

ЭКОЛОГИЯ



ЧЕЛОВЕКА

EKOLOGIYA CHELOVEKA
(HUMAN ECOLOGY)

Volume 29, Issue 6, 2022

6
Том 29
2022

УЧРЕДИТЕЛИ:

- ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России;
- ООО «Эко-Вектор»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 20 марта 2020 г. Регистрационный номер ПИ № ФС77-78166

ИЗДАТЕЛЬ:

ООО «Эко-Вектор»

Адрес: 191186, г. Санкт-Петербург, Аптекарский

переулок, д. 3, литера А, помещение 1Н

E-mail: info@eco-vector.com

WEB: https://eco-vector.com

РЕДАКЦИЯ:

Адрес: 163069, г. Архангельск, пр. Троицкий, 51.

Тел. +7 (818) 220 6563;

E-mail: he-office@eco-vector.com

ИНДЕКСАЦИЯ:

– SCOPUS

– Google Scholar

– Ulrich's Periodicals directory

– ядро РИНЦ

– Russian Science Citation Index

– Norwegian National Center for Research Data

– реферативный журнал и база данных

ВИНИТИ

– Global Health

– CAB Abstracts

– ProQuest

– InfoBase Index

– EBSCO Publishing (на платформе EBSCOhost)

– КиберЛенинка

Оригинал-макет подготовлен в издательстве

«Эко-Вектор».

Литературный редактор: Н.А. Лебедева

Корректор: Н.А. Лебедева

Верстка: О.В. Устинкова

Перевод: А.А. Богачев

Сдано в набор 22.08.2022.

Подписано в печать 29.08.2022.

Формат 60 × 88%. Печать офсетная.

Заказ . Цена свободная.

Печ. л. 11,25. Уч.-изд. л. 10,5. Усл. печ. л. 6,1.

Тираж 300 экз.

Отпечатано в ООО «Типография Экспресс В2В»

191180, Санкт-Петербург, наб. реки Фонтанки,

д. 104, лит. А, пом. 3Н, оф. 1.

Тел.: +7 (812) 646 33 77

ПОДПИСКА:

https://hum-ecol.ru/1728-0869/about/

subscriptions

OPEN ACCESS:

В электронном виде журнал распространяется

бесплатно — в режиме немедленного

открытого доступа.

ОТДЕЛ РЕКЛАМЫ:

Тел.: +7(495) 308-83-89

E-mail: adv@eco-vector.com

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Точка зрения авторов может не совпадать с мнением редакции.

К публикации принимаются только статьи, подготовленные в соответствии с правилами для авторов. Направляя статью в редакцию, авторы принимают условия договора публичной оферты. С правилами для авторов и договором публичной оферты можно ознакомиться на сайте: https://hum-ecol.ru

16+

Экология человека. 2022. Т. 29, № 6.

ISSN 1728-0869

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Ежемесячный научный рецензируемый журнал

Том 29 • № 6 • 2022

Основным направлением деятельности журнала является публикация результатов научных исследований, посвященных проблемам экологии человека и имеющих как фундаментальное, так и прикладное значение.

Тематика и специализация журнала включает эколого-физиологические основы жизнедеятельности человека, экологию природных и социальных катастроф, воспроизводство населения и демографические процессы, а также вопросы общественного здоровья и социальной политики.

Журнал ориентирован на широкий круг научной общественности, практических врачей, экологов, биологов, социальных работников, работников сферы образования и др.

В журнале публикуются оригинальные статьи, обзоры и краткие сообщения по всем аспектам экологии человека и общественного здоровья.

Профили, по которым журнал включен в «Перечень ВАК»: 03.00.00. Биологические науки, 03.02.00. Общая биология, 03.03.00. Физиология, 14.00.00. Медицинские науки, 14.01.00. Клиническая медицина, 14.02.00. Профилактическая медицина, 05.00.00. Технические науки, 05.26.00. Безопасность деятельности человека.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор — **А. М. Гржибовский** (Архангельск)

Заместители главного редактора:

А. Б. Гудков (Архангельск), **И. Б. Ушаков** (Москва)

Научный редактор — **П. И. Сидоров** (Архангельск)

Международный редактор — **Й. О. Одланд** (Норвегия)

Ответственный секретарь — **В. А. Постоев** (Архангельск)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

И. Н. Болотов (Архангельск), Р. В. Бузинов (Архангельск), П. Вейхе (Фарерские острова), М. Гисслер (Финляндия/Швеция), Л. Н. Горбатова (Архангельск), А. В. Грибанов (Архангельск), Р. Джонсон (США), Н. В. Доршакова (Петрозаводск), П. С. Журавлев (Архангельск), Н. В. Зайцева (Пермь), А. Ингве (Швеция), Р. Каледене (Литва), В. А. Карпин (Сургут), П. Магнус (Норвегия), В. И. Макарова (Архангельск), А. Л. Максимов (Магадан), А. О. Марьяндышев (Архангельск), И. Г. Мосягин (Санкт-Петербург), Э. Нибоер (Канада), Г. Г. Онищенко (Москва), К. Пярна (Эстония), А. Раутио (Финляндия), Ю. А. Рахманин (Москва), Г. Роллин (ЮАР), М. Рудге (Бразилия), Й. Руис (Испания), А. Г. Соловьев (Архангельск), Г. А. Софронов (Санкт-Петербург), В. И. Торшин (Москва), Т. Н. Унгурияну (Архангельск), В. П. Чашин (Санкт-Петербург), В. А. Черешнев (Москва), З. Ши (Катар), К. Ю (Китай), К. Янг (Канада)


ЭКО • ВЕКТОР

FOUNDERS:

- Northern State Medical University;
- Eco-Vector

PUBLISHER:

Eco-Vector

Address: 3 liter A, 1H, Aptekarsky pereulok, 191186, Saint Petersburg Russian Federation

E-mail: info@eco-vector.comWEB: <https://eco-vector.com>**EDITORIAL OFFICE:**

Address: 51 Troitsky Ave., Arkhangelsk 163000, Russia

E-mail: he-office@eco-vector.com

Phone: +7 (818) 2206563

PUBLICATION ETHICS

Journal's ethic policies are based on:

- ICMJE
- COPE
- ORE
- CSE
- EASE

OPEN ACCESS:

Immediate Open Access is mandatory for all published articles

INDEXATION:

- SCOPUS
- Google Scholar
- Ulrich's Periodicals directory
- Russian Science Citation Index
- Norwegian National Center for Research Data
- Global Health
- CAB Abstracts
- ProQuest
- InfoBase Index

TYPESET:

completed in Eco-Vector

Copyeditor: N.A. Lebedeva

Proofreader: N.A. Lebedeva

Layout editor: O.V. Ustinkova

Translator: A.A. Bogachev

SUBSCRIPTION:<https://hum-ecol.ru/1728-0869/about/subscriptions>**ADVERTISEMENT DEPARTMENT:**

Phone: +7 (495) 308 83 89

E-mail: adv@eco-vector.com

The editors are not responsible for the content of advertising materials. The point of view of the authors may not coincide with the opinion of the editors. Only articles prepared in accordance with the guidelines are accepted for publication. By sending the article to the editor, the authors accept the terms of the public offer agreement. The guidelines for authors and the public offer agreement can be found on the website: <https://hum-ecol.ru>.

EKOLOGIYA

C H E L O V E K A (HUMAN ECOLOGY)

Monthly peer-reviewed journal

Volume 29 • Issue 6 • 2022

Human Ecology is a peer-reviewed Russian journal with the main focus on research and practice in the fields of human ecology and public health.

The journal publishes original articles, review papers and materials on research methodology.

The primary audience of the journal includes health professionals, environmental specialists, biomedical researchers and post-graduate students.

Although we welcome papers from all over the world special attention is given to manuscripts on Arctic health research.

The mission of the journal is to publish quality-assured research in all fields related to human ecology and to integrate research and researchers from Russian-speaking countries into the international scientific community.

EDITORIAL BOARD:Editor-in-Chief: **A. M. Grjibovski** (Arkhangelsk)

Deputy Editors-in-Chief:

A. B. Gudkov (Arkhangelsk), **I. B. Ushakov** (Moscow)Science Editor: **P. I. Sidorov** (Arkhangelsk)International Editor: **J. Ø. Odland** (Norway)Executive Secretary: **V. A. Postoev** (Arkhangelsk)**EDITORIAL COUNCIL:**

- I. N. Bolotov (Arkhangelsk), R. V. Buzinov (Arkhangelsk), P. Weihe (Faroe Islands), M. Gissler (Finland/Sweden), L. N. Gorbatova (Arkhangelsk), A. V. Gribanov (Arkhangelsk), R. Johnson (USA), N. V. Dorshakova (Petrozavodsk), P. S. Zhuravlev (Arkhangelsk), N. V. Zaitseva (Perm), A. Yngve (Sweden), R. Kalediene (Lithuania), V. A. Karpin (Surgut), P. Magnus (Norway), V. I. Makarova (Arkhangelsk), A. L. Maksimov (Magadan), A. O. Maryandyshev (Arkhangelsk), I. G. Mosyagin (Saint Petersburg), E. Nieboer (Canada), G. G. Onishchenko (Moscow), K. Pärna (Estonia), A. Rautio (Finland), Ya. A. Rakhmanin (Moscow), H. Rollin (South Africa), M. Rudge (Brazil), J. Ruiz (Spain), A. G. Soloviev (Arkhangelsk), G. A. Sofronov (Saint Petersburg), V. I. Torshin (Moscow), T. N. Unguryanu (Arkhangelsk), V. P. Chashchin (Saint Petersburg), V. A. Chereshevnev (Moscow), Z. Shi (Qatar), C. Yu (China), K. Young (Canada)

СОДЕРЖАНИЕ

Систематический обзор

Е.А. Чанчаева, А.М. Гржибовский, М.Г. Сухова

Количественное содержание свинца в волосах населения России:

систематический обзор 371

Оригинальные исследования

Е.В. Евстафьева, А.М. Богданова, С.Л. Тымченко, Н.В. Барановская, Д.В. Юсупов,

И.А. Евстафьева, А.С. Макарова

Оценка элементного состава волос жителей города Симферополя 391

Т.Е. Бурцева, Т.М. Климова, Н.М. Гоголев, С.С. Слепцова, Л.Н. Афанасьева,

Е.В. Синельникова, В.Г. Часнык, М.П. Слободчикова

Тенденции медико-демографических показателей в арктических районах

Республики Саха (Якутия) за 20-летний период (2000–2020 гг.) 403

Н.В. Семёнова, А.С. Бричагина, О.А. Никитина, И.М. Мадаева, С.И. Колесников, Л.И. Колесникова

Параметры карбонильного стресса и окислительная модификация ДНК

при возрастной менопаузе у женщин русской и бурятской этнических групп. 415

А.А. Казак, Э.Р. Шайхлисламова, А.Р. Ямалиев, Э.Т. Валеева, И.В. Сандакова,

Р.Р. Галимова, И.Ф. Сулейманова

Гигиенические подходы к оценке профессиональной заболеваемости

в Республике Башкортостан в условиях пандемии COVID-19 425

В.Е. Крийт, М.В. Санников, А.Б. Гудков, Ю.Н. Сладкова, А.Н. Никанов, А.О. Пятибрат

Особенности когнитивных психических процессов и нейродинамических

свойств центральной нервной системы у пожарных в зависимости

от полиморфизмов генов-регуляторов моноаминовой системы головного мозга 437

CONTENTS

Systematic review

E.A. Chanchaeva, A.M. Grjibovski, M.G. Sukhova

Lead concentration in human hair in Russia: a systematic review 371

ORIGINAL STUDY ARTICLE

E.V. Evstafeva, A.M. Bogdanova, S.L. Tymchenko, N.V. Baranovskaya,

D.V. Yusupov, I.A. Evstafeva, A.S. Makarova

Element content in human hair of residents from Simferopol city 391

T.E. Burceva, T.M. Klimova, N.M. Gogolev, S.S. Slepčova, L.N. Afanas'eva, E.V. Sinel'nikova,

V.G. Chasnyk, M.P. Slobodchikova

Trends of the health and demographic indicators in the arctic regions
of the Republic of Sakha (Yakutia) over 20 year (2000–2020) 403

N.V. Semenova, A.S. Brichagina, O.A. Nikitina, I.M. Madaeva, S.I. Kolesnikov, L.I. Kolesnikova

Carbonil stress parameters and DNA oxidative modification in Russian
and Buryat women with age-related menopause. 415

A.A. Kazak, E.R. Shaikhislamova, A.R. Yamaliev, E.T. Valeeva, I.V. Sandakova,

R.R. Galimova, I.F. Suleymanova

Hygienic approaches to assessing occupational morbidity in the Republic
of Bashkortostan in the context of the COVID-19 pandemic 425

V.E. Kriyt, M.V. Sannikov, A.B. Gudkov, Y.N. Sladkova, A.N. Nikanov, A.O. Pyatibrat

Features of cognitive mental processes and neurodynamic properties of the central
nervous system in firefighters depending on polymorphisms of the regulators' genes
of the brain monoamine system 437

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105480>

Количественное содержание свинца в волосах населения России: систематический обзор

Е.А. Чанчаева¹, А.М. Гржибовский^{2,3,4,5}, М.Г. Сухова¹¹ Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск, Российская Федерация;² Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Российская Федерация;³ Северный (Арктический) федеральный университет, Архангельск, Российская Федерация;⁴ Западно-Казахстанский медицинский университет имени Марата Оспанова, Актобе, Казахстан;⁵ Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Введение. Мероприятия по снижению круговорота свинца в биосфере реализуют во многих странах. Содержание свинца в волосах человека используют в качестве индикатора загрязнения окружающей среды, поэтому систематизированная информация по данному показателю в субъектах Российской Федерации необходима для мониторинга эффективности экологических мероприятий.

Цель. Систематический обзор англоязычной и русскоязычной литературы и качественный синтез информации о содержании свинца в волосах населения России.

Материал и методы. Проведён систематический обзор научной литературы 2011–2021 гг. по методике PRISMA. Систематический поиск литературы, представляющей концентрацию свинца в волосах взрослого населения регионов Российской Федерации, осуществлён на платформах PubMed и eLIBRARY.RU. Идентифицировано 1748 источников по критериям запроса. После первичного скрининга и оценки на приемлемость для качественного синтеза отобрано 37 публикаций.

Результаты. За изучаемый период опубликованы результаты исследований по 27 субъектам Российской Федерации, что составляет треть всех субъектов. Во всех исследованиях для пробоподготовки использовали мокрое озоление. Концентрацию свинца определяли методами индуктивно-связанной масс-спектрометрии, атомно-абсорбционной спектрометрии, дуговой атомно-эмиссионной спектрометрии и инверсионной вольтамперметрии. Размер выборок — от 5 до 5908 человек. Средние значения концентрации свинца варьировали от 0,01 до 6,54 мг/кг с выраженными географическими различиями. Самые высокие уровни выявлены в Оренбургской (6,54 мг/кг) и Читинской (4,35 мг/кг) областях.

Заключение. Для двух третей субъектов Российской Федерации за период 2011–2021 гг. нет информации по концентрации свинца. Качественный синтез информации позволил выявить не только выраженные географические различия, но и существенную гетерогенность дизайна исследований, размера выборок и способов представления результатов, что может затруднять проведение сравнений и обуславливает необходимость использования универсальных подходов к сбору, анализу и представлению данных для обеспечения сравнимости и воспроизводимости полученных результатов.

Ключевые слова: свинец; волосы; население; Россия.

Как цитировать:

Чанчаева Е.А., Гржибовский А.М., Сухова М.Г. Количественное содержание свинца в волосах населения России: систематический обзор // Экология человека. 2022. Т. 29, № 6. С. 371–389. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105480>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105480>

Lead concentration in human hair in Russia: a systematic review

Elena A. Chanchaeva¹, Andrej M. Grjibovski^{2,3,4,5}, Maria G. Sukhova¹

¹ Gorno-Altai State University, Gorno-Altai, Russian Federation;

² Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation;

³ Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russian Federation;

⁴ West Kazakhstan Marat Ospanov State Medical University, Aktobe, Kazakhstan;

⁵ Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

ABSTRACT

BACKGROUND: Extensive measures to reduce lead concentrations in the biosphere are implemented in many countries, therefore, the world community predicts a decrease in the quantitative content of lead in the environment. The concentration of lead in human hair is considered as an indicator of environmental pollution, therefore, systematized information on this indicator in the subjects of the Russian Federation is necessary to assess the effectiveness of environmental measures.

MATERIAL AND METHODS: This is a systematic review following PRISMA guidelines. We performed a systematic search and qualitative synthesis of scientific literature on hair concentrations of lead across Russia between 2011 and 2021. PubMed and eLIBRARY.RU were the main sources of scientific information in English and Russian, respectively. Initial search returned 1748 matches. Thirty-seven papers remained for qualitative synthesis after screening and eligibility analysis.

RESULTS: During the study period, the results of studies on 27 subjects of the Russian Federation were published, which is one third of all subjects of the federation. No heterogeneity was observed in sample preparation while methods of laboratory analysis varied between the settings and included inductively coupled plasma mass spectrometry, atomic absorption spectrometry and inversion voltammetry. The sample sizes ranged from 5 to 5908 individuals. The average lead concentrations varied between 0.01 and 6.54 mg/kg. The greatest concentrations of lead were reported in the Orenburg (6.54 mg/kg) and Chita Regions (4.35 mg/kg).

CONCLUSION: Two-thirds of all subjects of the Russian Federation for the period 2011–2021 are not covered by the study, so there are no data on the concentration of lead in the hair of the population of these regions. Further data collection should be performed using representative and sufficient sample samples while presentation of the results should contain detailed information on methods of data collection and analysis to ensure reproducibility and comparability of the findings.

Keywords: lead; hair; population; Russia.

To cite this article:

Chanchaeva EA, Grjibovski AM, Sukhova MG. Lead concentration in human hair in Russia: a systematic review. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(6):371–389. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105480>

Received: 27.03.2022

Accepted: 10.06.2022

Published online: 05.08.2022

ВВЕДЕНИЕ

Производственная и повседневная деятельность человека связана с увеличением содержания ряда токсичных микроэлементов [1–4]. Одним из наиболее опасных микроэлементов является свинец, который поступает в организм человека в основном алиментарным, ингаляционным путём и через неповреждённую кожу [5]. Загрязнение атмосферного воздуха свинцом происходит при поступлении металла в атмосферу от источников производственных объектов плавильной, металлургической промышленности [6, 7]; при использовании свинецсодержащих припоев в радиоэлектронике, аккумуляторном, кабельном, типографском производстве; при изготовлении красок и эмалей для фарфорно-фаянсового производства [8]; от универсальных источников — сжигания жидкого и твёрдого топлива [9]; от продуктов износа автомобильного транспорта [10], поэтому проблема присутствия свинца в окружающей среде актуальна для всех государств [2, 9].

Выбросы свинца, образующиеся от сжигания каменного угля, в разных странах отличаются масштабами [11–13]. К примеру, в Австрии эти показатели достигают 1,5 т/год, в Финляндии при эксплуатации тепловых электростанций получение энергии 1 МДж от сжигания угля сопровождается выбросами 20–120 мкг свинца [11]. В Соединённых Штатах Америки за период 1990–2000 гг. выбросы свинца от крупных заводов, работающих на угле, сократились от 52,0 до 4,7 т/год [12]. В зависимости от эксплуатации разных видов жидкого топлива в атмосферный воздух ежегодное поступление свинца в Австрии составляет: от мазута — 1 т/год; от дизельного топлива — 43,6 т/год; от бензина с содержанием свинца — 174 т/год; в Финляндии выбросы свинца от сжигания мазута с образованием единицы энергии (1 МДж) составляют 5 мкг [11].

Известно, что нейротоксичность свинца проявляется в нарушении синтеза белка на уровне синапсов, затруднении синаптической передачи импульса. Свинец — антагонист многих элементов, поэтому в высоких концентрациях способен снижать их содержание: в частности, таких элементов, как кальций, цинк, селен. Катионы свинца подавляют иммунорегуляторную активность лимфоцитов. Воздействие повышенных концентраций свинца на гипоталамо-гипофизарную регуляторную ось проявляется в гиперсекреции тропных гормонов, таких как тиреотропный гормон и лютеинизирующий гормон [14].

Поступление свинца во внутреннюю среду при вдыхании возможно как непосредственно в лёгких, так и в верхних отделах дыхательных путей, а органами, абсорбирующими токсикант, являются лёгкие и печень. Длительная аккумуляция свинца в итоге приводит к его преимущественному отложению в костной ткани. Выведение микроэлемента — продолжительный и отсроченный процесс, требующий от нескольких дней (40 дней из мягких тканей) до нескольких лет (более 25 лет из костной ткани, около 20 лет — из крови через почки). Волосы накапливают

свинец из крови, которая является звеном между аккумулирующими тканями и почками [14, 15]. Пролонгированная аккумуляция микроэлемента в тканях в малых дозах в итоге приводит к заболеваниям сердечно-сосудистой системы, скелета [16, 17], мочевыделительной системы [18].

В основе токсикологического воздействия свинца на сердечно-сосудистую систему лежат изменённые механизмы работы кальциевых каналов кардиомиоцитов и гладкомышечных волокон [16, 19, 20], доза воздействия свинца напрямую определяет исход кардиоваскулярного заболевания [5]. Сердечно-сосудистые заболевания во всём мире признаются одной из частых причин летальных исходов, пролонгированная аккумуляция свинца в организме, по всей видимости, — одна из причин развития патологии сердца и сосудов [5, 21]. Нарушение транспорта кальция в результате накопления свинца в костной ткани вызывает развитие остеопении и остеопороза [17]. В исследовании [22] установлено, что свинец, поступающий в организм с питьевой водой, вызывает альбуминурию и протеинурию, но без перехода в хроническую болезнь почек.

Поскольку аккумуляция свинца в тканях может быть причиной развития многих заболеваний, необходимо определять накопление свинца в организме человека на стадии предболезни. Оценка концентрации свинца у здоровой части населения разных регионов необходима для определения показателей нормы, однако в литературе нет однозначных данных о предельно допустимой концентрации свинца в волосах человека.

Предполагается, что содержание свинца в тканях человека (волосы, ногти, кровь и т.д.) является показателем экологического состояния окружающей среды [2, 3, 23–25], поэтому в работах приводятся данные об источниках поступления микроэлемента в аэрогеотические звенья [2, 3]. Среди прочего биоматериала многие авторы [1, 2, 23, 26] отмечают преимущество волос для анализа концентрации металлов в организме человека.

