3000 врачей санитарной службы Урала. При научно-методическом руководстве Г.Я. Липатова и с его участием на базе ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора в 2005 г. была создана и успешно функционирует лаборатория эпидемиологии и профилактики рака. Лаборатория занимается вопросами канцерогенной опасности предприятий, оценки и управления профессиональными канцерогенными рисками, изучения смертности работающих от злокачественных новообразований, разработки нормативных и методических документов, решает ряд других задач. Результаты исследований Г.Я. Липатова нашли широкое практическое применение в санитарных правилах, методических указаниях и информационно-методических письмах, ПДК, санитарных правилах, других нормативных документах, патентах на промышленные образцы. Георгий Яковлевич успешно координировал и организовывал работу сотрудников Уральского государственного медицинского университета, ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» и специалистов госсанэпидслужбы Свердловской области по санитарно-гигиенической паспортизации канцерогенноопасных производств.

Под руководством и при научном консультировании Г.Я. Липатова защищены 18 кандидатских диссертаций и одна докторская. Опубликовано более 450 научных работ в отечественных и зарубежных изданиях, три монографии. Г.Я. Липатов был заместителем председателя диссертационного совета, членом Комиссии по канцерогенным факторам при Роспотребнадзоре, членом редакционных советов журналов «Гигиенический вестник Урала» и «Вестник Уральской государственной медицинской академии», действительным членом Международной академии наук по экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ). За многолетний добросовестный труд Георгию Яковлевичу было присвоено почётное звание «Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации». Г.Я. Липатов был награждён медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, почётной грамотой Госкомсанэпиднадзора России, благодарственным письмом Главного государственного санитарного врача России, почётной грамотой губернатора Свердловской области, памятной медалью «130 лет Федеральному научному центру гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана». В 2023 г. Георгию Яковлевичу Липатову было присвоено звание «Почётный профессор Уральского государственного медицинского университета».

Весь жизненный профессиональный путь Георгия Яковлевича Липатова — достойный пример служения науке. Он пользовался заслуженным авторитетом у студентов и сотрудников Уральского государственного медицинского университета, ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий», специалистов госсанэпидслужбы России.

Памяти профессора Александра Викторовича Истомина In memory of professor Aleksandr Viktorovich Istomin



ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора с глубоким прискорбием сообщает, что 31 июля 2026 г. на 69-м году жизни скончался доктор медицинских наук, профессор, Заслуженный деятель науки Российской Федерации Александр Викторович Истомин – крупный учёный в области гигиены питания, известный в нашей стране и за рубежом, оказавший существенное влияние на решение задач в области питания населения Российской Федерации.

А.В. Истомин родился 25.07.1958 г. в Москве. После окончания в 1981 г. Первого Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени медицинского института им. И.М. Сеченова вся трудовая деятельность А.В. Истомина была неразрывно связана с Московским НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, где он прошёл путь от младшего научного сотрудника до заместителя директора по науке. С 2022 г. и до конца жизни Александр Викторович был главным научным сотрудником отдела гигиены питания.

В исследованиях А.В. Истомина глубокое развитие получили современные проблемы гигиены: установление за-

кономерностей миграции и расшифровка механизмов биологического действия токсичных веществ из материалов, контактирующих с продуктами питания, в том числе на предприятиях пищевой промышленности. Научные исследования А.В. Истомина посвящены развитию теоретических и методологических основ изучения фактического питания и состояния здоровья населения с установлением причинно-следственных связей, оценке риска, прогнозированию, обеспечению биологической и химической безопасности. Разработки профессора А.В. Истомина реализованы при создании теоретической базы обеспечения медико-биологической безопасности оборота на потребительском рынке денатурированной спиртосодержащей продукции, совершенствовании гигиенических принципов лечебно-профилактического питания работающих во вредных условиях труда, в научном обосновании гигиенических требований к безопасности минеральных удобрений и агрохимикатов, диетических (лечебных и профилактических) продуктов питания.

Александр Викторович стал основателем научной школы учёных-гигиенистов. При его научном консультировании и под научным руководством защищено более 40 докторских и кандидатских диссертаций. Результаты научных исследований А.В. Истомина легли в основу законодательных, правовых и нормативно-методических документов Российской Федерации. Ему принадлежит авторство 350 научных работ, в том числе 11 монографий, справочных руководств, книг, двух изобретений и патентов.

На протяжении многих лет Александр Викторович Истомин был председателем правления Общества гигиенистов и санитарных врачей нашей страны, экспертом Высшей аттестационной комиссии (ВАК), экспертом Российского научного фонда, членом диссертационных советов при ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова и ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, членом редколлегии центрального медицинского журнала «Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова», членом Проблемной комиссии по безопасности пищи межведомственного научного совета РАН.

За заслуги в развитии медицинской науки, подготовки кадров А.В. Истомин был награждён нагрудным знаком «Отличнику здравоохранения», медалью «За заслуги в развитии медицины и здравоохранения», знаком отличия «За вклад в химическое разоружение».

Александра Викторовича отличали высокий профессионализм и организаторские способности, широкая эрудиция, принципиальность, трудолюбие, целеустремленность, высокие личные и гражданские качества, он пользовался заслуженным авторитетом и уважением коллег.

Коллектив ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, научная общественность страны, учёные и коллеги понесли невосполнимую утрату. Светлая память об Александре Викторовиче Истомине навсегда останется в сердцах друзей и коллег.