Несмотря на то, что волосы и ногти являются весьма инертной биосредой и химические вещества этих тканей не включаются в метаболизм, именно в их матриксе статично архивируется минеральный состав внутренней среды, отражая процесс пролонгированного накопления элементов. В связи с этим многие исследователи рассматривают волосы в качестве биоматериала для анализа аккумуляции микроэлементов в биотическом звене во взаимосвязи с экологическим состоянием окружающей среды.

В литературе приводятся следующие данные средних арифметических значений содержания свинца в волосах жителей дальнего зарубежья (мг/кг): для стран Востока (Китай, Япония) — 1,55; 4,80 [27, 28]; Европы (Польша, Испания) — 2,01; 1,46 [28]; Азии (Бангладеш) — 10,6 [5]. Данные межквартильного диапазона стран ближнего зарубежья России: Минск — 0,30–1,97 [29], Западный Казахстан — 0,039–3,260 [30], Северный Казахстан — 0,70–1,55 [31]. В большинстве работ применяют методику

озоления волос азотной кислотой для пробоподготовки [27, 28, 30–32], а для анализа — метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС) [27], масс-спектрометрию с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) [30–32] и рентгеновскую радиоизотопно-индуцированную спектрометрию [5]. Объём выборок (образцы волос человека) также характеризуется гетерогенностью: 33 [31], 124 [5], 225 [27], 350 [32], 609 исследуемых [30]. В опубликованных систематических обзорах [33, 34] отмечается, что для обеспечения сравнимости результатов оценки микроэлементного состава волос населения разных регионов и составления элементных карт необходима единая методология.

В Российской Федерации (РФ) развита добывающая, перерабатывающая и производственная промышленность, активно используется ископаемое топливо, сохраняется проблема утилизации бытовых отходов и продуктов износа автомобильного транспорта, поэтому высока вероятность поступления свинца в окружающую среду в высоких концентрациях. Несмотря на широкое освещение данных о содержании свинца в волосах населения разных субъектов РФ [1, 3 26, 35, 36 и др.], систематический анализ всех данных не проводился. Систематические обзоры об элементном составе волос необходимы для медицинской географии, оценки связи между состоянием здоровья населения и факторами окружающей среды в экологически неблагоприятных районах [9, 33]. Картирование по содержанию свинца в волосах жителей разных стран достаточно полно представлено

в зарубежной литературе [33, 34, 37, 38]. Данные по содержанию микроэлементов у жителей России освещаются как в отечественных изданиях на русском языке [1, 26, 36], так и в международной литературе на английском языке [3, 23, 39–42], что вызывает необходимость регулярного проведения систематизации информации и синтеза знаний по проблеме содержания токсических элементов в биологических средах населения.

Цель работы. Систематический обзор англоязычной и русскоязычной литературы и качественный синтез информации о содержании свинца в волосах населения России.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Поиск информации проводили на платформах PubMed, eLIBRARY.RU. Для электронного поиска в eLIBRARY.RU применяли расширенный поиск по следующей схеме:

- предмет поиска — микроэлементы, волосы, человек, население;
- место поиска — в названии публикации, в аннотации, в ключевых словах, в полном тексте публикации;
- тип публикации — статьи в журналах;
- параметры — искать с учетом морфологии;
- годы публикации — 2011–2021.

В eLIBRARY.RU по заданному запросу было найдено 1694 источника (рис. 1).

При скрининге публикаций исключали:

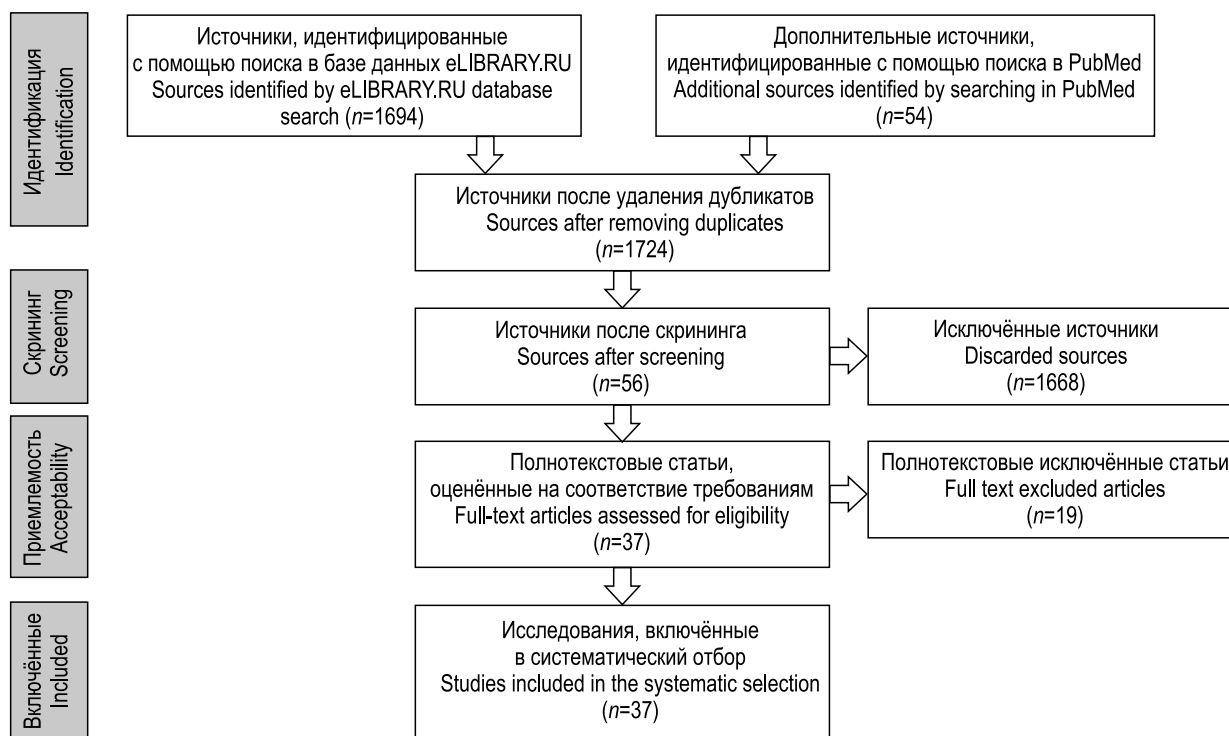


Рис. 1. Схема отбора публикаций для систематического обзора.

Fig. 1. Article selection procedure for a systematic review.

- систематические обзоры;
- публикации, вышедшие до 2011 года;
- статьи, содержание которых не затрагивает необходимую тематику;
- статьи, посвящённые изучению детского возраста;
- рукописи, не проходящие рецензирование;
- исследования с использованием иного биоматериала, кроме волос с кожи головы;
- работы, в которых испытуемым выступал не человек;
- исследования, не содержащие данных по концентрации свинца в волосах человека;
- публикации, посвящённые патологии, профессиональному воздействию микроэлементов, обследованию населения за пределами Российской Федерации;
- клинические наблюдения.

После скрининга исключено 1668 источников.

В анализ включали оригинальные исследования на русском или английском языках, опубликованные в виде полнотекстовых статей в рецензируемых журналах. Включали также статьи, в которых авторы оценивали микроэлементный состав волос с кожи головы (с обязательным содержанием свинца); публикации с представлением всех, одного или нескольких из вариантов данных: среднего арифметического значения (М), медианы (Ме), квартилей [Q1; Q3], максимальных и минимальных значений. Количество источников, соответствующих критериям включения, составило 31.

В конструкторе расширенного поиска PubMed (Advanced search builder) применяли критерии: Add terms to the query box — all fields; Query box — trace elements hair human Russia; ADD — AND Filters: Age: 19+; Species: Humans.

По данному запросу для дальнейшего анализа получено 54 источника (см. рис. 1). После исключения 24 дублирующих статей осталось 30 источников. Далее исключали статьи, опубликованные ранее 2011 года, а также статьи, где нет данных по свинцу; где изучалось профессиональное воздействие; где для исследования выступали беременные женщины; где изучались патология, население за пределами России. Всего исключено 24 источника, в результате получено 6 статей (см. рис. 1).

В целом в качественный анализ для систематического обзора было включено 37 оригинальных источников (31 — из eLIBRARY.RU, 6 — из PubMed) (см. рис. 1).

При описании данных учитывали район обследования; количественный состав, пол, возраст обследованных; метод анализа. Данные по концентрации свинца в волосах населения различных регионов представлены в одном или нескольких вариантах значений: среднее арифметическое значение (М), медиана, первый и третий квартили [Q1; Q3], минимальное и максимальное значение.

Для картирования данных средние значения концентраций (0,01–6,54 мг/кг) ранжировали по терцилям:

I терциль — 0,01–2,17 мг/кг; II терциль — 2,18–4,36 мг/кг; III терциль — 4,37–6,54 мг/кг.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В приложении 1 представлены данные авторов по содержанию свинца в волосах здорового населения разных субъектов РФ. Согласно этим данным, за период 2011–2021 гг. в научной литературе опубликованы результаты исследований по 27 субъектам РФ, что составляет 31,8%. Данные по 58 субъектам отсутствуют (рис. 2).

В приложении 1 показано, что результаты выражены большей частью в виде среднего арифметического значения, реже — в виде медианы, недостаточно данных по процентилям, минимальным и максимальным значениям. Не все авторы ставили целью сравнение данных по полу, а также не указывали возраст обследуемых.

На основании проанализированных данных за период 2011–2021 гг. установлена следующая градация (мг/кг): самые высокие значения обнаружены у населения Оренбургской области (6,54), Читинского района (4,35) [35] и Арктической зоны Якутии (3,82) [42]. По данным Федеральной службы государственной статистики за 2020 год [43], Оренбургская область, Забайкальский край (в том числе Читинский район), Республика Саха входят в число регионов с повышенным количеством выбросов в атмосферу загрязняющих веществ.

При интерпретации результатов лабораторного анализа у многих исследователей возникает вопрос о показателях верхнего уровня оценочной шкалы. В проанализированных работах часть авторов [1, 26, 36, 44, 45] ссылаются на биологически допустимый уровень (БДУ) концентрации свинца в волосах рабочих, подвергшихся профессиональному воздействию металла, авторы [46] проводят сравнение собственных результатов с БДУ. Другой подход к интерпретации результатов основан на сравнении данных с общероссийскими значениями [26, 30, 36, 47] или региональным показателем [26, 45].

С учётом опыта отечественных исследователей в настоящем обзоре применяли разный подход к интерпретации результатов. Согласно данным литературы [46], верхний допустимый уровень концентрации свинца в волосах человека составляет 5,0 мг/кг. Среднее арифметическое значение указанного признака у населения Светлинского района Оренбургской области превышает допустимый уровень.

По данным многочисленных исследований [15, 23, 41, 44, 48, 49], средние арифметические значения концентрации свинца в волосах населения России не выходят за пределы 3,0 мг/кг. Относительно данного показателя концентрацию свинца в волосах населения Читинского района (М=4,35 мг/кг) и Арктической зоны Якутии (М=3,82 мг/кг) уместно оценить как превышающую общероссийский уровень. По данным средних значений (М) представленного приложения 1, концентрация свинца в волосах населения регионов России в среднем

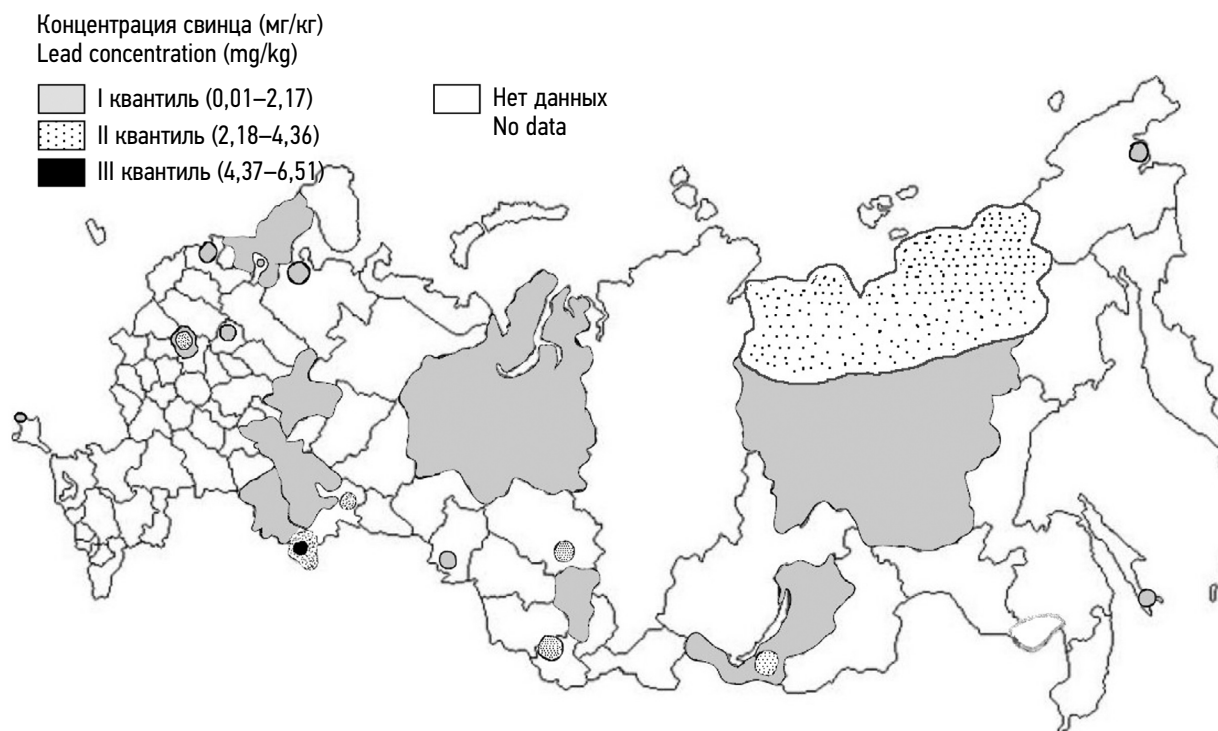


Рис. 2. Субъекты Российской Федерации с данными по концентрации свинца в волосах населения за период 2011–2021 гг.
Fig. 2. Subjects of the Russian Federation with data on the concentration of lead in the hair of the population for 2011–2021.

составляет 2,24 мг/кг, превышение среди регионов относительно указанного уровня — 11,45%.

Данные по Магадану, Оренбургской области опубликованы разными авторами за 2013–2019 гг. [39, 47–55], однако в работах не указан период сбора образцов волос, чтобы судить о спорадичности исследований или оценивать динамику. Если допустить, что сбор образцов волос проводили в разные периоды, то следует, что концентрация свинца в волосах населения Магадана с 2013 по 2019 год по средним значениям увеличилась более чем в 2 раза (в 2013 — 0,17 мг/кг; в 2019 — 0,44 мг/кг), но не превышала допустимое значение (5,0). По данным работ [47, 51], в регионах Оренбургской области в период с 2013 по 2019 год концентрация свинца увеличилась в среднем на 0,24 мг/кг в Центральной зоне, на 1,94 мг/кг — в Восточной и на 0,68 мг/кг — в Западной. Данные по всем регионам в основном не выходят за рамки БДУ (5 мг/кг), но по максимальным значениям значительно превышают этот уровень (мг/кг): в Оренбургской области (6,3; 7,4; 5,0) [48], Ярославле (6,47) [40], ЯНАО (5,62) [56] и Горно-Алтайске (17,7; 21,6) [45]. В приложении 1 видно, что авторы указывают разные меры рассеяния — это усложняет анализ данных.

Прослеживается слабая закономерность зависимости концентрации свинца в волосах от промышленной нагрузки региона. По данным [26, 36, 44, 56–58], у здоровой взрослой части населения экологически неблагоприятных регионов, не подвергающегося профессиональному воздействию, концентрация свинца не превышает БДУ и общероссийские референсные значения.

В своих исследованиях авторы использовали приборы:

- для ИСП-МС — ELAN 9000 (PerkinElmer SCIEX, Канада) [1, 26, 35, 36, 39, 42, 44, 48, 52–54, 58–61]; NexION 300D (PerkinElmer Inc., США) [3, 23, 40, 41, 49]; ICAP-9000 (Thermo Jarrell Ash Corporation, США) [50];
- для атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС) — «КВАНТ-2» («Кортэк», Россия) [45];
- для инверсионного вольтамперметрического анализа (ИВА) — аналитический вольтамперметрический комплекс СТА («ИТМ», Россия) [62].

В работах [45, 47, 58, 63] не указано, с помощью каких приборов выполняли анализ. Таким образом, в коллекцию анализируемых нами данных вошли разные методы анализа, что может сказаться на сравнимости результатов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Показатели допустимой концентрации свинца в волосах человека необходимы для интерпретации результатов лабораторных анализов как при индивидуальной оценке данных, так и при популяционных исследованиях [23, 32–34, 37, 38, 64, 65]. В отличие от понятия о предельной допустимой концентрации, которое применяют к максимальным концентрациям химических элементов и их соединений в окружающей среде, термин «условно биологически допустимый уровень» используется при анализе содержания веществ в животной ткани. Если речь идет о токсичном микроэлементе, под условно биологически допустимым уровнем понимают предел физиологической адаптации к верхней границе концентрации

микроэлемента, за пределами которой проявляются процессы нарушения гомеостаза, поскольку, в отличие от эссенциальных и условно эссенциальных микроэлементов, нижняя граница для токсичных элементов, очевидно, соответствует уровню 0,00 у.е. [1, 15, 44, 46 и др.].

Метод мокрого озоления волос, который использован в проанализированных работах, имеет преимущества перед сухим озолением по сниженным потерям микроэлементов, но является затратным по времени. Другая проблема, с которой сталкиваются исследователи, — сбор образцов волос у населения, от которого необходимо добровольное согласие на анализ. Для чистоты эксперимента необходимо придерживаться критериев включения и исключения при формировании выборки: к примеру, отсутствие заболеваний, вредной привычки табакокурения, приём лекарственных препаратов и витаминных комплексов, натуральное состояние волос. Вероятно, все указанные особенности объясняют, почему исследователи в некоторых работах ограничиваются столь малым объёмом выборки для анализа (от 5 до 15). Низкий процент включённых в исследование испытуемых (от генеральной совокупности) не отражает полной вариабельности значений концентрации свинца в волосах, увеличивает вероятность случайной ошибки.

В большинстве работ (33 источника) лабораторный анализ проведён централизованно (лаборатория Центра биотической медицины) с применением метода ИСП-МС, что позволяет выполнять сравнение данных разных регионов. Используемые в 4 других работах методы ААС и ИВА характеризуются как высокочувствительные [66], позволяющие определить не более 4–5 элементов за один сеанс.

В разделе «Материал и методы» многих публикаций недостаточно информации для систематического анализа, это обуславливает использование универсальных подходов к описанию дизайна исследования: год сбора образцов волос; критерии включения/исключения при формировании выборки (возраст, пол, состояние здоровья, приём препаратов, состояние волос, период проживания в исследуемом регионе и др.); тип исследования (длительное или одномоментное, поперечное или продольное); объём выборок; метод пробоподготовки; метод анализа с названием анализатора.

Для возможности включения публикаций в систематический анализ необходимы данные об элементном составе биоматериалов: среднее значение, медиана и квартили [Q1; Q3], минимальное и максимальное значения.

Представленные данные не дают полной картины присутствия свинца в волосах для картирования по всем регионам России. За период 2011–2021 гг. обследовано лишь 31,8% субъектов РФ. В литературе содержание свинца в организме человека представлено в различных тканях (кровь, ногти) [3, 67] и рассмотрено в связи с разной патологией [68]. Много работ посвящено изучению содержания свинца в волосах детей [3, 49, 67, 69 и др.].

В данном исследовании рассмотрено содержание свинца только в волосах здоровых взрослых людей, что значительно ограничило количество исследуемых работ по регионам России.

У людей с избыточным весом [49], у офисных работников нефтехимической промышленности [70] концентрация свинца не отличалась от значений контрольной группы. Напротив, у работников алюминиевого завода концентрация свинца в волосах по сравнению с контрольной группой была выше в 2 раза [23]. Проживание детей вблизи автотрасс приводит к накоплению свинца в их волосах (3,26–4,49 мкг/г) [67]. Следовательно, профессиональное воздействие и проживание вблизи источников выбросов свинца вызывают существенное накопление этого микроэлемента в волосах человека.

Среди полномасштабных и практически повсеместных мероприятий по снижению содержания свинца в окружающей среде известны запрет на производство и использование свинцовых красок и этилированного бензина, ограничение применения твёрдого ископаемого топлива. Со времени внедрения указанных мер прогнозировалось значительное снижение присутствия данного элемента в окружающей среде, в настоящее время системный анализ присутствия свинца в организме человека необходим для оценки эффективности программных мероприятий [2, 9]. Проведённый в нашей работе систематический обзор данных литературы по содержанию свинца в волосах населения Российской Федерации за период 2011–2021 гг. показывает, что у здорового взрослого населения средние значения варьируют в пределах 0,01–6,54 мг/кг. В Магадане и Оренбургской области содержание свинца в волосах населения предположительно изучалось в разные моменты времени, данные проведённого мониторинга позволили выявить тенденцию к увеличению концентрации Pb за последние 6 лет. В целом Оренбургская область — единственный регион, по которому достаточно информации для систематического анализа, по остальным регионам данных либо недостаточно, либо они отсутствуют, что не позволяет сделать какие-либо выводы об эффективности экологических мероприятий по снижению круговорота свинца в биосфере.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для двух третей субъектов РФ за период 2011–2021 гг. нет данных по концентрации свинца. Качественный синтез информации позволил выявить не только выраженные географические различия, но и существенную гетерогенность дизайна исследований, размера выборок и способов представления результатов, что может затруднять проведение сравнений и обуславливает использование универсальных подходов к сбору, анализу и представлению данных для обеспечения сравнимости и воспроизводимости полученных результатов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ/ ADDITIONAL INFORMATION

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: Е.А. Чанчаева — поиск информации, идентификация, скрининг, оценка на приемлемость, написание статьи, ответственность за целостность всех частей статьи; А.М. Гржибовский — концепция и дизайн исследования, методологические аспекты, критические комментарии, доработка рукописи, редактирование и утверждение окончательного варианта статьи; М.Г. Сухова — оценка на приемлемость публикаций, оформление ссылок, списка литературы, подготовка схемы, рисунка, приложения.

Authors' contribution. All authors fulfil ICMJE authorship criteria, i.e., made a significant contribution to concept and design, data collection, interpretation, writing and approval of the final version of the manuscript. E.A. Chanchaeva performed literature search, screened papers for eligibility, drafted the first version of the manuscript and is generally responsible for contents of the paper; A.M. Grijbovski stands behind the idea, design and all methodological issues, provided critical comments to the first draft, participated in preparing subsequent drafts, edited and approved the final version; M.G. Sukhova participated in selection of papers, evaluation of their eligibility and qualitative synthesis, and was responsible for technical management of all versions of the manuscript.

Финансирование исследования. Работа выполнена без внешнего финансирования.

Funding sources. The study had no sponsorship.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Competing interests. Authors declare absence of any competing interests regarding the study and the article publication.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А., Скальный А.В., Березкина Е.С., и др. Референтные значения содержания химических элементов в волосах взрослых жителей Республики Татарстан // *Экология человека*. 2016. Т. 23, № 4. С. 38–44. doi: 10.33396/1728-0869-2016-4-38-44
2. Li Y., Zhang B., Li H., et al. Biomarkers of lead exposure among a population under environmental stress // *Biol Trace Elem Res*. 2013. Vol. 153, N 1-3. P. 50–57. doi: 10.1007/s12011-013-9648-1
3. Skalny A.V., Zhukovskaya E.V., Kireeva G.N., et al. Whole blood and hair trace elements minerals in children living in metal-polluted area near copper smelter in Karabash, Chelyabinsk region, Russia // *Environ Sci Pollut Res Int*. 2018. Vol. 25, N 3. P. 2014–2020. doi: 10.1007/s11356-016-7876-6
4. Olumayede E.G., Ediagbonya T.F. Sequential extractions and toxicity potential of trace metals absorbed into airborne particles in an urban atmosphere of Southwestern Nigeria // *ScientificWorldJournal*. 2018. Vol. 2018. P. 9. doi: 10.1155/2018/6852165
5. Chowdhury R., Ramond A., O'Keeffe L.M., et al. Environmental toxic metal contaminants and risk of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis // *BMJ*. 2018. N 29. P. 362. doi: 10.1136/bmj.k3310
6. Jaccob A.A. Levels of As, Cd, Pb and Hg found in the hair from people living in Altamira, Pará, Brazil: environmental implications in the Belo Monte area // *Brazilian J Pharm Sci*. 2020. Vol. 56. doi: 10.1590/s2175-97902019000318061
7. Pragst F., Stieglitz K., Runge H., et al. High concentrations of lead and barium in hair of the rural population caused by water pollution in the Thar Jath oilfields in South Sudan // *Forensic Sci Int*. 2017. N 274, P. 99–106. doi: 10.1016/j.forsciint.2016.12.022
8. Gao X., Ji B., Yan D., et al. A full-scale study on thermal degradation of polychlorinated dibenzo- p-dioxins and dibenzofurans in municipal solid waste incinerator fly ash and its secondary air pollution control in China // *Waste Manag Res*. 2017. Vol. 35, N 4. P. 437–443. doi: 10.1177/0734242X16677078
9. Michalak I., Wołowicz P., Chojnacka K. Determination of exposure to lead of subjects from southwestern Poland by human hair analysis // *Environ Monit Assess*. 2014. Vol. 186, N 4. P. 2259–2267. doi: 10.1007/s10661-013-3534-3
10. Kazimirova A., Peikertova P., Barancokova M., et al. Automotive airborne brake wear debris nanoparticles and cytokinesis-block micronucleus assay in peripheral blood lymphocytes: a pilot study. *Environ Res*. 2016. Vol. 148. P. 443–449. doi: 10.1016/j.envres.2016.04.022
11. Zevenhoven R., Kilpinen P. Control of pollutants in flue gases and fuel gases. 2nd edition. Espoo/Turku : Helsinki university of technology, 2002. 298 p.
12. Albina D.O., Themelis N.J. Emissions from waste-to-energy: a comparison with coal-fired power plants // *IMECE'03 2003 ASME International Mechanical Engineering Congress*; November 16–21, 2003; New York. doi: 10.1115/IMECE2003-55295
13. Снежко С.И., Шевченко О.Г. Источники поступления тяжелых металлов в атмосферу // *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. 2011. № 18. С. 35–37.
14. Зайцева Н.В., Ланин Д.В., Черешнев В.А. Иммунная и нейро-эндокринная регуляция в условиях воздействия химических факторов различного генеза. Пермь : Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2016. 236 с.
15. Скальный А.В., Грабеклис А.Р., Скальная М.Г., Тармаева И.Ю., Киричук А.А. Химические элементы в гигиене и медицине окружающей среды / под ред. В.Н. Ракитского, Ю.А. Рахманина. Москва : РУДН, 2019. 339 с.
16. Mitra P., Sharma S., Purohit P., Sharma P. Clinical and molecular aspects of lead toxicity: an update // *Crit Rev Clin Lab Sci*. 2017. Vol. 54, N 7-8. P. 506–528. doi: 10.1080/10408363.2017.1408562
17. Jalili C., Kazemi M., Taheri E., et al. Exposure to heavy metals and the risk of osteopenia or osteoporosis: a systematic review and meta-analysis // *Osteoporos Int*. 2020. Vol. 31, N 9. P. 1671–1682. doi: 10.1007/s00198-020-05429-6

18. Matović V., Buha A., Đukić-Čosić D., Bulat Z. Insight into the oxidative stress induced by lead and/or cadmium in blood, liver and kidneys // *Food Chem Toxicol.* 2015. Vol. 78. P. 130–40. doi: 10.1016/j.fct.2015.02.011
19. Choi S., Kwon J., Kwon P., et al. Association between blood heavy metal levels and predicted 10-year risk for a first atherosclerosis cardiovascular disease in the general Korean population // *Int J Environ Res Public Health.* 2020. Vol. 17, N 6. P. 2134. doi: 10.3390/ijerph17062134
20. Protsenko Y.L., Klinova S.V., Gerzen O.P., et al. Changes in rat myocardium contractility under subchronic intoxication with lead and cadmium salts administered alone or in combination // *Toxicol Rep.* 2020. Vol. 7. P. 433–442. doi: 10.1016/j.toxrep.2020.03.001
21. Amini M., Zayeri F., Salehi M. Trend analysis of cardiovascular disease mortality, incidence, and mortality-to-incidence ratio: results from global burden of disease study 2017 // *BMC Public Health.* 2021. Vol. 21, N 1. P. 401. doi: 10.1186/s12889-021-10429-0
22. Farkhondeh T., Naseri K., Esform A., et al. Drinking water heavy metal toxicity and chronic kidney diseases: a systematic review // *Rev Environ Health.* 2020. Vol. 36, N 3. P. 359–366. doi: 10.1515/reveh-2020-0110
23. Skalny A.V., Kaminskaya G.A., Krekeshova T.I., et al. Assessment of hair metal levels in aluminium plant workers using scalp hair ICP-DRC-MS analysis // *J Trace Elem Med Biol.* 2018. Vol. 50. P. 658–663. doi: 10.1016/j.jtemb.2018.06.014
24. Hopps H.C. The biologic bases for using hair and nail for analysis of trace elements // *Sci Total Environ.* 1977. Vol. 7, N 1. P. 71–89. doi: 10.1016/0048-9697(77)90018-3
25. Buononato E.V., De Luca D., Galeandro I.C., et al. Assessment of environmental and occupational exposure to heavy metals in Taranto and other provinces of Southern Italy by means of scalp hair analysis // *Environ Monit Assess.* 2016. Vol. 188, N 6. P. 337. doi: 10.1007/s10661-016-5311-6
26. Рафикова Ю.С., Семенова И.Н., Хасанова Р.Ф., Суюндуков Я.Т. Уровни содержания кадмия и свинца в волосах населения Зауральской зоны Республики Башкортостан // *Экология человека.* 2020. Т. 27, № 1. С. 17–24. doi: 10.33396/1728-0869-2020-1-17-24
27. Liang G., Pan L., Liu X. Assessment of typical heavy metals in human hair of different age groups and foodstuffs in Beijing, China // *Int J Environ Res Public Health.* 2017. Vol. 14, N 8. P. 914. doi: 10.3390/ijerph14080914
28. Murao S., Kirdmanee C., Sera K., et al. Detection of lead in human hair: a contribution of PIXE to the lead-elimination issue // *International journal of PIXE.* 2013. Vol. 23, N 01n02. P. 31–37. doi: 10.1142/S0129083513400044
29. Гресь Н.А., Гузик Е.О., Кедрова И.И., и др. Баланс микроэлементов в биосистеме «человек — среда обитания» минского региона // *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия медицинских наук.* 2012. № 4. С. 35–41.
30. Батырова Г.А., Тлегенова Ж.Ш., Умарова Г.А., и др. Микроэлементный статус взрослого населения Западного Казахстана // *Экология человека.* 2021. Т. 28, № 11. С. 42–49. doi: 10.33396/1728-0869-2021-11-42-49
31. Байкенова Г.Е., Барановская Н.В., Какабаев А.А., и др. Индикаторные показатели состояния экосистем в элементном составе волос жителей районов северного Казахстана // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов.* 2021. Т. 332, № 7. С. 148–158. doi: 10.18799/24131830/2021/7/3278
32. González-Muñoz M.J., Peña A., Meseguer I. Monitoring heavy metal contents in food and hair in a sample of young Spanish subjects // *Food Chem Toxicol.* 2008. Vol. 46, N 9. P. 3048–3052. doi: 10.1016/j.fct.2008.06.004
33. Kist A.A., Zhuk L.I., Danilova E.A., Mikholskaya I.N. Mapping of ecologically unfavorable territories based on human hair composition // *Biol Trace Elem Res.* 1998. Vol. 64, N 1-3. P. 1–12. doi: 10.1007/BF02783320
34. Mikulewicz M., Chojnacka K.W., Gedrange T., Górecki H. Reference values of elements in human hair: a systematic review // *Environ Toxicol Pharmacol.* 2013. Vol. 36, N 3. P. 1077–1086. doi: 10.1016/j.etap.2013.09.012
35. Семенова И.Н., Рафикова Ю.С., Суюндуков Я.Т., и др. Содержание токсичных микроэлементов в волосах взрослого населения Башкирского Зауралья // *Современные проблемы науки и образования.* 2016. № 6. С. 517.
36. Корчина Т.Я., Корчин В.И., Сухарева А.С., и др. Элементный статус взрослых некоренных жителей Ханты-Мансийского автономного округа // *Экология человека.* 2019. Т. 26, № 10. С. 33–40. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2019-10-33-40
37. Abdelbagi M.A., Gilani Mustafa M.A., Sharf Eldeen A.E. Concentrations of trace elements in human hair as a biomarker expose to environmental contamination // *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology.* 2017. Vol. 4. P. 2.
38. Liu W., Xin Y., Li Q., et al. Biomarkers of environmental manganese exposure and associations with childhood neurodevelopment: a systematic review and meta-analysis // *Environ Health.* 2020. Vol. 19, N 1. P. 104. doi: 10.1186/s12940-020-00659-x
39. Skalnaya M.G., Tinkov A.A., Demidov V.A., et al. Hair toxic element content in adult men and women in relation to body mass index // *Biol Trace Elem Res.* 2014. Vol. 161, N 1. P. 13–19. doi: 10.1007/s12011-014-0082-9
40. Zaitseva I.P., Skalny A.A., Tinkov A.A., et al. The influence of physical activity on hair toxic and essential trace element content in male and female students // *Biol Trace Elem Res.* 2015. Vol. 163, N 1-2. P. 58–66. doi: 10.1007/s12011-014-0172-8
41. Skalny A.V., Skalnaya M.G., Tinkov A.A., et al. Reference values of hair toxic trace elements content in occupationally non-exposed Russian population // *Environ Toxicol Pharmacol.* 2015. Vol. 40, N 1. P. 18–21. doi: 10.1016/j.etap.2015.05.004
42. Petrova P.G., Borisova N.V., Koltovskaya G.A. The hypo- and hyperelementosis to women of the Republic of Sakha (Yakutia) // *Wiad Lek.* 2018. Vol. 71, N 4. P. 824–829.
43. Основные показатели охраны окружающей среды. Статистический бюллетень. Москва : Федеральная служба государственной статистики (Росстат), 2021. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr_bul_2021.pdf. Дата обращения: 06.06.2022.
44. Скальный А.В., Березкина Е.С., Демидов В.А., и др. Эколого-физиологическая оценка элементного статуса взрослого населения Республики Башкортостан // *Гигиена и санитария.* 2016. Т. 95, № 6. С. 533–538. doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-6-533-538

45. Чанчаева Е.А., Сухова М.Г., Куриленко Т.К. Аккумуляция свинца в волосах населения административного центра Республики Алтай // *Экология человека*. 2021. Т. 28, № 6. С. 4–11. doi: 10.33396/1728-0869-2021-6-4-11
46. Любченко П.Н., Ревич Б.А., Левченко И.И. Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами. Метод. реком. Утв. МЗ СССР 28.11.1988 г. Москва, 1988. 24 с.
47. Баранова О.В., Брудастов Ю.А., Детков В.Ю., Мироненко А.Н. Оценка содержания микроэлементов в волосах жителей региона с повышенной антропогенной нагрузкой // *Вестник восстановительной медицины*. 2013. № 2. С. 64–66.
48. Скальный А.В., Мирошников С.А., Нотова С.В., и др. Региональные особенности элементного гомеостаза как показатель эколого-физиологической адаптации // *Экология человека*. 2014. Т. 21, № 9. С. 14–17.
49. Skalnaya M.G., Tinkov A.A., Demidov V.A., et al. Age-related differences in hair trace elements: a cross-sectional study in Orenburg, Russia // *Ann Hum Biol.* 2016. Vol. 43, N 5. P. 438–444. doi: 10.3109/03014460.2015.1071424
50. Сальникова Е.В., Мирошников А.М., Осипова Е.А., и др. Тяжелые металлы в цепи «Корм-животное-человек» на примере Оренбургской области // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2013. № 6. С. 10–12.
51. Сальникова Е.В., Бурцева Т.И., Скальный А.В. Региональные особенности содержания микроэлементов в биосфере и организме человека // *Гигиена и санитария*. 2019. Т. 98, № 2. С. 148–152. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-2-148-152
52. Луговая Е.А., Степанова Е.М. Особенности состава питьевой воды Магадана и здоровья населения // *Гигиена и санитария*. 2016. Т. 95, № 3. С. 241–246. doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-3-241-246
53. Горбачев А.Л., Луговая Е.А. Элементный профиль организма аборигенных жителей Северо-Востока России // *Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН*. 2015. № 1. С. 86–94.
54. Луговая Е.А., Степанова Е.М. Оценка нутриентной обеспеченности жителей Севера с учетом содержания макро- и микроэлементов в пищевых продуктах // *Вопросы питания*. 2015. Т. 84, № 2. С. 44–52.
55. Степанова Е.М., Луговая Е.А., Виноградова И.А. Элементный "портрет" студенческой молодежи северных регионов России // *Ученые записки Петрозаводского государственного университета*. 2014. № 8-1. С. 44–51.
56. Агбалян Е.В., Шинкарук Е.В., Попова Т.Л., Максименко Ю.И. Эссенциальные и токсичные элементы в биосубстратах жителей полуострова Ямал // *Научный вестник Ямало-ненецкого автономного округа*. 2019. № 3. С. 35–45. doi: 10.26110/ARCTIC.2019.104.3.007
57. Корчин В.И., Макаева Ю.С., Корчина Т.Я., и др. Биоэлементные маркеры антиоксидантного статуса у водителей и работников автозаправочных станций Северного региона // *Экология человека*. 2016. Т. 23, № 6. С. 9–14. doi: 10.33396/1728-0869-2016-6-9-14
58. Бикбулатова Л.Н., Корчин В.И., Корчина Т.Я. Элементные маркеры воздействия на организм свинца и кадмия у некоренного и коренного населения Ямало-Ненецкого автономного округа // *Микроэлементы в медицине*. 2021. Т. 22, № 4. С. 43–49. doi: 10.19112/2413-6174-2021-22-4-43-49
59. Скальная М.Г., Грабеклис А.Р., Скальный А.А., и др. Оценка элементного статуса населения Кировской области методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой // *Гигиена и санитария*. 2019. Т. 99, № 3. С. 309–316. doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-3-309-316
60. Степанова Е.М., Луговая Е.А. Характеристика микроэлементного баланса у юношей-аборигенов и европеоидов — постоянных жителей Чукотского автономного округа // *Экология человека*. 2019. Т. 26, № 12. С. 14–19. doi: 10.33396/1728-0869-2019-12-14-19
61. Тармаева И.Ю., Скальный А.В., Богданова О.Г., и др. Элементный статус взрослого трудоспособного населения Республики Бурятия // *Медицина труда и промышленная экология*. 2019. Т. 59, № 5. С. 308–313. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-5-308-313
62. Юрмазова Т.А., Шахова Н.Б., Рязанова Т.А. Использование физико-химических методов анализа в определении химического состава биосубстратов // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 6. С. 1796.
63. Вильмс Е.А., Гогадзе Н.В., Турчанинов Д.В., Корчина Т.Я. Сравнительный анализ микроэлементного состава волос городских жителей Западной Сибири // *Гигиена и санитария*. 2015. Т. 94, № 7. С. 99–103.
64. Senofonte O., Violante N., Caroli S. Assessment of reference values for elements in human hair of urban schoolboys // *J Trace Elem Med Biol.* 2000. Vol. 14, N 1. P. 6–13. doi: 10.1016/s0946-672x(00)80017-6
65. Samanta G., Sharma R., Roychowdhury T., Chakraborti D. Arsenic and other elements in hair, nails, and skin-scales of arsenic victims in West Bengal, India // *Sci Total Environ.* 2004. Vol. 326, N 1-3. P. 33–47. doi: 10.1016/j.scitotenv.2003.12.006
66. Klotz K., Weistenhöfer W., Drexler H. Determination of cadmium in biological samples // *Met Ions Life Sci.* 2013. N 11. P. 85–98. doi: 10.1007/978-94-007-5179-8_4
67. Кудин М.В. Микроэлементный состав волос и ногтей у детей, проживающих в условиях воздействия цементной пыли // *Вопросы детской диетологии*. 2010. Т. 8, № 6. С. 47–50.
68. Skalnaya M.G., Skalny A.V., Grabeklis A.R., et al. Hair trace elements in overweight and obese adults in association with metabolic parameters // *Biol Trace Elem Res.* 2018. Vol. 186, N 1. P. 12–20. doi: 10.1007/s12011-018-1282-5
69. Савченков О.В. Влияние загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами на здоровье детей дошкольного возраста // *Экология человека*. 2018. Т. 25, № 3. С. 16–20. doi: 10.33396/1728-0869-2018-3-16-20
70. Skalny A.V., Kaminskaya G.A., Krekeshcheva T.I., et al. The level of toxic and essential trace elements in hair of petrochemical workers involved in different technological processes // *Environ Sci Pollut Res Int.* 2017. Vol. 24, N 6. P. 5576–5584. doi: 10.1007/s11356-016-8315-4
71. Отмахов В.И., Обухова А.В., Ондар С.А., Петрова Е.В. Определение элементного статуса человека с целью оценки экологической безопасности регионов // *Вестник Томского государственного университета. Химия*. 2017. № 9. С. 50–59. doi: 10.17223/24135542/9/5

72. Радилов А.С., Комбаров М.Ю., Павлова А.А., и др. Содержание химических элементов в волосах населения, проживающего в г. Армянск (Республика Крым) в период чрезвычайной экологической ситуации // Медицина экстремальных ситуаций. 2020. Т. 22, № 1. С. 49–60.
73. Горбачев А.Л., Луговая Е.А., Степанова Е.М. Микроэлементный профиль людей старческого возраста Европейского И Азиатского Севера России // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 5. С. 432–439.
doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-5-439-444
74. Суханов С.Г., Горбачев А.Л. Региональные особенности микроэлементного состава биосубстратов у жителей Северо-Западного региона России // Микроэлементы в медицине. 2017. Т. 18, № 2. С. 10–16.
doi: 10.19112/2413-6174-2017-18-2-10-16
75. Skalny A.V., Skalnaya M.G., Serebryansky E.P., et al. Comparative hair trace element profile in the population of sakhalin and Taiwan Pacific Islands // Biol Trace Elem Res. 2018. Vol. 184, N 2. P. 308–316. doi: 10.1007/s12011-017-1204-y
76. Ларионова Т.К., Даукаев Р.А., Аллаярова Г.Р., и др. Оценка обеспеченности организма жителей Уфы макро- и микроэлементами по составу биологических сред // Медицина труда и экология человека. 2016. № 3. С. 56–60.
77. Виноградова И.А., Варганова Д.В., Луговая Е.А. Оценка содержания макро- и микроэлементов у жителей Европейского Севера в зависимости от пола и возраста // Успехи геронтологии. 2021. Т. 34, № 4. С. 572–580.
doi: 10.34922/AE.2021.34.4.010
78. Луговая Е.А., Степанова Е.М., Варганова Д.В., и др. Региональные особенности элементного статуса жителей молодого возраста и старшей возрастной группы республики Карелия // Вестник Кольского научного центра РАН. 2017. Т. 9, № 4. С. 81–86.
79. Тупикиев В.А., Наумова Н.Л., Ребезов М.Б. Элементный состав волос как отражение экологической ситуации // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. 2012. № 21. С. 119–122.

REFERENCES

1. Agadzhanian NA, Skalny AV, Berezkina ES, et al. Reference values for chemical elements concentration in hair of adults in the Republic of Tatarstan. *Ekologiya cheloveka (Human ecology)*. 2016;23(4):38–44. (In Russ).
doi: 10.33396/1728-0869-2016-4-38-44
2. Li Y, Zhang B, Li H, et al. Biomarkers of lead exposure among a population under environmental stress. *Biol Trace Elem Res*. 2013;153(1-3):50–57. doi: 10.1007/s12011-013-9648-1
3. Skalny AV, Zhukovskaya EV, Kireeva GN, et al. Whole blood and hair trace elements and minerals in children living in metal-polluted area near copper smelter in Karabash, Chelyabinsk region, Russia. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2018;25(3):2014–2020.
doi: 10.1007/s11356-016-7876-6
4. Olumayede EG, Ediagbonya TF. Sequential extractions and toxicity potential of trace metals absorbed into airborne particles in an urban atmosphere of Southwestern Nigeria. *Scientific world journal*. 2018;2018:6852165.
doi: 10.1155/2018/6852165
5. Chowdhury R, Ramond A, O'Keeffe LM, et al. Environmental toxic metal contaminants and risk of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2018;362:k3310.
doi: 10.1136/bmj.k3310
6. Jaccob AA. Levels of As, Cd, Pb and Hg found in the hair from people living in Altamira, Pará, Brazil: environmental implications in the Belo Monte area. *Brazilian J Pharm Sci*. 2020;56.
doi: 10.1590/s2175-97902019000318061
7. Pragst F, Stieglitz K, Runge H, et al. High concentrations of lead and barium in hair of the rural population caused by water pollution in the Thar Jath oilfields in South Sudan. *Forensic Sci Int*. 2017;274:99–106. doi: 10.1016/j.forsciint.2016.12.022
8. Gao X, Ji B, Yan D, et al. A full-scale study on thermal degradation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in municipal solid waste incinerator fly ash and its secondary air pollution control in China. *Waste Manag Res*. 2017;35(4):437–443.
doi: 10.1177/0734242X16677078
9. Michalak I, Wołowicz P, Chojnacka K. Determination of exposure to lead of subjects from southwestern Poland by human hair analysis. *Environ Monit Assess*. 2014;186(4):2259–2267.
doi: 10.1007/s10661-013-3534-3
10. Kazimirova A, Peikertova P, Barancokova M, et al. Automotive airborne brake wear debris nanoparticles and cytokinesis-block micronucleus assay in peripheral blood lymphocytes: a pilot study. *Environ Res*. 2016;148:443–449.
doi: 10.1016/j.envres.2016.04.022
11. Zevenhoven R, Kilpinen P. *Control of pollutants in flue gases and fuel gases. 2nd edition*. Espoo/Turku: Helsinki university of technology; 2002. 298 p.
12. Albina DO, Themelis NJ. *Emissions from waste-to-energy: a comparison with coal-fired power plants*. IMECE'03 2003 ASME International Mechanical Engineering Congress; 2003 Nov 16–21; New York. doi: 10.1115/IMECE2003-55295
13. Snezhko SI, Shevchenko OG. Sources of heavy metals entering the atmosphere. *Uchenye zapiski Rossiiskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta*. 2011;(18):35–37. (In Russ).
14. Zaitseva NV, Lanin DV, Chereshev VA. *Immune and neuroendocrine regulation under the influence of chemical factors of various genesis*. Perm: Izdatel'stvo Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta; 2016. 236 p. (In Russ).
15. Skalny AV, Grabeklis AR, Skalnaya MG, et al. *Chemical elements in environmental hygiene and medicine*. Rakitskij VN, Rahmanin JuA, editors. Moscow: RUDN; 2019. 339 p. (In Russ).
16. Mitra P, Sharma S, Purohit P, Sharma P. Clinical and molecular aspects of lead toxicity: an update. *Crit Rev Clin Lab Sci*. 2017;54(7-8):506–528. doi: 10.1080/10408363.2017.1408562
17. Jalili C, Kazemi M, Taheri E, et al. Exposure to heavy metals and the risk of osteopenia or osteoporosis: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int*. 2020;31(9):1671–1682.
doi: 10.1007/s00198-020-05429-6

18. Matović V, Buha A, Đukić-Čosić D, Bulat Z. Insight into the oxidative stress induced by lead and/or cadmium in blood, liver and kidneys. *Food Chem Toxicol.* 2015;78:130–140. doi: 10.1016/j.fct.2015.02.011
19. Choi S, Kwon J, Kwon P, et al. Association between blood heavy metal levels and predicted 10-year risk for a first atherosclerosis cardiovascular disease in the general Korean population. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(6):2134. doi: 10.3390/ijerph17062134
20. Protsenko YL, Klinova SV, Gerzen OP, et al. Changes in rat myocardium contractility under subchronic intoxication with lead and cadmium salts administered alone or in combination. *Toxicol Rep.* 2020;7:433–442. doi: 10.1016/j.toxrep.2020.03.001
21. Amini M, Zayeri F, Salehi M. Trend analysis of cardiovascular disease mortality, incidence, and mortality-to-incidence ratio: results from global burden of disease study 2017. *BMC Public Health.* 2021;21(1):401. doi: 10.1186/s12889-021-10429-0
22. Farkhondeh T, Naseri K, Esform A, et al. Drinking water heavy metal toxicity and chronic kidney diseases: a systematic review. *Rev Environ Health.* 2020;36(3):359–366. doi: 10.1515/reveh-2020-0110
23. Skalny AV, Kaminskaya GA, Krekesheva TI, et al. Assessment of hair metal levels in aluminium plant workers using scalp hair ICP-DRC-MS analysis. *J Trace Elem Med Biol.* 2018;50:658–663. doi: 10.1016/j.jtemb.2018.06.014
24. Hopps HC. The biologic bases for using hair and nail for analyses of trace elements. *Sci Total Environ.* 1977;7(1):71–89. doi: 10.1016/0048-9697(77)90018-3
25. Buononato EV, De Luca D, Galeandro IC, et al. Assessment of environmental and occupational exposure to heavy metals in Taranto and other provinces of Southern Italy by means of scalp hair analysis. *Environ Monit Assess.* 2016;188(6):337. doi: 10.1007/s10661-016-5311-6
26. Rafikova YuS, Semenova IN, Khasanova RF, Suyundukov YaT. Cadmium and concentration in human hair in the trans-Urals region of Bashkortostan Republic. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2020;27(1):17–24. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2020-1-17-24
27. Liang G, Pan L, Liu X. Assessment of typical heavy metals in human hair of different age groups and foodstuffs in Beijing, China. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(8):914. doi: 10.3390/ijerph14080914
28. Murao S, Kirdmanee C, Sera K, et al. Detection of lead in human hair: a contribution of PIXE to the lead-elimination issue. *International journal of PIXE.* 2013;23(01n02):31–37. doi: 10.1142/S0129083513400044
29. Gres NA, Guzik EO, Kedrova II, et al. Microelement balance in the man — environment biosystem in the Minsk region. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, medical series.* 2012;(4):35–41. (In Russ).
30. Batyrova GA, Tlegenova ZhSh, Umarova GA, et al. Microelement status of the adult population in western Kazakhstan. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2021;28(11):42–49. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2021-11-42-49
31. Baikenova GE, Baranovskaya NV, Kakabaev AA, et al. Indicators of the state of the ecosystems based on the hair compositions of the northern Kazakhstan residents. *Bulletin of the Tomsk polytechnic university. Geo assets engineering.* 2021;332(7):148–158. (In Russ). doi: 10.18799/24131830/2021/7/3278
32. González-Muñoz MJ, Peña A, Meseguer I. Monitoring heavy metal contents in food and hair in a sample of young Spanish subjects. *Food Chem Toxicol.* 2008;46(9):3048–3052. doi: 10.1016/j.fct.2008.06.004
33. Kist AA, Zhuk LI, Danilova EA, Mikholskaya IN. Mapping of ecologically unfavorable territories based on human hair composition. *Biol Trace Elem Res.* 1998;64(1-3):1–12. doi: 10.1007/BF02783320
34. Mikulewicz M, Chojnacka K, Gedrange T, Górecki H. Reference values of elements in human hair: a systematic review. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2013;36(3):1077–1086. doi: 10.1016/j.etap.2013.09.012
35. Semenova IN, Rafikova YS, Suyundukov YaT, et al. Content of toxic trace elements in hairs adult population Trans-Urals of Bashkortostan. *Modern problems of science and education.* 2016;(6):517. (In Russ).
36. Korchina TYa, Korchin VI, Sukhareva AS. Elemental status of adult non-indigenous population of Khanty-Mansi autonomous region. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2019;26(10):33–40. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2019-10-33-40
37. Abdelbagi MA, Gilani Mustafa MA, Sharf Eldeen AE. Concentrations of trace elements in human hair as a biomarker expose to environmental contamination. *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology.* 2017;4:2.
38. Liu W, Xin Y, Li Q, et al. Biomarkers of environmental manganese exposure and associations with childhood neurodevelopment: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health.* 2020;19(1):104. doi: 10.1186/s12940-020-00659-x
39. Skalnaya MG, Tinkov AA, Demidov VA, et al. Hair toxic element content in adult men and women in relation to body mass index. *Biol Trace Elem Res.* 2014;161(1):13–19. doi: 10.1007/s12011-014-0082-9
40. Zaitseva IP, Skalny AA, Tinkov AA, et al. The influence of physical activity on hair toxic and essential trace element content in male and female students. *Biol Trace Elem Res.* 2015;163(1-2):58–66. doi: 10.1007/s12011-014-0172-8
41. Skalny AV, Skalnaya MG, Tinkov AA, et al. Reference values of hair toxic trace elements content in occupationally non-exposed Russian population. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2015;40(1):18–21. doi: 10.1016/j.etap.2015.05.004
42. Petrova PG, Borisova NV, Koltovskaya GA. The hypo- and hyper-elementosis to women of the Republic of Sakha (Yakutia). *Wiad Lek.* 2018;71(4):824–829.
43. *The main indicators of environmental protection. Statistical bulletin.* Moscow: Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat); 2021. [cited: 06.06.2022]. Available from: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr_bul_2021.pdf. (In Russ).
44. Skalny AV, Berezkina EA, Demidov VA, et al. Ecological and physiological assessment of the elemental status in the adult population of the republic of Bashkortostan. *Hygiene and sanitation.* 2016;95(6):533–538. (In Russ). doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-6-533-538
45. Chanchaeva EA, Sukchova MG, Kurilenko TK. Lead concentration in human hair in the administrative center of the Altai Republic. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2021;28(6):4–11. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2021-6-4-11

46. Lyubchenko PN, Revich BA, Levchenko IL. *Screening methods for identifying high-risk groups among workers in contact with toxic chemical elements: guidelines. MH of the USSR 28.11.1988.* Moscow; 1988. 24 p. (In Russ).
47. Baranova OV, Brudastov YuA, Detkov VYu, Mironenko AN. Assessment of the content of trace elements in the hair of people in a region with increased anthropogenic load. *Bulletin of rehabilitation medicine.* 2013;(2):64–66. (In Russ).
48. Skalny AV, Miroshnikov SA, Notova SV, et al. Regional features of the elemental homeostasis as an indicator of ecological and physiological adaptation. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2014;21(9):14–17. (In Russ).
49. Skalnaya MG, Tinkov AA, Demidov VA, et al. Age-related differences in hair trace elements: a cross-sectional study in Orenburg, Russia. *Ann Hum Biol.* 2016;43(5):438–444. doi: 10.3109/03014460.2015.1071424
50. Salnikova EV, Miroshnikov AM, Osipova EA, et al. Heavy metals in chains «animal-feed-man» in case of Orenburg region. *Vestnik of Orenburg state pedagogical university.* 2013;(6):10–12. (In Russ).
51. Salnikova EV, Burtseva TI, Skalny AV. Regional peculiarities of trace elements in the biosphere and the human body. *Hygiene and sanitation.* 2019;98(2):148–152. (In Russ). doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-2-148-152
52. Lugovaya EA, Stepanova EM. Features of the content of drinking water in the city of Magadan and population health. *Hygiene and sanitation.* 2016;95(3):241–246. (In Russ). doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-3-241-246
53. Gorbachev AL, Lugovaya EA. Trace element profile typical for aboriginal residents of Russia's Northeast. *Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East branch.* 2015;1:86–94. (In Russ).
54. Lugovaya EA, Stepanova EM. Assessment of the north resident's nutrition supply with view of the content of macroand microelements in food. *Problems of nutrition.* 2015;84(2):44–52. (In Russ).
55. Stepanova EM, Lugovaya EA, Vinogradova IA. Element "portrait" of students in Russian northern regions. *Proceedings of Petrozavodsk state university.* 2014;(8-1):44–51. (In Russ).
56. Agbalyan EV, Shinkaruk EV, Popova TL, Maksimenko YI. Essential and toxic elements in the biosubstrates of the inhabitants of the Yamal peninsula. *Scientific bulletin of the Yamal-Nenets autonomous district.* 2019;(3):35–45. (In Russ). doi: 10.26110/ARCTIC.2019.104.3.007
57. Korchin VI, Makayeva YS, Korchina TY, et al. Bioelemental markers of the antioxidant status in drivers and workers of petrol-filling stations in the Northern region. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2016;23(6):9–14. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2016-6-9-14
58. Bikbulatova LN, Korchin VI, Korchina TYa. Elemental markers of the impact on the organism of lead and cadmium in the indigenous and indigenous population of the Yamal-Nenets autonomous district. *Trace elements in medicine.* 2021;22(4):43–49. (In Russ). doi: 10.19112/2413-6174-2021-22-4-43-49
59. Skalnaya MG, Grabeklis AR, Skalny AA, et al. Elementary status evaluation of Kirov region's population by method of mass spectrometry with inductively coupled plasma. *Hygiene and sanitation.* 2019;99(3):309–316. (In Russ). doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-3-309-316
60. Stepanova EM, Lugovaya EA. Hair microelement profile in young aboriginal- and caucasian men in the chukotka autonomous district (Arctic Russia). *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2019;26(12):14–19. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2019-12-14-19
61. Tarmaeva IYu, Skalny AV, Bogdanova OG, et al. Elemental status of the adult working population of the Republic of Buryatia. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology.* 2019;59(5):308–313. (In Russ). doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-5-308-313
62. Yurmazova TA, Shakhova NB, Ryazanova TA. Use of physico-chemical methods of analysis in the determination of the chemical composition of biological substrates. *Modern problems of science and education.* 2014;(6):1796. (In Russ).
63. Vilms EA, Gogadze NV, Turchaninov DV, Korchina TYa. Comparative analysis of trace element composition of hair in urban residents of western Siberia. *Hygiene and sanitation.* 2015;94(7):99–103. (In Russ).
64. Senofonte O, Violante N, Caroli S. Assessment of reference values for elements in human hair of urban schoolboys. *J Trace Elem Med Biol.* 2000;14(1):6–13. doi: 10.1016/s0946-672x(00)80017-6
65. Samanta G, Sharma R, Roychowdhury T, Chakraborti D. Arsenic and other elements in hair, nails, and skin-scales of arsenic victims in West Bengal, India. *Sci Total Environ.* 2004;326(1-3):33–47. doi: 10.1016/j.scitotenv.2003.12.006
66. Klotz K, Weistenhöfer W, Drexler H. Determination of cadmium in biological samples. *Met Ions Life Sci.* 2013;11:85–98. doi: 10.1007/978-94-007-5179-8_4
67. Kudin MV. The trace element composition of hair and nails in children living in communities exposed to cement dust. *Pediatric nutrition.* 2010;8(6):47–50. (In Russ).
68. Skalnaya MG, Skalny AV, Grabeklis AR, et al. Hair trace elements in overweight and obese adults in association with metabolic parameters. *Biol Trace Elem Res.* 2018;186(1):12–20. doi: 10.1007/s12011-018-1282-5
69. Savchenkov OV. Environmental heavy metals pollution effect on preschool children's health. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2018;25(3):16–20. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2018-3-16-20
70. Skalny AV, Kaminskaya GA, Krekesheva TI, et al. The level of toxic and essential trace elements in hair of petrochemical workers involved in different technological processes. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2017;24(6):5576–5584. doi: 10.1007/s11356-016-8315-4
71. Otmakhov VI, Obuhova AV, Ondar SA, Petrova EV. Determining peoples element status to assess the ecological safety of regions. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta Khimiya.* 2017;(9):50–59. (In Russ). doi: 10.17223/24135542/9/5
72. Radilov AS, Kombarova MYu, Pavlova AA, et al. Element content in hair of population living in the city of Armyansk (Crimea republic) during the environmental emergency. *Medicine of extreme situations.* 2020;22(1):49–60. (In Russ).
73. Gorbachev AL, Lugovaya EA, Stepanova EM. Trace element status in old people of European and Asian parts of the North of Russia. *Hygiene and sanitation.* 2016;95(5):432–439. (In Russ). doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-5-439-444
74. Sukhanov SG, Gorbachev AL. The regional features of the microelement composition of biosubstrates in residents of the

- North-West region of Russia. *Trace elements in medicine*. 2017;18(2):10–16. (In Russ).
doi: 10.19112/2413-6174-2017-18-2-10-16
75. Skalny AV, Skalnaya MG, Serebryansky EP, et al. Comparative hair trace element profile in the population of sakhalin and Taiwan Pacific Islands. *Biol Trace Elem Res*. 2018;184(2):308–316. doi: 10.1007/s12011-017-1204-y
76. Larionova TK, Daukaev RA, Allayarova GR, et al. The assessment of provision macro- and trace elements of residents organism of Ufa by composition of biological fluids. *Occupational medicine and human ecology*. 2016;(3):56–60. (In Russ).
77. Vinogradova IA, Varganova DV, Lugovaya YeA. Hair macro- and microelement assessment in residents of European north depending on gender and age. *Advances in gerontology*. 2021;34(4):572–580. (In Russ). doi: 10.34922/AE.2021.34.4.010
78. Lugovaya EA, Stepanova EM, Varganova DV, et al. Region-related essential element status observed in the young and elderly residents of Republic of Karelia. *Vestnik Kolskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2017;9(4):81–86. (In Russ).
79. Tupikov VA, Naumova NL, Rebezov MB. Elemental composition of the hair as a reflection of environmental situation. *Bulletin of the South Ural state university series education healthcare physical culture*. 2012;(21):119–122. (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

***Елена Анатольевна Чанчаева**, д.б.н., профессор;
адрес: Россия, 649000, Горно-Алтайск, ул. Ленкина, 1;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5281-1145>;
eLibrary SPIN: 1295-9908;
e-mail: chan.73@mail.ru

Андрей Мечиславович Гржибовский, PhD;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5464-0498>;
eLibrary SPIN: 5118-0081;
e-mail: andrej.grjibovski@gmail.com

Мария Геннадьевна Сухова, д.г.н.;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8648-2482>;
eLibrary SPIN: 4200-7808;
e-mail: Mgs.gasu@yandex.ru

AUTHORS INFO

***Elena A. Chanchaeva**, MD, PhD, Dr. Sci. (Biol.), professor;
address: 1 Lenkina street, 649000, Gorno-Altai, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5281-1145>;
eLibrary SPIN: 1295-9908; e-mail: chan.73@mail.ru

Andrej M. Grjibovski, MD, MPhil, PhD;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5464-0498>;
eLibrary SPIN: 5118-0081;
e-mail: andrej.grjibovski@gmail.com

Maria G. Sukhova, Dr. Sci. (Geogr.);
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8648-2482>;
eLibrary SPIN: 4200-7808;
e-mail: Mgs.gasu@yandex.ru

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Приложение 1. Концентрация свинца в волосах населения субъектов Российской Федерации, мг/кг
Supplement 1. Hair lead concentration among the population of the Russian Federation, mg/kg

Метод анализа Assessment method	Регион / город Region / city	Пол Gender	Возраст, лет/ среднее значение Age, years/ mean age	Количество образцов Number of samples	Среднее арифметическое Arithmetic mean	Me [Q1; Q3]	Минимальное Minimum	Максимальное Maximum	Источник References
ИСП-МС	Москва и Московская область Moscow and Moscow region	М	20–60	1524	2,528	0,501 [0,121; 4,689]	—	—	[41]
		Ж / F		4384	0,532	0,295 [0,083; 1,462]	—	—	
		Оба пола (both)		5908	1,046	1,046 [0,088; 2,142]	—	—	
		М	18–76	71	0,536	0,308 [0,258; 0,808]	0,133	0,410	[35]
ИСП-МС	Сибай (Республика Башкортостан) Sibay city (Republic of Bashkortostan)	Ж / F			0,640	0,207 [0,144; 1,570]	0,125	1,620	
		М	18–76	17	—	0,788 [0,337; 1,650]	—	—	[26]
		Ж / F		66	—	0,160 [0,320; 0,540]	—	—	
		М	25–50	514	—	1,09 [0,5; 2,51]	—	—	[44]
ИСП-МС	Республика Башкортостан Republic of Bashkortostan	Ж / F		624	—	0,41 [0,23; 0,77]	—	—	
		М (n=33)	38,3	81	1,32	1,26 [0,34; 1,66]	—	—	[58]
		Ж / F (n=48)							
		М	21–50	62	3,32	2,27 [0,46; 5,70]	0	17,72	[45]
ИСП-МС	Горно-Алтайск Gorno-Altai	Ж / F		60	3,01	1,53 [0,82; 4,40]	0	21,6	
		—	—	15	2,25	—	—	—	[62]
		—	18–70	—	—	0,545 [0,2; 0,9]	—	—	[71]
		Ж / F		44	1,56	1,03 [0,39; 2,62]	—	—	[72]
ИСП-МС	Ярославль Yaroslavl	М	19,9	54	0,978	0,687 [0,3; 1,28]	0,084	4,85	[40]
		Ж / F	20,0	59	0,494	0,249 [0,1493; 0,411]	0,0466	6,47	
		—	19–58	—	0,8745	—	0,061	5,62	[56]
		—							

Продолжение Приложения 1 / Continuation of the Supplement 1

Метод анализа Assessment method	Регион / город Region / city	Пол Gender	Возраст, лет/ среднее значение Age, years/ mean age	Количество образцов Number of samples	Среднее арифметическое Arithmetic mean	Me [Q1; Q3]	Минимальное Minimum	Максимальное Maximum	Источник References
	ЯНАО (некоренное население) Yamalo-Nenets autonomous okrug (non-indigenous population)	М (n=40)	38,3	92	1,19	1,15 [0,48; 1,55]	—	—	[58]
		Ж / F (n=52)							
	Республика Татарстан Republic of Tatarstan	М	25–50	460	—	0,58 [0,29; 1,18]	—	—	[1]
		Ж / F							
	Приволжский федеральный округ Volga Federal district	М	25–50	460	—	0,86 [0,41; 2,02]	—	—	
		Ж / F							
	Оренбургская область Orenburg region	—	8–65	1748	0,85	— [0,32; 1,38]	0,06	50,6	[48]
	Оренбургская область Orenburg region	М	22–35	510	—	0,887 [0,507; 1,797]	—	—	[39]
		Ж / F							
	Зоны Оренбургской области: Zones of the Orenburg region:	М (n=33)	19–23	—	—	—	—	—	[47]
		Ж / F (n=166)							
	Центральная / Central			126	0,63	—	—	—	
	Восточная / Eastern			53	0,56	—	—	—	
	Западная / Western			20	0,36	—	—	—	
	Оренбургская область Orenburg region	М	10–59	438	—	0,817 [0,478; 1,751]	—	—	[49]
		Ж / F							
	Районы Оренбургской области: Districts of the Orenburg region:	М	22–50	1049	1,4	0,45 — —	0,008	7,41	[51]
		Ж / F							
	Сакмарский / Sakmarsky	—		250	0,9	—	—	—	[50]
	Сорочинский / Sorochinsky	—		—	0,009	—	—	—	
	Соль-Илецкий / Sol-Iletsky	—		—	0,16	—	—	—	
	Кваркенский / Kvarkensky	—		—	0,49	—	—	—	
	Светлинский / Svetlinsky	—		—	6,54	—	—	—	

Продолжение Приложения 1 / Continuation of the Supplement 1

Метод анализа Assessment method	Регион / город Region / city	Пол Gender	Возраст, лет/ среднее значение Age, years/ mean age	Количество образцов Number of samples	Среднее арифметическое Arithmetic mean	Me [Q1; Q3]	Мини- мальное Minimum	Макси- мальное Maximum	Источник References
Зоны Оренбургской области: Zones of the Orenburg region:									
	Западная / Western	—	—	420	—	—	—	—	[51]
		М Ж / F	—	—	1,21 0,88	—	—	—	
	Центральная / Central	М Ж / F	—	—	0,87 0,83	—	—	—	
		М Ж / F	—	—	2,68 2,24	—	—	—	
	Магадан / Magadan	М Ж / F	17–23	30	—	0,23 [0,10; 0,97]	—	—	[52]
		—	17–37	—	—	—	—	—	[53, 54]
	европейцы / Europeans	М Ж / F	—	200	—	0,44 [0,22; 0,89] 0,18 [0,09; 0,34]	—	—	
		М Ж / F	—	55	—	0,38 [0,28; 0,50] 0,19 [0,28; 0,40]	—	—	
	метисы / metis	М Ж / F	—	75	—	0,54 0,16	—	—	
		—	80	25	—	0,33 [0,16; 1,01]	—	—	[73]
	Архангельск / Arkhangelsk	—	87	25	—	0,22 [0,14; 0,51]	—	—	
		М Ж / F	29–89	69	0,38	—	—	—	[74]
	Магадан / Magadan	М Ж / F	20,26	29	—	0,23 [0,10; 0,97]	—	—	[55]
		М Ж / F	18	18	—	0,17 [0,09; 0,54]	—	—	
	Санкт-Петербург / St. Petersburg	М	19,1	31	—	0,22 [0,13; 0,34]	—	—	
		М	21,47	25	—	0,17 [0,11; 0,33]	—	—	
	Петрозаводск / Petrozavodsk	Ж / F	—	22	—	0,20 [0,09; 0,45]	—	—	

Продолжение Приложения 1 / Continuation of the Supplement 1

Метод анализа Assessment method	Регион / город Region / city	Пол Gender	Возраст, лет/ среднее значение Age, years/ mean age	Количество образцов Number of samples	Среднее арифметическое Arithmetic mean	Me [Q1; Q3]	Минимальное Minimum	Максимальное Maximum	Источник References
ААС ИСП-МС	Сургут / Surgut	—	15–55	350	—	— [0,29; 1,41]	—	—	[63]
	Омск / Omsk	—	15–55	385	—	— [0,17; 1,07]	—	—	
	Ханты-Мансийский автономный округ: Khanty-Mansi autonomous okrug:	—	—	—	—	—	—	—	[36] [57]
	водители и работники АЭС drivers and gas station workers	М Ж / F	18–60	348 863	1,04 0,67	0,63 0,26 1,15 0,52 0,25 0,70	—	—	
	служащие employees	М Ж / F	40,8 38,7	45 78	1,23 0,52	0,32 2,1 0,31 0,63	—	—	
	Южно-Сахалинск Yuzhno-Sakhalinsk	М Ж / F	51 51	67 186	—	0,909 [0,408; 1,682] 0,278 [0,141; 0,562]	—	—	[75]
	Уфа / Ufa	—	—	224	0,77	—	—	—	[76]
	Республика Бурятия Republic of Buryatia	М Ж / F	25–50	28 102	1,41 0,57	0,96 [0,32; 2,08] 0,33 [0,22; 0,61]	—	—	[61]
	Киров / Kirov	М Ж / F	22–50	73 222	1,81 —	0,57 [0,34; 2,10] 0,34 [0,18; 0,69]	—	—	[59]
	Анадырь: / Anadyr:	—	—	—	—	—	—	—	[60]
	аборигены / indigenous people	—	17,8	12	—	0,187 [0,131; 0,291]	—	—	
	европейцы / Europeans	—	16,9	12	—	0,122 [0,104; 0,218]	—	—	
	Регионы Якутии: Regions of Yakutia:	Ж / F	—	—	—	—	—	—	[42]
	Арктический / Arctic			61	3,82	—	—	—	
	Западный / West			120	1,45	—	—	—	
	Южный / Southern			151	0,43	—	—	—	
	Центральный / Central			121	1,52	—	—	—	
	город Якутск / city of Yakutsk			102	0,08	—	—	—	

Продолжение Приложения 1 / Continuation of the Supplement 1

Метод анализа Assessment method	Регион / город Region / city	Пол Gender	Возраст, лет/ среднее значение Age, years/ mean age	Количество образцов Number of samples	Среднее арифметическое Arithmetic mean	Me [Q1; Q3]	Минимальное Minimum	Максимальное Maximum	Источник References
	Республика Карелия Republic of Karelia	М	20–25	22	0,469	—	—	—	[77]
		Ж / F		23	0,304	—	—	—	
		М	>60	12	1,994	—	—	—	
		Ж / F		43	0,726	—	—	—	
	Республика Карелия Republic of Karelia	—	19–25	50	—	0,185 [0,09; 0,45]	—	—	[78]
			60–87	57	—	0,297 [0,185; 1,1]	—	—	
	Челябинск Chelyabinsk	—	Все возраста	638	—	— 0,38 1,40	—	—	[79]
			18–29		0,75	—	—	—	
			30–39		1,85	—	—	—	
			40–49		2,23	—	—	—	
			50–59		2,36	—	—	—	
			>60		2,39	—	—	—	
ИСП-МС	Томская область Tomsk region	—	—	32	1,91	—	—	—	[31]
	Кемеровская область Kemerovo region	—		23	2,09	—	—	—	
	Читинский район Chita district	—		5	4,35	—	—	—	
ЯНАО — Ямало-Ненецкий автономный округ.									

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco90984>

Оценка элементного состава волос жителей города Симферополя

Е.В. Евстафьева¹, А.М. Богданова¹, С.Л. Тымченко¹, Н.В. Барановская²,
Д.В. Юсупов³, И.А. Евстафьева¹, А.С. Макарова⁴

¹ Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация;

² Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Российская Федерация;

³ Амурский государственный университет, Благовещенск, Российская Федерация;

⁴ Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. В настоящее время возрастает актуальность определения изменений элементного статуса человека в условиях химического загрязнения окружающей среды.

Цель. Определить особенности элементного статуса жителей г. Симферополя Республики Крым.

Материал и методы. Исследовали особенности элементного статуса взрослых жителей г. Симферополя. Содержание 28 элементов в волосах 34 юношей и 46 девушек 17–20 лет определяли инструментальным нейтронно-активационным методом, содержание ртути — методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Расчёт коэффициентов концентрации элементов и построение геохимических рядов осуществляли путём сравнения с литературными данными по другим регионам.

Результаты. Установлен элементный профиль волос 80 жителей г. Симферополя, характеризующийся содержанием медиан в пределах референсных значений 25 из 29 химических элементов. Превышение со стороны Вг и Ва, характерное для большинства членов обследованной популяции, обусловлено естественными (геохимическими) условиями, в то время как значимые половые различия в содержании Na, Ca, Sb могут быть связаны с различиями в рационе питания, образе жизни и другими ассоциированными с полом факторами. Сравнение геохимических рядов элементов симферопольцев и жителей других территорий Крыма и Краснодарского края позволяет констатировать, что специфической особенностью элементного состава волос жителей столицы Крыма является большее поступление в организм Co, Na, Fe и As, а в сравнении с другими территориями полуострова — Hg, Ag, Zn.

Заключение. Несмотря на в целом позитивную оценку элементного статуса жителей г. Симферополя, установленные нами ранее в этих условиях физиологические эффекты токсичных металлов и прогрессивный рост антропогенной нагрузки на территории города указывают на необходимость дальнейшего мониторинга ситуации.

Ключевые слова: химические элементы; волосы человека; элементный статус; Республика Крым.

Как цитировать:

Евстафьева Е.В., Богданова А.М., Тымченко С.Л., Барановская Н.В., Юсупов Д.В., Евстафьева И.А., Макарова А.С. Оценка элементного состава волос жителей города Симферополя // Экология человека. 2022. Т. 29, № 6. С. 391–402. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco90984>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco90984>

Element content in human hair of residents from Simferopol city

Elena V. Evstafeva¹, Anna M. Bogdanova¹, Svetlana L. Tymchenko¹, Natalia V. Baranovskaya², Dmitry V. Yusupov³, Irina A. Evstafeva¹, Anna S. Makarova⁴

¹ V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation;

² National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation;

³ Amur State University, Blagoveshchensk, Russian Federation;

⁴ Mendelev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Environmental pollution is increasingly becoming a problem and will continue to be a serious risk for human health. Therefore, it is important to monitor the element status of the population.

AIM: To determine the elements in residents' hairs of Simferopol city, Republic of Crimea.

MATERIAL AND METHODS: Twenty-eight elements were determined using the instrumental neutron activation method. The mercury content was estimated by atomic absorption spectrometry in 80 hair samples of healthy 17–20-year-old Simferopol residents (34 males and 46 females). The concentration coefficients were calculated, and the geochemical rows were plotted based on comparison with the published data from other regions..

RESULTS: The median values of the hair element content were found to be within the reference ranges for 25 out of 29 chemical elements. Excess Br and Ba were found in most residents, which could be due to the geochemical conditions. Significant sex differences in the content of Na, Ca, and Sb could be associated with differences in diet, lifestyle, and other gender-associated factors. Comparison of the geochemical elemental rows for Simferopol residents with other territories of Crimea and Krasnodar suggests a greater intake of Co, Na, Fe, and As in urban residents (Crimea) compared to Krasnodar, and in comparison with other territories of a peninsula — Hg, Ag, and Zn.

CONCLUSION: Although most of the elements were within reference ranges in Simferopol residents, the anthropogenic load has increased recently, along with our previously established physiological effects of toxic metals, demonstrating the need for further biomonitoring studies.

Keywords: chemical elements; human hair; element status; Republic of Crimea.

To cite this article:

Evstafeva EV, Bogdanova AM, Tymchenko SL, Baranovskaya NV, Yusupov DV, Evstafeva IA, Makarova AS. Element content in human hair of residents from Simferopol city. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(4):391–402. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco90984>

Received: 24.12.2021

Accepted: 10.06.2022

Published online: 09.07.2022

ВВЕДЕНИЕ

В связи с интенсивным химическим загрязнением окружающей среды (ОС) определение содержания химических элементов (ХЭ) в биологических субстратах и в целом элементного статуса населения в геохимических условиях региона проживания рассматривается в настоящее время как эффективный инструмент управления здоровьем и качеством жизни [1, 2]. Анализ содержания ХЭ позволяет выявить типичные для территории элементы [3, 4], определить источники поступления токсичных ХЭ в организм, разработать меры по минимизации негативного воздействия техногенного загрязнения ОС.

В настоящее время не установлены российские национальные и тем более региональные нормативы содержания ХЭ в биологических субстратах человека, за исключением тех, которые определены в научных работах [5, 6]. В результате таких биомониторинговых исследований накапливаются данные об особенностях геохимического статуса регионов, обуславливающих его факторах, что в перспективе позволит сформировать единую базу для прогнозирования рисков здоровью населения с учётом биогеохимических характеристик и экологической ситуации на конкретных территориях.

Наряду с другими регионами России Крымский полуостров представляет особый интерес для изучения элементного статуса жителей в связи с природным, в том числе биогеохимическим, разнообразием территорий и интенсификацией техногенных процессов, подлежащих мониторингу. К таким территориям относится городской округ Симферополь, самый крупный город Республики Крым (площадь — 107 км²; население — 336 тыс. человек). Он расположен в центральной части полуострова (44°57'25.9", 34°6'38.9") на стыке горного и равнинного Крыма между грядками предгорья, образованными карстующимися известняками и мергелями. Климат Симферополя — предгорный, сухостепной, с мягкой зимой и жарким летом. В городе находятся около 70 крупных предприятий пищевой, лёгкой, химической, обрабатывающей промышленности, являющихся наряду с автотранспортом основными локальными источниками атмосферного загрязнения. В округе разрабатываются месторождения твёрдых полезных ископаемых (диабаз, порфирит, глина, известняк, гравийно-галечный материал, песок, ртуть) [7]. Экологическая ситуация усугубляется скоплением загрязнителей в нижних слоях атмосферы из-за расположения города в котловине и преобладания ветров с малыми скоростями, а нахождение санитарных зон вблизи рек и Симферопольского водохранилища ведёт к загрязнению поверхностных и подземных водных ресурсов.

В последние годы в г. Симферополе отмечены превышения допустимых концентраций тяжёлых металлов в различных компонентах ОС [7, 8] и организме человека [9, 10], что увеличивает комплексное негативное воздействие на здоровье жителей, связанное с локальными

геохимическими особенностями, техногенным загрязнением, атмосферным переносом загрязнителей. При этом в городе растёт заболеваемость экологически зависимыми патологиями (болезни органов пищеварения, дыхания, новообразования) [8]. Кроме вероятного избыточного поступления токсичных ХЭ в организм, существует риск формирования дефицита эссенциальных макро- и микроэлементов и сопряжённых с этим заболеваний. Так, город находится в бедной I биогеохимической провинции [3], что подтверждается выявленной недостаточной обеспеченностью его жителей I [11] и Se [12]. Известно, что на прибрежных территориях содержание I и Se в компонентах ОС высоко, что связано с их атмосферным переносом с поверхности моря, однако в силу специфики геологических, гидрологических и микроклиматических характеристик Крыма и в связи с низким содержанием этих ХЭ в воде и пищевых продуктах в организме жителей полуострова отмечен дефицит I и Se. Иными словами, определение ХЭ в компонентах ОС не всегда даёт объективное представление об их поступлении в организм человека.

Учитывая вышеизложенное и принимая во внимание недостаточную биогеохимическую изученность территории Крыма и элементного статуса населения полуострова, в особенности урбанизированных территорий, авторы определили необходимость настоящей работы.

Цель исследования. Изучение особенностей элементного статуса жителей г. Симферополя.

Необходимо было решить следующие задачи: 1) определить содержание 29 элементов в волосах юношей и девушек в возрасте 17–20 лет, характеризующемся как граница повышенной чувствительности формирующегося организма к воздействию токсичных веществ [13]; 2) оценить содержание элементов путём сравнения с существующими референсными значениями; 3) оценить гендерные различия в содержании элементов; 4) проанализировать особенности элементного профиля жителей г. Симферополя в сравнении с другими территориями Крыма и городами Краснодарского края.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В осенний период 2016–2018 гг. проведено одномоментное открытое неконтролируемое нерандомизированное обсервационное аналитическое исследование элементного состава волос когорты из 80 практически здоровых юношей ($n=34$) и девушек ($n=46$), средний возраст — $18,7 \pm 0,9$ года. Работа соответствует требованиям Хельсинкской декларации 1975 г. (в пересмотре 1983 г., позднейшие редакции 1996–2013 гг.). Участники были проинформированы о целях и методологии исследования и добровольно предоставили письменное согласие на своё участие.

Критерии включения в группу:

- возраст — 17–20 лет;
- место рождения и проживания — г. Симферополь;

- не состояли на диспансерном учёте на момент обследования;
- натуральное состояние волос;
- отсутствие приёма витаминно-минеральных комплексов и лекарственных средств.

В качестве объекта исследования использовали пробы прикорневых участков волос длиной 2–3 см [1], которые отражают поступление в организм элементов в течение последних нескольких месяцев жизни [14, 15]. Определяли 29 ХЭ:

- относящихся к эссенциальным и условно эссенциальным (Na, Ca, Cr, Fe, Co, Zn, Ag, Au);
- относящихся к токсичным и условно токсичным (As, Br, Rb, Sr, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Hf, Ta, Hg, Th, U);
- с неустановленной физиологической ролью (Sc, Lu).

Содержание Hg определяли в Национально-исследовательском Томском политехническом университете на ртутном анализаторе «РА-915М» («ЛЮМЭКС», Россия) с приставкой «ПИРО-915+» (атомно-абсорбционный анализ, метод пиролиза). Достоверность результатов анализа обеспечена удовлетворительным внутренним лабораторным контролем в количестве 5% от общего числа проб. Определение содержания остальных 28 ХЭ выполняли инструментальным нейтронно-активационным методом анализа [14, 15] по аттестованной методике НСАМ ВИМС № 410-ЯФ) в ядерно-геохимической лаборатории (аттестат аккредитации № RA.RU.21A527) на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т в Национально-исследовательском Томском политехническом университете (Россия). Методика заключается в облучении исследуемых проб потоком тепловых нейтронов в реакторе и измерении наведённой активности на гамма-спектрометре (анализатор импульсов ф. Canberra) с полупроводниковыми детекторами (GX3518). Продолжительность облучения проб — 20 ч с плотностью потока тепловых нейтронов 1×10^{13} нейтрон/см²·с. Среднеквадратичная погрешность определения составила не более 30%.

При оценке полученных величин содержания ХЭ ввиду отсутствия принятых референсных значений использовали:

- для Ba, Co, Fe, Rb, Zn, Ag, Au, Sr — величины содержания микроэлементов в волосах [16];
- для Na, Ca, Cr, As — значения 25-го и 75-го перцентилей содержания в волосах взрослых жителей различных регионов России, Украины, Литвы, Хорватии и Македонии 18–65 лет ($n=2838$) [17], которые рассматриваются авторами как диапазон средних значений содержания ХЭ в популяции и могут быть использованы в качестве границ физиологической нормы;
- для Hg — значение, установленное Агентством по охране ОС США [18];
- для Br — значение, установленное ВОЗ [19];
- для U — справочные данные [20].

При анализе концентраций остальных ХЭ ввиду отсутствия установленных референсных значений ограничили описанием количественных характеристик их содержания.

Для оценки особенностей элементного профиля жителей г. Симферополя в связи с отсутствием в настоящее время установленных фоновых уровней ХЭ рассчитывали коэффициенты концентрации (K_k) элементов [21] как отношение медианного содержания ХЭ в волосах исследуемой выборки к медианному значению его содержания в волосах взрослых жителей наиболее близких территориально и по климатическим условиям городов Краснодарского края ($n=1064$) [22], а также жителей г. Армянска ($n=44$) [9] как группы сравнения, проживающей на территории Крымского полуострова в городе с высокой степенью промышленной нагрузки. Результаты расчёта K_k представляли в виде геохимических рядов.

Статистическую обработку результатов выполняли с использованием StatTech v. 1.2.0. Поскольку характер распределения большинства ХЭ согласно критерию Колмогорова–Смирнова отличался от нормального, сравнение величин проводили с использованием U-критерия Манна–Уитни, статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$. Для оценки связи между количественными показателями использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r_s), для описания данных — значения медианы (Me), межквартильного интервала (25-й и 75-й перцентили), доверительного интервала (95% CI).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Определение 29 ХЭ показало, что в подавляющем большинстве случаев медианные значения содержания в волосах выборочной группы жителей г. Симферополя находились в диапазоне сравнения для лиц соответствующего возраста (за исключением Cr, Rb, Br, Ba). Содержание Cr и Rb находилось за пределами нижней границы диапазона сравнения, в то время как в отношении Br и Ba отмечено превышение показателей сравнения, причём для Br — тотальное.

Установлены также статистически значимые различия по полу в отношении 5 элементов: более высокое содержание Na, Br и Sb у юношей и Ca и Au — у девушек (табл. 1). При отсутствии статистически значимых различий у девушек содержание Ag было выше верхней границы диапазона сравнения.

Несмотря на то, что для обследованной когорты в целом было характерно соответствие медианных значений используемым референсным значениям содержания элементов, у значительной части обследуемых наблюдали отклонения в ту или иную сторону, встречаемость этих отклонений отображена на рис. 1 и в табл. 2. При этом большей частью были отмечены однонаправленные отклонения от границ диапазона сравнения лиц разного пола, за исключением Na и Ca: избыток Na в основном

Таблица 1. Содержание химических элементов в волосах юношей и девушек, проживающих в г. Симферополе Республики Крым, мг/кг**Table 1.** The content of chemical elements in the hair of the Simferopol residents, the Republic of Crimea, mg/kg

Элемент Element	Юноши Adolescent boys (n=34)		Девушки Adolescent girls (n=46)		p	Границы диапазона сравнения Comparison range limits
	Me [25%; 75%]	95% CI	Me [25%; 75%]	95% CI		
Натрий (Na) Sodium	347,19 [176,71; 804,21]	368,07–984,90	177,23 [91,11; 377,04]	226,34–466,65	0,012*	73,0–331,0 [17]
Кальций (Ca) Calcium	536,51 [411,76; 774,02]	488,72–832,19	1710,40 [1053,85; 2574,96]	1568,36–2692,99	<0,001*	494,0–1619,0 [17]
Скандий (Sc) Scandium	0,0029 [0,0014; 0,0061]	0,0022–0,0082	0,0030 [0,0015; 0,0049]	0,0027–0,0041	0,79	—
Хром (Cr) Chromium	0,218 [0,057; 0,612]	0,165–0,869	0,066 [0,050; 0,273]	0,109–1,017	0,24	0,32–0,96 [17]
Железо (Fe) Iron	21,42 [14,01; 29,37]	13,20–44,74	23,02 [14,47; 28,34]	0–264,69	0,71	5–25 [16]
Кобальт (Co) Cobalt	0,277 [0,086; 0,423]	0,222–0,376	0,156 [0,100; 0,286]	0,147–0,445	0,17	0,050–0,500 [16]
Цинк (Zn) Zinc	144,70 [118,34; 167,30]	139,95–213,41	135,93 [108,84; 160,55]	140,25–204,02	0,43	100,0–250,0 [16]
Мышьяк (As) Arsenic	0,027 [0,09; 0,059]	0,026–0,083	0,042 [0,010; 0,069]	0,032–0,119	0,44	0–0,056 [17]
Бром (Br) Bromine	4,44 [2,66; 12,49]	5,40–10,61	3,21 [1,67; 5,83]	2,64–7,48	0,013*	1,000–1,500 [19]
Рубидий (Rb) Rubidium	0,172 [0,043; 0,394]	0,154–0,440	0,198 [0,031; 0,374]	0,168–0,419	0,91	0,500–1,500 [16]
Стронций (Sr) Strontium	5,0 [5,00; 5,00]	4,55–5,33	5,0 [5,0; 5,0]	4,29–7,32	0,25	0,50–5,0 [16]
Серебро (Ag) Silver	0,120 [0,050; 0,337]	0,116–0,751	0,210 [0,066; 0,327]	0–4,239	0,24	0,0005–0,2000 [16]
Сурьма (Sb) Stibium	0,024 [0,015; 0,059]	0,028–0,064	0,014 [0,003; 0,032]	0,014–0,054	0,024*	—
Цезий (Cs) Cesium	0,007 [0,001; 0,017]	0,004–0,029	0,004 [0,001; 0,008]	0,125–0,266	0,26	—
Барий (Ba) Barium	1,28 [0,65; 2,53]	1,02–2,46	1,76 [1,23; 2,63]	0–10,13	0,18	0,20–1,0 [16]
Лантан (La) Lanthanum	0,010 [0,005; 0,064]	0,006–0,158	0,012 [0,008; 0,055]	0,022–0,073	0,57	—
Церий (Ce) Cerium	0,099 [0,048; 0,228]	0,094–0,386	0,129 [0,055; 0,265]	0,125–0,266	0,82	—
Неодим (Nd) Neodymium	0,090 [0,090; 0,191]	0,107–0,270	0,090 [0,090; 0,090]	0,078–0,233	0,06	—
Самарий (Sm) Samarium	0,0008 [0,0008; 0,0011]	0,0007–0,0027	0,0008 [0,0008; 0,0019]	0,0009–0,0022	0,51	—
Европий (Eu) Europium	0,0034 [0,0012; 0,0079]	0,0032–0,0081	0,0019 [0,0010; 0,0042]	0,0023–0,0045	0,18	—
Тербий (Tb) Terbium	0,006 [0,005; 0,009]	0,006–0,012	0,006 [0,005; 0,006]	0,005–0,008	0,28	—

Окончание табл. 1 / End of the Table 1

Элемент Element	Юноши Adolescent boys (n=34)		Девушки Adolescent girls (n=46)		p	Границы диапазона сравнения Comparison range limits
	Me [25%; 75%]	95% CI	Me [25%; 75%]	95% CI		
Иттербий (Yb) Ytterbium	0,003 [0,003; 0,006]	0,001–0,015	0,003 [0,003; 0,004]	0,003–0,005	0,81	—
Лютеций (Lu) Lutetium	0,0031 [0,0008; 0,0047]	0,0009–0,0072	0,0018 [0,0011; 0,0047]	0,0020–0,0087	0,80	—
Гафний (Hf) Hafnium	0,0092 [0,0050; 0,0317]	0,0135–0,0459	0,0050 [0,0050; 0,0174]	0,0073–0,0352	0,14	—
Тантал (Ta) Tantalum	0,0030 [0,0027; 0,0045]	0,0028–0,0053	0,0030 [0,0027; 0,0034]	0,0018–0,0074	0,85	—
Золото (Au) Aurum	0,0082 [0,0045; 0,0154]	0,0082–0,0287	0,0199 [0,0069; 0,0743]	0,0249–0,2048	0,016*	<0,0005; 0,2000 [16]
Ртуть (Hg) Mercury	0,121 [0,085; 0,203]	0,118–0,236	0,161 [0,076; 0,221]	0,133–0,246	0,569	0; 1 [18]
Торий (Th) Thorium	0,009 [0,009; 0,009]	0,006–0,015	0,009 [0,006; 0,009]	0,006–0,008	0,22	—
Уран (U) Uranium	0,046 [0,031; 0,062]	0,035–0,087	0,043 [0,024; 0,067]	0,039–0,072	0,59	0–0,010 [20]

* — различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), U-критерий Манна–Уитни; «—» — границы диапазона сравнения отсутствуют.
* — statistically significant differences in indicators ($p < 0.05$), Mann–Whitney U-test; “—” — no limits of the comparison range.

наблюдали у юношей, в то время как избыток Са был характерен для большей части обследованных девушек. Поскольку уровень ХЗ в организме зависит не только от их количества при поступлении в организм, но и от ассоциаций и сочетаний с другими элементами, были рассчитаны коэффициенты ранговой корреляции r_s , которые продемонстрировали наличие значимых ($0,0001 < p < 0,0500$)

прямых корреляционных связей между рядом ХЗ (рис. 2). Интересно отметить наличие корреляции при $0,5 < r_s < 0,6$ для Na с Br, содержание которых было значимо выше у юношей, а также взаимосвязь Na с Br и Rb. Однако, если содержание Br было выше у всех членов группы, а Na — у юношей, то в отношении Rb отмечен дефицит у всей выборки и в гендерных подгруппах.

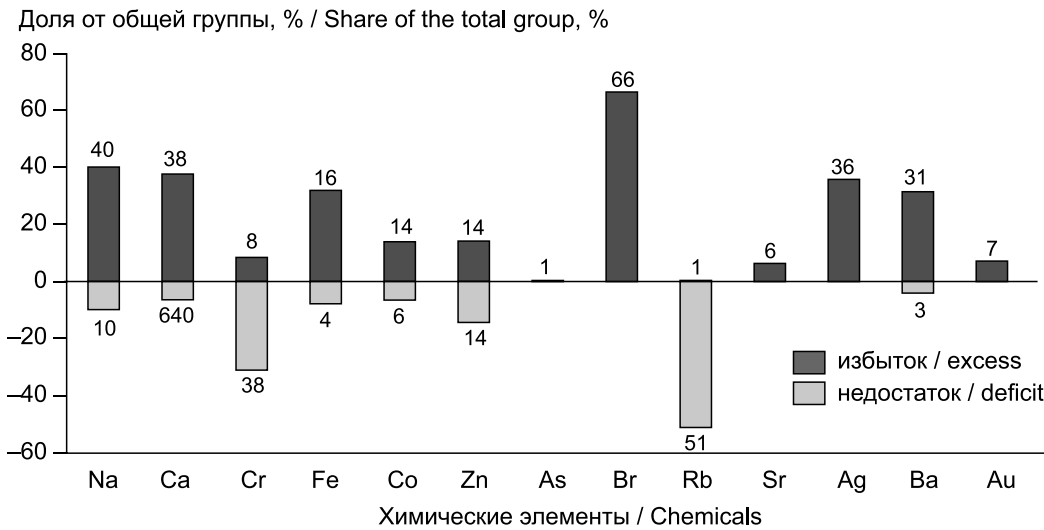


Рис. 1. Встречаемость отклонений от границ диапазона сравнения по результатам элементного анализа волос в группе обследованных жителей г. Симферополя ($n=80$); цифры над и под столбцами — абсолютное количество наблюдений.
Fig. 1. The occurrence of deviations from the references based on the results of the hair element analysis in residents of Simferopol ($n=80$); numbers above and under the columns — the absolute number of cases.

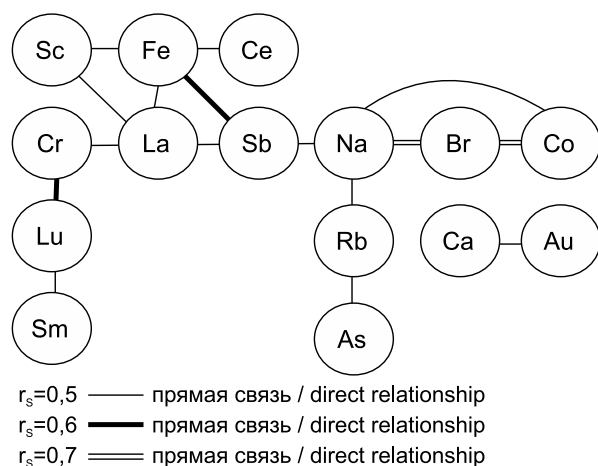


Рис. 2. Корреляционные взаимосвязи содержания химических элементов в волосах жителей г. Симферополя ($n=80$) (r_s — коэффициент ранговой корреляции Спирмена; взаимосвязи показателей статистически значимы, $p < 0,05$; критическое значение $r_s=0,22$).

Fig. 2. Correlations between the hair chemical elements content in the Simferopol residents ($n=80$) (r_s — Spearman's rank correlation coefficient, $p < 0.05$; critical value $r_s=0.22$).

Выявлены также более слабые, но статистически значимые ($p \leq 0,01$) связи между следующими элементами: Ag/Sc ($r_s=0,36$), Sb/Co ($r_s=0,37$), Na/Sc ($r_s=0,40$), La/Ag ($r_s=0,41$), Sc/Sb ($r_s=0,42$), Br/Sb ($r_s=0,44$), но, поскольку значимых количественных отклонений со стороны этих ХЭ, кроме Br, не наблюдали, они не представляют значимого интереса.

При обобщённой количественной характеристике элементного статуса путем расчёта Кк при сравнении с данными по их содержанию в волосах практически здоровых городских жителей Краснодарского края [22] установлены следующие соотношения:

- для всей группы: $Co_{8,9} > Fe = As_{1,5} > Na_{1,3} > Zn_{0,8} > Ca_{0,7} > Cr_{0,5} > Hg_{0,3}$;
- для юношей: $Co_{12,3} > Na_{1,8} > Fe_{1,4} > As_{1,1} > Zn_{0,8} > Cr_{0,7} > Ca = Hg_{0,3}$;
- для девушек: $Co_{7,1} > As_{7,1} > Fe_{1,5} > Ca_{1,1} > Na_{0,9} > Zn_{0,8} > Hg_{0,4} > Cr_{0,2}$.

Представлялось также интересным сравнить эти данные с содержанием ХЭ в волосах жителей других регионов Крымского полуострова, в частности проживающих на территории промышленного севера в г. Армянске [9]. В этом случае получены следующие геохимические ряды:

- для всей группы: $Hg_{8,8} > Co_{7,5} > Ag_{2,0} > As_{1,5} > Fe_{1,4} > Zn_{1,1} > Na_{1,1} > Cr_{0,8} > Ca_{0,5} > Sr_{0,4}$;
- для юношей: $Co_{10,7} > Hg_{7,6} > Ag_{1,7} > Fe_{1,4} > Na_{1,3} > Zn = As = Cr_{1,1} > Sr_{0,4} > Ca_{0,2}$;
- для девушек: $Hg_{10,0} > Co_{6,0} > Ag_{2,9} > As_{1,7} > Fe_{1,5} > Zn_{1,1} > Ca_{0,8} > Na_{0,7} > Sr_{0,4} > Cr_{0,3}$.

Таким образом, полученные результаты определения 29 ХЭ в волосах жителей г. Симферополя обоего пола

позволяют говорить о в целом благоприятной картине элементного статуса жителей самого крупного города полуострова. Однако обнаружены и некоторые особенности, в том числе при сравнении с другими территориями.

ОБСУЖДЕНИЕ

Определение содержания ХЭ в группе жителей г. Симферополя не выявило отклонений от границ диапазона сравнения для 25 из 29 элементов. Для четырёх из них медианные значения отклонялись как в сторону превышения (Br, Ba), так и в сторону дефицита (Cr, Rb), но при этом обнаружены значимые гендерные различия содержания некоторых других элементов, а сравнение геохимических рядов Кк элементов у жителей г. Симферополя и жителей других территорий позволило выявить характерные особенности их поступления и накопления в организме человека.

Полученные данные позволяют составить представление об элементном профиле жителей города и его особенностях. Разумеется, однородная когорта численностью 80 человек не даёт возможности экстраполировать полученные результаты на всё население города, однако позволяет констатировать установленное наиболее точными на сегодняшний день аналитическими методами количественное распределение ХЭ в организме членов данной возрастной группы.

Относительно вероятных причин выявленных особенностей можно полагать следующее. Дефицит ХЭ, в особенности условно токсичного Rb, не представляет важного для обсуждения предмета, в то время как ХЭ, значительно превышающие норму (Br) и особенно токсичные (Ba), представляют интерес. Однако следует отметить, что дефицит Rb и Cr связывают с фактором петрофонта — их пониженным содержанием в осадочных, карбонатных породах относительно кларка [23].

Так, содержание Br находилось в пределах диапазона сравнения лишь у 12% юношей и 22% девушек, в то время как у остальных оно было выше 1,5 мг/кг и достигало значений, превосходящих верхнюю границу диапазона в 37 раз. Известно, что природным источником Br являются соляные озёра, которыми богат Крым, а также морская вода. Его повышенное содержание наблюдается в атмосферных осадках прибрежных морских территорий [24]. Однако в организм человека Br поступает главным образом с растительной пищей (зерновые) и рыбой. Поскольку большую часть указанных продуктов питания для жителей составляет привозная продукция, можно полагать, что наблюдаемый избыток Br, вероятнее всего, обусловлен природными геохимическими особенностями территории, в частности самого города, так как области накопления Br приурочены к семиаридным климатическим зонам, каковой и является Симферополь. Можно говорить и о естественном происхождении избытка Ba, поскольку крупных промышленных источников его

Таблица 2. Встречаемость отклонений от границ диапазона сравнения по результатам элементного анализа волос у юношей и девушек, проживающих в г. Симферополе, абс. число/%

Table 2. The deviations from the references based on the results of the hair element analysis in male and female residents of Simferopol, abs. %

Элемент Element	Юноши Adolescent boys (n=34)		Девушки Adolescent girls (n=46)	
	Понижено Decreased	Повышено Increased	Понижено Decreased	Повышено Increased
Натрий (Na) Sodium	2/6	18/53	8/17	12/26
Кальций (Ca) Calcium	14/41	2/6	4/9	24/52
Хром (Cr) Chromium	14/61	3/13	24/75	5/16
Железо (Fe) Iron	2/11	6/33	2/8	10/42
Кобальт (Co) Cobalt	—	7/21	6/13	7/15
Цинк (Zn) Zinc	6/18	6/18	8/17	8/17
Мышьяк (As) Arsenic	—	—	—	1/3
Бром (Br) Bromine	—	30/88	—	36/78
Рубидий (Rb) Rubidium	20/74	—	31/82	1/3
Стронций (Sr) Strontium	—	1/3	—	5/11
Серебро (Ag) Silver	—	13/38	—	23/50
Барий (Ba) Barium	3/15	13/65	—	18/78
Золото (Au) Gold	—	—	—	7/15

Примечание. «—» — отклонения от границ диапазона сравнения отсутствуют.

Note. «—» — no deviations from the boundaries of the comparison range.

избыточного поступления в организм человека в Крыму нет, но имеются минералы Ba в Марьинском месторождении глин.

В то же время дифференцированный анализ по половой принадлежности позволил дополнительно выявить как различия в содержании элементов в пределах нормы, так и отклонения для одного из полов. Так, выявлено значимо большее содержание Na, Br, Sb и меньшее — Ca, Au в волосах юношей по сравнению с девушками ($0,001 \leq p \leq 0,024$). В работах других авторов также выявлено более высокое содержание Ca и Na в волосах женщин и мужчин соответственно [25, 26]. Учитывая, что в литературе не отмечены явные половые различия в отношении гормональной регуляции баланса Ca, можно полагать, что эти различия обусловлены особенностями рациона питания и образа жизни, тем более что в последние годы в городе показатели невыполнения натуральных норм

питания, в особенности по молоку и творогу, значительно превышали среднереспубликанские [8].

С особенностями рациона питания, по-видимому, может быть связано и более высокое содержание Na у юношей. Но наряду с этим фактором поступление Na и Ca в организм в определённой степени зависит от качества питьевой воды в централизованных источниках водоснабжения. В воде городского водопровода отмечали заниженное содержание Na и хлоридов [27], в то же время уровень общей минерализации и жёсткости воды повышен [8]. Последнее относится и к питьевой воде подземных источников, основной причиной чего, по всей видимости, является закарстование территории города [28]. Однако в этом случае гендерные различия не имели бы места, поэтому можно предположить наличие конфаундинг-эффекта, причём не со стороны средовых факторов, а со стороны факторов, ассоциированных с полом.

Установленные корреляционные связи количественного содержания разных ХЭ в волосах в виде ассоциаций Ca–Au, Na–Rb–As, Na–Br–Co–Sb, Sb–Fe–Ce–La–Sc–Ag, Sm–Lu–Cr–La представляют определённый интерес, поскольку характеризуют взаимодействие ХЭ при поступлении в организм в условиях фоновой экспозиции в городской среде. Однако в связи с отсутствием значимых отклонений от границ диапазона сравнения и, по всей видимости, антропогенных источников, эти ассоциации, вероятно, обусловлены схожими химическими свойствами ХЭ. В пользу этого свидетельствуют их взаимосвязи в составе рудных минералов (в Крыму среди таких минералов установлено присутствие самородных Fe, Ag, Sb) [29] и согласование с наблюдениями других авторов [22, 25].

Построение геохимических рядов позволяет говорить о специфике элементного статуса жителей г. Симферополя в сравнении с другими территориями Крыма и Краснодарского края. Эта специфика заключается в более высокой аккумуляции главным образом Co, Na, Fe и As по сравнению с жителями Краснодарского края [22] и Hg, Co, Ag, As, Fe, Na — относительно других территорий полуострова [9, 10]. Обращает внимание накопление Hg у симферопольцев, до 10 раз превышающее уровни этого токсичного металла у жителей г. Армянска, но существенно более низкое, чем у жителей Краснодарского края. Наблюдаемая тенденция к накоплению Hg в волосах населения крупных городов согласуется с подобной закономерностью увеличения содержания этого металла в листьях тополя с ростом численности населения [30].

Наиболее спорным вопросом при анализе полученных данных является обоснованность их оценки при отсутствии официальных нормативных значений как таковых. Более того, для этого необходимы натурные исследования их физиологической значимости, поскольку имеются наблюдения, свидетельствующие о наличии негативного эффекта на системы организма при низком эндогенном содержании токсичных ХЭ [31]. Настоящее и подобные исследования как раз и позволяют накопить данные, которые создадут возможность сориентироваться в отношении не только физиологически обоснованных величин содержания ХЭ в организме человека, но и установить их региональные нормы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате определения содержания 29 химических элементов установлен элементный профиль состава волос 80 жителей г. Симферополя, который характеризовался содержанием медиан в пределах референсных значений 25 из 29 элементов. Превышение со стороны Br и Ba, характерное для большинства членов обследованной популяции, по всей видимости, обусловлено естественными (геохимическими) условиями, в то время как значимые половые различия в содержании Na, Ca, Sb могут быть связаны с различиями в рационе питания, образе

жизни и с другими ассоциированными с полом факторами. Сравнение геохимических рядов элементов жителей Симферополя и других территорий Крыма и Краснодарского края позволяет констатировать, что специфической особенностью элементного состава волос городских жителей в Крыму является более высокое содержание Co, Na, Fe и As, а в сравнении с другими территориями полуострова — Hg, Ag, Zn, что может свидетельствовать о большем поступлении этих элементов в организм. Несмотря на в целом позитивную оценку элементного статуса жителей г. Симферополя, установленные нами ранее в этих условиях физиологические эффекты токсичных металлов и прогрессивный рост антропогенной нагрузки на территории города указывают на необходимость дальнейшего мониторинга ситуации.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: Е.В. Евстафьева — концепция и дизайн исследования, интерпретация данных, окончательное утверждение присланной в редакцию рукописи; А.М. Богданова — получение, анализ и интерпретация данных, их графическое представление, подготовка первого варианта статьи; С.Л. Тымченко, Н.В. Барановская — получение, анализ и интерпретация данных, участие в подготовке первого варианта статьи; Д.В. Юсупов — интерпретация данных, участие в подготовке первого варианта статьи; И.А. Евстафьева — первичная интерпретация полученных результатов, подготовка первого варианта статьи; А.С. Макарова — интерпретация и описание данных по ртути, редакция текста статьи.

Author contribution. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication). The greatest contribution is distributed as follows: E.V. Evstafeva — study concept and design, interpretation of data, final approval of the manuscript; A.M. Bogdanova — acquisition, analysis, interpretation and visualization of data, preparation of the first version of the article; S.L. Tymchenko, N.V. Baranovskaya — acquisition, analysis and interpretation of data, preparation of the first version of the article; D.V. Yusupov, I.A. Evstafeva — interpretation of data, preparation of the first version of the article; A.S. Makarova — analysis and interpretation of mercury data, correction of the text.

Финансирование исследования. Определение ртути в биосубстратах выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-29-24212), определение 28 элементов — при поддержке гранта Государственного Совета Республики Крым молодым учёным Республики Крым в 2020 г.

Funding source. Mercury analysis was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project no. 18-29-24212; elemental

analysis was supported by the grant of the State Council of the Republic of Crimea for young scientists of the Republic of Crimea, 2020.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kist A.A., Zhuk L.I. Human hair composition and the problems of global ecology. Tashkent : Institute of Nuclear Physics of the Uzbek Academy of Sciences, 1991. 60 p.
2. Louro H., Heinälä M., Bessems J., et al. Human biomonitoring in health risk assessment in Europe: current practices and recommendations for the future // *Int J Hyg Environ Health*. 2019. Vol. 222, № 5. P. 727–737. doi: 10.1016/j.ijheh.2019.05.009
3. Ковальский В.В., Ковальский Ю.В. Проблемы биогеохимии микроэлементов и геохимической экологии. Москва : Россельхозакадемия, 2009.
4. Лисецкая Л.Г. Элементный профиль волос детей сельских районов Иркутской области // *Экология человека*. 2021. Т. 28, № 2. С. 13–19. doi: 10.33396/1728-0869-2021-2-13-19
5. Skalny A.V., Skalnaya M.G., Tinkov A.A., et al. Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population // *Environ Monit Assess*. 2015. Vol. 187, N 11. P. 677. doi: 10.1007/s10661-015-4903-x
6. Skalny A.V., Skalnaya M.G., Tinkov A.A., et al. Reference values of hair toxic trace elements content in occupationally non-exposed Russian population // *Environ Toxicol Pharmacol*. 2015. Vol. 40, N 1. P. 18–21. doi: 10.1016/j.etap.2015.05.004
7. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2020 году. Симферополь : Совет министров Республики Крым, Министерство экологии и природных ресурсов, 2021.
8. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе в 2020 году: государственный доклад. Симферополь, 2021.
9. Радилов А.С. Комбарова М.Ю., Павлова А.А., и др. Содержание химических элементов в волосах населения, проживающего в г. Армянск (Республика Крым) в период чрезвычайной экологической ситуации // *Медицина экстремальных ситуаций*. 2020. Т. 22, № 1. С. 49–60.
10. Evstafeva E., Baranovskaya N., Bogdanova A., et al. Elemental composition of human hair in different territories of the Crimean peninsula // *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2019. Vol. 98. P. 02001. doi: 10.1051/e3sconf/20199802001
11. Трошина Е.А., Сеньюшкина Е.С., Маколина Н.П., и др. Йододефицитные заболевания: текущее состояние проблемы в Республике Крым // *Клиническая и экспериментальная тиреоидология*. 2020. Т. 16, № 4. С. 19–27. doi: 10.14341/ket12700
12. Евстафьева Е.В., Голубкина Н.А., Бояринцева Ю.А., Богданова А.М., Тымченко С.Л. Обеспеченность селеном городских жителей на территории Крымского полуострова // *Гигиена и санитария*. 2021. Т. 100, № 2. С. 147–153. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-2-147-153
13. Красовский Г.Н., Рахманин Ю.А. Очерки возрастной токсикологии / под ред. И.М. Трахтенберга. Киев : Авиценна, 2006. 316 с.
14. Element analysis of biological materials. Current problems and techniques with special reference to trace elements. Appendix II. In: Technical reports series. № 197. Vienna : IAEA, 1980. P. 351–367.
15. Ryabukhin Y.S. Activation analysis of hair as an indicator of contamination of man by environmental trace element pollutants. Vienna : IAEA, 1978.
16. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. Москва : ОНИКС 21 век. 2004.
17. Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученных методом ИСП-АЭС (АНО ЦБМ) // *Микроэлементы в медицине*. 2003. Т. 4, № 1. С. 55–56.
18. National research council (US) committee on the toxicological effects of methylmercury. Toxicological effects of methylmercury. Washington (DC) : National Academy of Sciences, 2000. 344 p.
19. Ребров В.Г., Громова О.А. Витамины, макро- и микроэлементы. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2008.
20. Новиков Ю.В. Гигиенические вопросы изучения содержания урана во внешней среде и его влияния на организм / под ред. Короткова Ф.Г. Москва : Медицина, 1974.
21. Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П., и др. Геохимия окружающей среды. Москва : Недра, 1990.
22. Афтас Л.И., Березкина Е.С., Бонитенко Е.Ю. Элементный статус населения России. Ч. 3. Элементный статус населения Северо-Западного, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов / под ред. А.В. Скального, М.Ф. Киселева. Санкт-Петербург : Медкнига «Элби-СПб», 2012. 448 с.
23. Войткевич Г.В., Мирошников А.Е., Поваренных А.С., Прохоров В.Г. Краткий справочник по геохимии. Москва : Недра, 1977. 184 с.
24. Vainikka P., Hupa M. Review on bromine in solid fuels. Part 1: Natural occurrence // *Fuel*. 2012. Vol. 95. P. 1–14. doi: 10.1016/j.fuel.2011.11.068
25. Chojnacka K., Górecka H., Górecki H. The effect of age, sex, smoking habit and hair color on the composition of hair // *Environ Toxicol Pharmacol*. 2006. Vol. 22, N 1. P. 52–57. doi: 10.1016/j.etap.2005.11.006
26. Długaszek M., Skrzeczanowski W. Relationships between element contents in polish children's and adolescents' hair // *Biol Trace Elem Res*. 2017. Vol. 180, N 1. P. 6–14. doi: 10.1007/s12011-017-0987-1
27. Иванютин Н.М., Подовалова С.В. Оценка используемых для питьевого водоснабжения населения Крыма вод с точки зрения их физиологической полноценности // *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия*. 2017. № 3 (67). С. 22–30.
28. Новикова Л.Н., Новиков Ю.А. Геохимическая классификация ландшафтов Крыма и их техногенное загрязнение // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология*. 2008. Т. 21 (60), № 3. С. 231–237.

29. Шнюков Е.Ф., Лукин А.Е. О самородных элементах в различных геотермах Крыма и сопредельных регионов // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2011. № 2 (24). С. 5–30.
30. Юсупов Д.В., Рихванов Л.П., Робертус Ю.В., и др. Ртуть в листьях тополя на урбанизированных территориях Юга Сибири

и Дальнего Востока // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22, № 12. С. 56–62.

doi: 10.18412/1816-0395-2018-12-56-62

31. Бояринцева Ю.А., Евстафьева Е.В. Функциональное состояние нервной и сердечно-сосудистой систем в зависимости от уровня мышьяка в организме человека // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. 2014. Т. 4, № 3 (15). С. 4–6.

REFERENCES

1. Kist AA, Zhuk LI. *Human hair composition and the problems of global ecology*. Tashkent: Institute of Nuclear Physics of the Uzbek Academy of Sciences, 1991.
2. Louro H, Heinälä M, Bessems J, et al. Human biomonitoring in health risk assessment in Europe: current practices and recommendations for the future. *Int J Hyg Environ Health*. 2019;222(5):727–737. doi:10.1016/j.ijheh.2019.05.009
3. Koval'skii VV, Koval'skii YuV. *Problems of biogeochemistry of microelements and geochemical ecology*. Moscow: Rossel'khozakademiya, 2009. (In Russ).
4. Lisetskaya LG. Concentrations of trace elements in children's hair in rural areas of the Irkutsk region. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021. Vol. 28, N 2. P. 13–19. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2021-2-13-19
5. Skalny AV, Skalnaya MG, Tinkov AA, et al. Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population. *Environ Monit Assess*. 2015;187(11):677. doi: 10.1007/s10661-015-4903-x
6. Skalny AV, Skalnaya MG, Tinkov AA, et al. Reference values of hair toxic trace elements content in occupationally non-exposed Russian population. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2015;40(1):18–21. doi: 10.1016/j.etap.2015.05.004
7. *The report about the state and protection of the environment on the territory of the Republic of Crimea in 2020*. Simferopol': Council of Ministers of the Republic of Crimea, Ministry of Ecology and Natural Resources, 2021. (In Russ).
8. *On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Republic of Crimea and the federal city of Sevastopol in 2020: state report*. Simferopol', 2021. (In Russ).
9. Radilov AS, Kombarova MYu, Pavlova AA, et al. Element content in hair of population living in the city of Armyansk (Crimea Republic) during the environmental emergency. *Medicine of extreme situations*. 2020;22(1):49–60. (In Russ).
10. Evstafeva E, Baranovskaya N, Bogdanova A, et al. Elemental composition of human hair in different territories of the Crimean peninsula. *E3S Web of Conferences*. 2019;98:02001. doi: 10.1051/e3sconf/20199802001
11. Troshina EA, Senyushkina ES, Makolina NP, et al. Iodine deficiency disorders: current state of the problem in the Republic of Crimea. *Clinical and experimental thyroidology*. 2020;16(4):19–27. (In Russ). doi: 10.14341/ket12700
12. Evstafeva EV, Golubkina NA, Boyarincheva YuA, Bogdanova AM, Tymchenko SL. Selenium status of urban residents on the territory of the Crimean peninsula. *Hygiene and Sanitation*. 2021;100(2):147–153. (In Russ). doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-2-147-153
13. Krasowski GN, Rakchmanin YuA. *Essay on developmental toxicology*. Trachtenberg IM, editor. Kiev: Avicenna; 2006. 316 p. (In Russ).
14. Element analysis of biological materials. Current problems and techniques with special reference to trace elements. Appendix II. In: *Technical reports series N 197*. Vienna, IAEA; 1980. P. 351–367.
15. Ryabukhin YS. *Activation analysis of hair as an indicator of contamination of man by environmental trace element pollutants*. Vienna, IAEA; 1978.
16. Skalny AV, Rudakov IA. *Bioelements in medicine*. Moscow: ONIKS 21 vek; 2004. (In Russ).
17. Skal'nyi AV. Referent significance concentration of chemical elements carried out with AES-ISP methods. *Trace Elements in Medicine*. 2003;4(1):55–56. (In Russ).
18. National research council (US) committee on the toxicological effects of methylmercury. *Toxicological effects of methylmercury*. Washington (DC): National Academy of Sciences; 2000. 344 p.
19. Rebrov VG, Gromova OA. *Vitamins, macro- and microelements*. Moscow: GEOTAR-Media; 2008. (In Russ).
20. Novikov YuV. *Hygienic issues of studying the uranium content in the external environment and its effect on the organism*. Korotkov FG, editor. Moscow: Meditsina; 1974. (In Russ).
21. Saet YuE, Revich BA, Yanin EP, et al. *Geochemistry of the environment*. Moscow: Nedra; 1990. (In Russ).
22. Aftanas LI, Berezkina ES, Bonitenko EYu, et al. *Element status of Russian population. Part 3. Element status of population of the North-West, South and North-Caucasian Federal Districts*. Skal'nyi AV, Kisel'gov MF, editors. Saint Petersburg: Medkniga «Jelbi-Spb»; 2012. 448 p. (In Russ).
23. Voytkovich GV, Miroshnikov AE, Povarennykh AS, Prokhorov VG. *Geochemistry Quick Guide*. Moscow: Nedra, 1977. 184 p. (In Russ).
24. Vainikka P, Hupa M. Review on bromine in solid fuels. Part 1: Natural occurrence. *Fuel*. 2012;95:1–14. doi: 10.1016/j.fuel.2011.11.068
25. Chojnacka K, Górecka H, Górecki H. The effect of age, sex, smoking habit and hair color on the composition of hair. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2006;22(1):52–57. doi: 10.1016/j.etap.2005.11.006
26. Długaszek M, Skrzeczanowski W. Relationships between element contents in polish children's and adolescents' hair. *Biol Trace Elem Res*. 2017;180(1):6–14. doi: 10.1007/s12011-017-0987-1
27. Ivanyutin NM, Podovalova SV. Assessment of water used for drinking water supply for population of the Crimea from the viewpoint of its physiological usefulness. *Puti povysheniia effektivnosti oroshaemogo zemledeliia*. 2017;(3(67)):22–30. (In Russ).

28. Novikova LN, Novikov YuA. Geochemical classification of Crimean landscapes and their technogenic pollution. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya*. 2008;21(60)(3):231–237. (In Russ).
29. Shnyukov EF, Lukin AE. On native elements in various geofor-mations of the Crimea and neighboring regions. *Geology and Mineral Resources of World Ocean*. 2011;(2(24):5–30. (In Russ).
30. Yusupov D, Rikhvanov L, Robertus Yu, et al. Mercury in pop-lar leaves in the urbanized areas of Southern Siberia and the Far East. *Ecology and Industry of Russia*. 2018;22(12):56–62. (In Russ). doi: 10.18412/1816-0395-2018-12-56-62
31. Boyarinceva YA, Evstafyeva EV. Functional state of central ner-vous and cardio-vascular system related to the arsenic content in the human organism. *Crimea Journal of Experimental and Clinical Medicine*. 2014;4(3(15)):4–6. (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

***Елена Владимировна Евстафьева**, д.б.н., профессор;

адрес: Россия, 295007, Симферополь,

пр. Академика Вернадского, 4;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8331-4149>;

eLibrary SPIN: 2768-1760;

e-mail: e.evstafeva@mail.ru

Анна Михайловна Богданова, младший научный сотрудник;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3041-6328>;

eLibrary SPIN: 9152-1812;

e-mail: nata@tpu.ru

Светлана Леонидовна Тымченко, к.м.н., доцент;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3298-6743>;

eLibrary SPIN: 9334-8238;

e-mail: rybqa@yahoo.com

Наталья Владимировна Барановская, д.б.н., профессор;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3729-800X>;

eLibrary SPIN: 6256-8865;

e-mail: nata@tpu.ru

Дмитрий Валерьевич Юсупов, к.г.-м.н., доцент;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6837-3538>;

eLibrary SPIN: 5816-8648;

e-mail: yusupovd@mail.ru

Ирина Андреевна Евстафьева, к.б.н., доцент;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8658-8241>;

eLibrary SPIN: 4726-9015;

e-mail: irinaevst76@mail.ru

Анна Сергеевна Макарова, д.т.н., профессор;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8097-4515>;

eLibrary SPIN: 2089-5221;

e-mail: annmakarova@mail.ru

AUTHORS INFO

***Elena V. Evstafeva**, Dr. Sci. (Biol.), professor;

address: 4 avenue Akademika Vernadskogo, 295007,

Simferopol', Russia;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8331-4149>;

eLibrary SPIN: 2768-1760;

e-mail: e.evstafeva@mail.ru

Anna M. Bogdanova, junior researcher;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3041-6328>;

eLibrary SPIN: 9152-1812;

e-mail: nata@tpu.ru

Svetlana L. Tymchenko, Cand. Sci. (Med.), associate Professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3298-6743>;

eLibrary SPIN: 9334-8238;

e-mail: rybqa@yahoo.com

Natalia V. Baranovskaya, Dr. Sci. (Biol.), professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3729-800X>;

eLibrary SPIN: 6256-8865;

e-mail: nata@tpu.ru

Dmitry V. Yusupov, Cand. Sci. (Geol. and Mineral.),

associate professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6837-3538>;

eLibrary SPIN: 5816-8648; e-mail: yusupovd@mail.ru

Irina A. Evstafeva, Cand. Sci. (Biol.), associate professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8658-8241>;

eLibrary SPIN: 4726-9015;

e-mail: irinaevst76@mail.ru

Anna S. Makarova, Dr. Sci. (Tech.), professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8097-4515>;

eLibrary SPIN: 2089-5221;

e-mail: annmakarova@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106043>

Тенденции медико-демографических показателей в арктических районах Республики Саха (Якутия) за 20-летний период (2000–2020 гг.)

Т.Е. Бурцева^{1,2}, Т.М. Климова^{1,2}, Н.М. Гоголев¹, С.С. Слепцова¹,
Л.Н. Афанасьева¹, Е.В. Синельникова³, В.Г. Часнык³, М.П. Слободчикова³

¹ Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, Российская Федерация;

² Якутский научный центр комплексных медицинских проблем, Якутск, Российская Федерация;

³ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Реализация крупных федеральных проектов в Арктической зоне Российской Федерации требует пристального внимания к индикаторам качества жизни и состояния здоровья населения в этих регионах. Одним из доступных инструментов мониторинга могут быть медико-демографические показатели.

Цель. Проанализировать основные тенденции медико-демографических процессов в арктических районах Республики Саха (Якутия) за 2000–2020 гг.

Материал и методы. Для анализа использованы данные территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия), Якутского республиканского медицинского информационно-аналитического центра за 2000–2020 гг. Рассчитаны средние значения показателей с границами 95% доверительного интервала за 20-летний период (2000–2019 гг.) и средний темп прироста цепного динамического ряда (данные за 2020 год представлены отдельно в связи с деформацией паттерна демографических показателей вследствие эпидемии SARS-CoV-2). Для оценки тенденций рождаемости и смертности проведён линейный регрессионный анализ с помощью программы IBM SPSS Statistics 26.

Результаты. За 2000–2020 гг. численность населения арктической зоны Республики Саха (Якутия) сократилась на 22%, что обусловлено как миграцией, так и высокими показателями смертности. В структуре общей смертности около 20% занимает смерть от внешних причин. В динамике отмечается снижение числа случаев младенческой смертности как результат эффективной маршрутизации беременных и совершенствования службы родовспоможения в регионе.

Заключение. Анализ медико-демографических показателей выявил позитивные и негативные тренды общественного здоровья в арктических районах Республики Саха (Якутия). Система организации охраны здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации требует совершенствования. Арктические территории Республики Саха (Якутия), которым присущи все особенности систем здравоохранения территорий с низкой плотностью населения, могут выступать в качестве модели для апробации региональных и федеральных проектов по арктической медицине.

Ключевые слова: рождаемость; смертность; заболеваемость; санитарная авиация; Арктика; Якутия.

Как цитировать:

Бурцева Т.Е., Климова Т.М., Гоголев Н.М., Слепцова С.С., Афанасьева Л.Н., Синельникова Е.В., Часнык В.Г., Слободчикова М.П. Тенденции медико-демографических показателей в арктических районах Республики Саха (Якутия) за 20-летний период (2000–2020 гг.) // Экология человека. 2022. Т. 29, № 6. С. 403–413. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106043>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106043>

Trends of the health and demographic indicators in the arctic regions of the Republic of Sakha (Yakutia) over 20 year (2000–2020)

Tatiana E. Burtseva^{1,2}, Tatiana M. Klimova^{1,2}, Nikolay M. Gogolev¹, Snezhana S. Sleptsova¹, Lena N. Afanaseva¹, Elena V. Sinelnikova³, Vyacheslav G. Chasnyk³, Maya P. Slobodchikova³

¹ M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russian Federation;

² Yakut Science Center for Complex Medical Problems, Yakutsk, Russian Federation;

³ Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: The implementation of the major federal projects in the Arctic region of the Russian Federation claims particular attention to the indicators of the quality of life and the state of population health in these regions. Health and demographic indicators can be one of the available tools for public health monitoring.

AIM: To analyze the main trends of the health and demographic processes in the arctic regions of the Republic of Sakha (Yakutia) over 20 year (2000–2020).

MATERIAL AND METHODS: The data of the Territorial Body of the Federal State Statistics Service in the Republic of Sakha (Yakutia), YARMIATS for 2000–2020 were analyzed. An approximate 95% confidence interval was calculated over 20 years (2000–2019), the average population growth rate was estimated by a chain method for time series (data for 2020 year are presented separately due to the deformation of the pattern of demographic indicators due to the epidemic SARS-CoV-2). A linear regression analysis of IBM SPSS Statistics 26 was performed to assess the birth and mortality rate trends.

RESULTS: From 2000–2020, the population of the Arctic region of the Republic of Sakha (Yakutia) decreased by 22% due to migration and high mortality rates. Deaths by external causes occupy approximately 20% of the structure of the all-cause mortality rate. Dynamically, the decrease in the number of infant mortalities was noticed due to the effective routing of pregnant women and improvement of the maternity service in the region.

CONCLUSION: The analysis of the medical and demographic indicators showed positive and negative trends in the Arctic regions' public health of the Republic of Sakha (Yakutia). The system of the healthcare organization in the regions is to be improved. Also, these regions, which possess all the features of the healthcare systems with low-density population territories, can become a model for the regional and federal projects approbated in the field of Arctic medicine.

Keywords: birth rate; mortality rate; morbidity; sanitary aviation; Arctic; Yakutia.

To cite this article:

Burtseva TE, Klimova TM, Gogolev NM, Sleptsova SS, Afanaseva LN, Sinelnikova EV, Chasnyk VG, Slobodchikova MP. Trends of the health and demographic indicators in the arctic regions of the Republic of Sakha (Yakutia) over 20 year (2000–2020). *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(6):403–413.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106043>

ВВЕДЕНИЕ

Проблема сохранения здоровья населения является общенациональным и региональным приоритетом социальной политики страны, обеспечивающим её национальную безопасность. В связи с этим в период активной реализации стратегических проектов промышленного освоения Севера и Арктики особенно актуальны вопросы мониторинга медико-демографических показателей как индикаторов качества жизни населения в отдалённых и труднодоступных населённых пунктах Российской Арктики [1–3].

Республика Саха (Якутия) расположена в северо-восточной части Евразийского материка, общая площадь составляет 3,1 млн км², более 40% территории находится за Полярным кругом. По своим природным и территориальным условиям республика не имеет аналогов в мире. Экстремальные климатические условия Севера предъявляют повышенные требования к организму человека, что истощает его резервные возможности и зачастую сопровождается развитием дезадаптивных изменений [4, 5]. Кроме того, Республика Саха (Якутия) — это субъект Российской Федерации, где масштабно развёрнуты предприятия горнодобывающей, нефтегазовой и угольной промышленности, энергетики. В ходе промышленного освоения региона идёт загрязнение окружающей среды. Источниками загрязнения признаны промышленные предприятия, транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство, свой вклад вносят и лесные пожары [6–8].

Республика Саха (Якутия) административно разделена на 34 муниципальных района и 2 городских округа. Эти территории существенно отличаются по численности и этнической структуре населения, выраженности дискомфорта окружающей среды и некоторых экологических факторов, развитости транспортной инфраструктуры. В условиях огромной территории фактор удалённости населённых пунктов от районных центров региона при отсутствии или слабой транспортной доступности критически влияет на многие аспекты жизни населения, в том числе на доступность квалифицированной медицинской помощи. Это особенно касается 13 районов Республики Саха (Якутии), которые в соответствии с Указом Президента Российской Федерации отнесены к Арктической зоне Российской Федерации [9].

Цель исследования. Анализ основных тенденций медико-демографических процессов как индикаторов качества жизни населения арктической зоны Республики Саха (Якутия).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проанализированы официальные отчёты Якутского республиканского медицинского информационно-аналитического центра Республики Саха (Якутии), а также информация территориального органа Федеральной службы

государственной статистики по Республике Саха (Якутии) за период с 2000 по 2020 год [10, 11]. Рассчитаны средние значения показателей с границами 95% доверительного интервала (ДИ) за 20-летний период (2000–2019 гг.) и средний темп прироста цепного динамического ряда. Данные за 2020 год представлены отдельно в связи с деформацией паттерна демографических показателей вследствие эпидемии SARS-CoV-2. Для оценки тенденций рождаемости и смертности проведён линейный регрессионный анализ. Для выравнивания показателей динамического ряда использован метод наименьших квадратов. В качестве зависимой переменной рассмотрены фактические уровни рождаемости/смертности (на 1000 населения), в качестве независимой переменной — время. Для проверки соблюдения условия независимости наблюдений использован критерий Дарбина–Уотсона. Качество подбора линейной функции оценивали по коэффициенту детерминации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Площадь арктической части Республики Саха составляет 1,6 млн квадратных километров, максимальная плотность населения в этой зоне очень низкая — не превышает 0,08 чел./км².

На начало 2020 года в арктической группе районов Республики Саха (Якутии) проживало 67 652 человека — 7% общей численности населения республики (табл. 1) [10, 12]. В сравнении с 2000 годом численность населения снизилась на 19 248 человек (22,1%), а численность детского населения — с 25 782 до 17 455, т.е. на 8327 человек (32,2%). Средний возраст населения арктической зоны составил 33,6 года. Доля коренного малочисленного населения в структуре населения варьировала от 5,7 до 76,2% и составила в среднем 33,2%.

Возрастная структура населения арктических районов Республики Саха (Якутии) по состоянию на 01.01.2020 г. при сопоставимом соотношении мужчин и женщин (33 491 и 34 161 соответственно) несколько диспропорциональна. В возрасте до 45 лет количество мужчин превышало количество женщин (рис. 1). В возрасте 70 и старше мужчин было в 2 раза меньше, чем женщин.

Для описания демографической ситуации использованы показатели общей смертности, рождаемости, естественного прироста (табл. 2). Отсутствие доступных данных о по возрастной смертности не позволяет рассчитать стандартизованные показатели.

Если рассматривать всю арктическую зону Республики Саха (Якутии) в целом, то за 20-летний период сохранялись стабильные показатели рождаемости с тенденцией к росту. Средний темп прироста за период составил 0,03%. Уравнение регрессии было статистически значимым ($R^2=0,21$; $F=4,65$; $p=0,045$), в связи с чем тенденция увеличения рождаемости оценивается как статистически значимая. В 2020 году общий показатель рождаемости

Таблица 1. Численность, плотность, этнический состав населения арктической зоны Республики Саха (Якутии) [10, 12]**Table 1.** Population size, density, and ethnic composition of the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia) [10, 12]

Территория Territory	Численность населения Population size			Площадь территории**, км ² Territory area**, km ²	Плотность населения**, чел./км ² Population density**, person/km ²	Доля КМНС*, % Share of IMN*, %	Доля якутов*, % Share of Yakuts*, %	Средний возраст, лет** Average age, years**
	2000	2020	Разница между 2000 и 2020 годом, % Difference between 2000–2020, %					
Абыйский / Abyisky	5100	3949	–22,6	69 400	0,06	9,3	80,1	36,5
Аллайховский Allaikhovsky	3700	2697	–27,1	107 300	0,03	24,5	39,1	35,4
Анабарский Anabarsky	3900	3653	–6,3	55 600	0,07	71,8	21,6	30,2
Булунский / Bulunskiy	9900	8513	–14	223 600	0,04	39,5	23,6	33,6
Верхнеколымский Upper Kolyma	6100	4003	–34,4	67 800	0,06	12,7	28,9	39,1
Верхоянский Verkhoyanskiy	15 200	11059	–27,2	137 400	0,08	5,7	74,0	34,0
Жиганский эвенкийский национальный Zhigansky Evenk national	4500	4112	–8,6	140 200	0,03	56,5	27,9	32,4
Момский / Momsky	4700	3974	–15,4	104 600	0,04	22,6	68	30,9
Нижнеколымский Nizhnekolymsky	6700	4260	–36,4	87 100	0,05	32,3	19,2	35,0
Оленекский эвенкийский национальный Oleneksky Evenk national	4100	4247	3,6	318 000	0,01	76,2	20,4	29,4
Среднеколымский Srednekolymsky	8400	7332	–12,7	125 200	0,06	7,7	80,3	34,1
Усть-Янский Ust-Yansky	11 900	7008	–41,1	120 300	0,06	18,7	43,1	35,5
Эвено-Бытантайский национальный Eveno-Bytantaisky national	2700	2845	5,4	52 300	0,05	53,8	44,5	31,0
Арктическая зона Республики Саха (Якутии) Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia)	86 900	67 652	–22,1	1 608 800	0,04	33,2	43,9	33,6
Республика Саха (Якутия) Republic of Sakha (Yakutia)	975 500	971996	–0,4	3 083 500	0,32	3,9	49,9	34,9

Примечание: КМНС — коренные малочисленные народы Севера согласно Распоряжению Правительства РФ от 17 апреля 2006 г. №536-р «Об утверждении перечня коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации (с изменениями на 26 декабря 2011 г.)»; * по данным Всероссийской переписи населения, 2010; ** по состоянию на 2020 год.

Note: IMN — indigenous minority of the North according to the Decree of the Government of the Russian Federation of April 17, 2006 No. 536-r "On approval of the list of indigenous low-numbered peoples of the North, Siberia, and the Far East of the Russian Federation (as amended on December 26, 2011)"; * according to general census of the population of 2010; ** as of 2020.

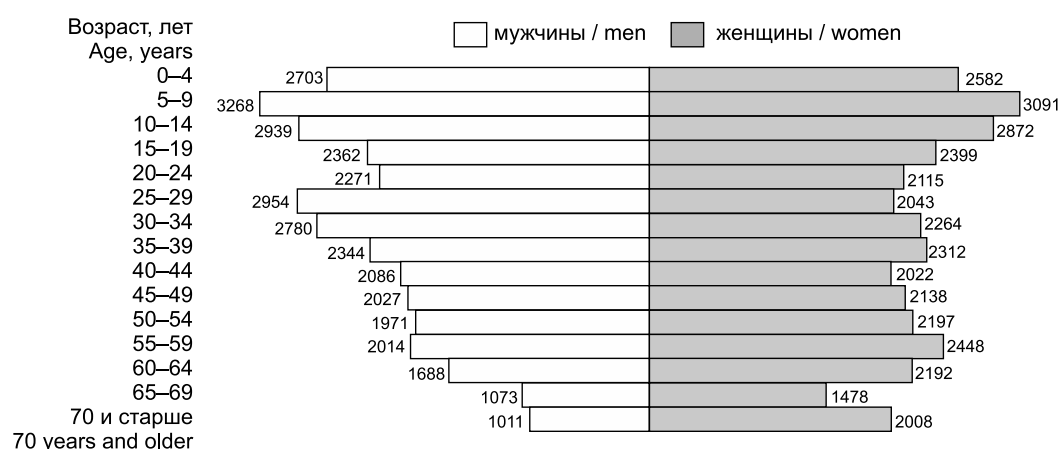


Рис. 1. Возрастная структура населения арктической зоны Республики Саха (Якутии) (по состоянию на 01.01.2020 г.).

Fig. 1. Age structure of the population of the Arctic zone of the Russian Federation (as of 01/01/2020).

составил в арктической зоне 16,6 на 1000 населения (в республике в целом — 13,4). Следует отметить, что период 2010–2014 гг. характеризовался наиболее высокими показателями рождаемости как в республике, так и в Российской Федерации в целом. При анализе тенденций рождаемости в муниципальных районах по отдельности выявлены существенные различия: средние значения показателей рождаемости варьировали от 11,5 в Верхнеколымском до 20,4 в Оленекском районе (на 1000 населения). В Верхнеколымском районе доля коренного аборигенного населения (якутов и коренных малочисленных народов Севера) была низкой и составляла 41,6%, в Оленекском районе — 96,6%. В 9 из 13 арктических районов в динамике наблюдается снижение показателей рождаемости, и общий положительный прирост в зоне в целом обусловлен влиянием 4 оставшихся районов с высокой рождаемостью.

Показатели смертности в арктической зоне были выше, чем по республике в целом. Тенденция снижения показателей смертности в арктической зоне Республики Саха (Якутии) за период 2000–2019 гг. также оценивается как статистически значимая ($R^2=0,23$; $F=4,87$; $p=0,041$). Средний темп убыли составил $-0,07\%$. Эта тенденция отмечается в 8 из 13 арктических районов. В 2020 году из-за повышенной смертности вследствие новой коронавирусной инфекции и её последствий показатель увеличился по сравнению с 2019 годом: с 9,3 до 12,9 на 1000 населения в арктической зоне и с 7,8 до 9,3 на 1000 в целом по Республике Саха (Якутии).

В среднем за 20-летний период положительный естественный прирост отмечался в 12 из 13 районов. При этом показатель варьировал от 1,6 до 9,8 на 1000 населения. Таким образом, арктическая зона Республики Саха (Якутии) является гетерогенной как по возрастной и этнической структуре, так и по медико-демографическим показателям. Коэффициент депопуляции, рассчитанный как отношение общего показателя смертности к общему показателю рождаемости, составил в 2019 году $-0,62$, в 2020 году — $0,78$.

Существенные различия отмечаются также в структуре общей смертности населения. Анализ данных за 2015–2019 гг. показал, что в арктической зоне Республики Саха (Якутии) доля смертности от внешних причин выше, чем в республике и РФ в целом (рис. 2). В среднем доля внешних причин в общей структуре смертности составляла около 20% против 15,7% по республике в целом. Средние показатели в муниципальных районах варьировали от 11 до 29,7%. Основными причинами смерти от внешних причин являлись самоубийства и убийства.

В последние десятилетия как в Российской Федерации в целом, так и в Республике Саха (Якутии) и в её арктической зоне наблюдается устойчивое снижение показателя младенческой смертности. В связи с высокой вариабельностью показателей младенческой смертности в муниципальных районах республики в табл. 3 представлены показатели отдельно за 2000 год и последний 5-летний период, а также обобщённая характеристика за период с 2000 по 2019 год. В среднем за период показатель младенческой смертности в арктической зоне Республики Саха (Якутии) был выше, чем в целом по республике и РФ. Между муниципальными районами имеются существенные различия в уровнях младенческой смертности. В 2020 году показатель в арктической зоне составил 7,8 против 5,1 на 1000 родившихся живыми по Республике Саха (Якутии) в целом (в РФ — 4,5 на 1000 соответственно).

ОБСУЖДЕНИЕ

В ряде научных работ проведён анализ медико-демографических показателей в арктических регионах РФ. Указано, что в основном на демографическую ситуацию в этих регионах оказывает влияние миграционная убыль населения, депопуляция [12–15]. Анализ основных тенденций медико-демографических процессов показал, что за последние 20 лет в арктических районах Республики Саха (Якутии) численность населения сократилась на 22%, несмотря на сохраняющиеся достаточно высокие показатели рождаемости. Это обусловлено как миграцией

Таблица 2. Демографические показатели арктической зоны Республики Саха (Якутии) на 1000 населения за 2000–2019 гг.**Table 2.** Demographic indicators of the Arctic zones of the Republic of Sakha (Yakutia) per 1000 population in 2000–2019

Территория Territory	Рождаемость Birth rate			Смертность Mortality rate			Естественный прирост Natural increase		
	М (95% ДИ) M (95% CI)	Средний темп прироста/ снижения, % Average rate of increase/ decrease, %	Средний абсолютный прирост Average absolute growth	М (95% ДИ) M (95% CI)	Средний темп прироста/ снижения, % Average rate of increase/ decrease, %	Средний абсолютный прирост Average absolute growth	М (95% ДИ) M (95% CI)	Средний темп прироста/ снижения, % Average rate of increase/ decrease, %	Средний абсолютный прирост Average absolute growth
Абыйский Abyisky	13,9 (12,8– 14,9)	–1,4	–0,18	11,8 (10,8– 12,7)	–1,3	–0,13	2,2 (0,6– 3,7)	–1,3	–0,05
Аллайховский Allaikhovsky	15,7 (14,3– 17,1)	–0,03	–0,01	13,1 (11,9– 14,3)	0,4	0,04	2,6 (0,9– 4,3)	–1,6	–0,07
Анабарский Anabarsky	19,5 (18,5– 20,6)	–0,3	–0,06	9,7 (8,8– 10,7)	–3,2	–0,28	9,8 (8,3– 11,2)	2,5	0,24
Булунский Bulunskiy	14,0 (13,1– 14,8)	–2,3	–0,27	9,8 (9,0– 10,6)	–2,1	–0,17	4,2 (3,3– 5,0)	–2,7	–0,1
Верхнеколымский Upper Kolyma	11,5 (10,6– 12,4)	–0,2	–0,02	13,1 (12,2– 13,9)	–0,5	–0,05	–1,6 (–2,6;– 0,6)	–100	0,025
Верхоянский Verkhoyanskiy	16,5 (15,4– 17,6)	–0,5	–0,08	12,0 (11,5– 12,6)	–1,1	–0,11	4,5 (3,3– 5,7)	0,8	0,03
Жиганский эвенкийский национальный Zhigansky Evenk national	19,0 (17,3– 20,8)	2,5	0,41	11,6 (10,8– 12,3)	1,2	0,13	7,5 (5,7– 9,3)	5,7	0,27
Момский Momsky	19,2 (17,9– 20,6)	–0,4	–0,07	11,4 (10,1– 12,7)	–1,4	–0,13	7,9 (5,9– 9,8)	0,7	0,05
Нижнеколымский Nizhnekolymsky	14,9 (13,7– 16,1)	–0,2	–0,02	12,6 (11,5– 13,7)	–0,5	–0,05	2,3 (1,2– 3,5)	2,2	0,03
Оленекский эвенкийский национальный Oleneksky Evenk national	20,4 (18,8– 21,9)	0,8	0,15	11,4 (10,4– 12,5)	0,6	0,05	8,9 (7,0– 10,8)	1,2	0,13
Среднеколым- ский Srednekolymsky	16,5 (15,3– 17,7)	1,7	0,27	11,5 (10,9– 12,1)	0,7	0,08	5,0 (4,0– 6,1)	3,5	0,18
Усть-Янский Ust-Yansky	13,5 (11,8– 15,1)	1,3	0,13	11,8 (11,0– 12,7)	0,9	0,09	1,6 (0,4– 2,9)	–100	0,02
Эвено- Бытантайский национальный Eveno-Bytantaisky national	19,2 (17,6– 20,8)	–0,8	–0,17	11,6 (11,1– 12,1)	–3,3	–0,35	7,6 (5,7– 9,5)	1,8	0,18

Окончание таблицы 2 / End of the Table 2

Территория Territory	Рождаемость Birth rate			Смертность Mortality rate			Естественный прирост Natural increase		
	М (95% ДИ) M (95% CI)	Средний темпы прироста/ снижения, % Average rate of increase/ decrease, %	Средний абсолютный прирост Average absolute growth	М (95% ДИ) M (95% CI)	Средний темпы прироста/ снижения, % Average rate of increase/ decrease, %	Средний абсолютный прирост Average absolute growth	М (95% ДИ) M (95% CI)	Средний темпы прироста/ снижения, % Average rate of increase/ decrease, %	Средний абсолютный прирост Average absolute growth
Арктическая зона Республики Саха (Якутии) Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia)	16,4 (15,6–17,3)	0,03	0,01	11,6 (11,1–12,1)	–0,7	–0,07	4,8 (3,8–5,8)	1,6	0,08
Всего по Республике Саха (Якутии) Total for Republic of Sakha (Yakutia)	15,6 (14,9–16,3)	–0,2	–0,03	9,3 (8,9–9,7)	–1,1	–0,1	6,3 (5,5–7,1)	1,6	0,07
Российская Федерация Russian Federation	11,4 (10,7–12,1)	0,8	0,07	14,2 (13,6–14,9)	–1,1	–0,16	–2,8 (–4,0; –1,6)	–100	0,33

Примечание: М (95% ДИ) — среднее (95% доверительный интервал) за 2000–2019 гг.

Note: M (CI 95%) — average value (95% confidence interval) for 2000–2019.

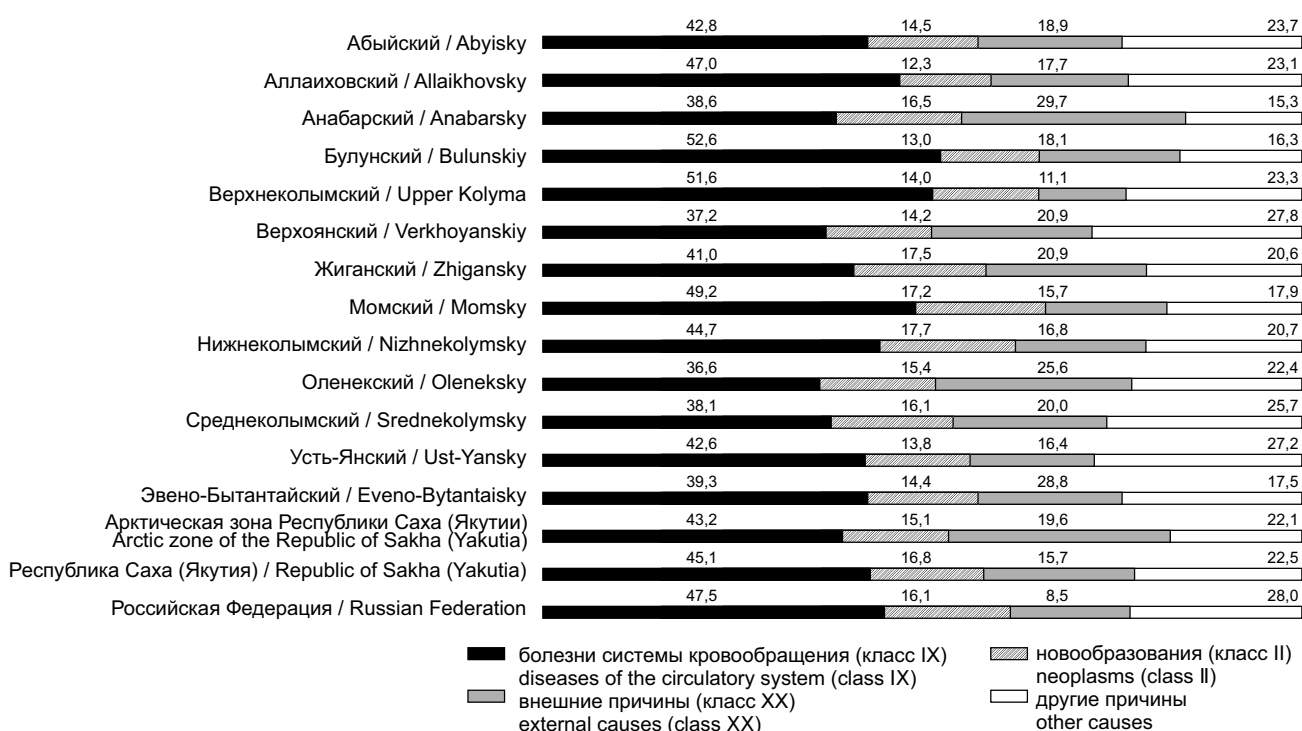


Рис. 2. Структура смертности в 2015–2019 гг. в арктических районах Республики Саха (Якутии) в сравнении с данными в целом по республике и в РФ, %.

Fig. 2. Structure of mortality in the Arctic zones of the Republic of Sakha (Yakutia) in comparison with the data for the whole republic and in the Russian Federation, (%) in 2015–2019.

Таблица 3. Показатели младенческой смертности на 1000 детей, родившихся живыми, в 2000–2019 гг.**Table 3.** Infant mortality rates per 1000 births in 2000–2019

Территория Territory	Годы / Years						2000–2019, М (95% ДИ) M (95% CI)
	2000	2015	2016	2017	2018	2019	
Абыйский / Abyisky	25,0	15,2	25,6	0	0	0	10,7 (3,6–17,9)
Аллайховский / Allaikhovsky	30,8	18,9	0	25,0	0	0	14,7 (7,3–22,1)
Анабарский / Anabarsky	95,9	13,3	0	13,0	0	0	23,7 (12,3–35,1)
Булунский / Bulunskiy	13,8	0	16	0	10,5	0	11,5 (7,5–15,5)
Верхнеколымский Upper Kolyma	15,9	0	19,6	0	0	0	8,0 (3,0–13,0)
Верхоянский / Verkhoyanskiy	20,4	8,8	0	5,2	0	0	11,8 (8,3–15,3)
Жиганский эвенкийский национальный Zhigansky Evenk national	12,5	0	26,3	0	0	11,9	11,6 (5,3–17,8)
Момский / Momsky	22,7	51,5	10,3	0	0	0	20,1 (9,9–30,4)
Нижнеколымский Nizhnekolymsky	22,5	12,7	14,7	0	0	0	20,1 (12,1–28,1)
Оленекский эвенкийский национальный Oleneksky Evenk national	27,4	11,4	22,2	0	0	0	13,2 (6,8–19,6)
Среднеколымский Srednekolymsky	7,1	20,7	0	8,2	10,0	0	9,9 (6,5–13,4)
Усть-Янский / Ust-Yansky	22,5	0	7,9	18,0	10,8	10,8	12,9 (8,0–17,9)
Эвено-Бытантайский национальный Eveno-Bytantsky national	54,1	0	0	0	0	0	17,9 (8,0–27,7)
Арктическая зона Республики Саха (Якутии) Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia)	28,5	11,7	11,0	5,3	2,4	1,7	14,3 (10,4–18,2)
Всего по Республике Саха (Якутии) Total for Republic of Sakha (Yakutia)	17,6	7,6	7,2	5,1	5,0	4,4	9,8 (8,0–11,6)
Российская Федерация Russian Federation	15,3	6,5	6,0	5,6	5,1	4,9	9,1 (7,6–10,5)

населения, так и высокими показателями смертности. В структуре общей смертности около 20% занимает смерть от внешних причин. Отмечается снижение числа случаев младенческой смертности.

Медико-демографические показатели могут быть использованы как инструмент при планировании и организации системы здравоохранения в арктических регионах России. Проблема организации медицинской помощи населению Арктической зоны Российской Федерации — одна из принципиально важных, обсуждаемых в Республике Саха (Якутии). В республике сохранены сеть медицинских учреждений, кадровый состав центральных районных больниц в отдалённых и труднодоступных населённых пунктах, увеличивается финансирование расходов на санитарную авиацию, активно реализуется

возможность республиканских больниц по оказанию выездной медицинской помощи населению в арктических районах, используются возможности телемедицины.

Тем не менее принятые меры недостаточны. Требуется комплексный подход для реализации государственной политики в области охраны здоровья населения в регионах с низкой плотностью населения, к которым относится вся Арктическая зона Российской Федерации. Обеспеченность медицинских организаций врачами остается недостаточной. Существующая сеть амбулаторно-поликлинических учреждений из-за удалённости населённых пунктов друг от друга и центров районов не обеспечивает доступность медицинской помощи. Пространственная и территориальная неоднородность всей системы здравоохранения в Арктической зоне Российской Федерации требует

консолидированного мониторинга медико-демографических показателей в арктических регионах для разработки единых подходов к её совершенствованию.

Организация медицинской помощи населению Арктической зоны Российской Федерации нуждается в совершенствовании, необходима разработка специальных «арктических (северных)» нормативов штатной численности, мощности лечебно-профилактических учреждений, финансирования центральных районных больниц для районов с низкой плотностью населения и имеющих труднодоступные и отдаленные населённые пункты с малой численностью населения. Возможно, для этого потребуются введение понятия «арктическая модель здравоохранения» на законодательном уровне. В качестве мероприятий повышения доступности медицинской помощи населению арктических районов могут использоваться такие формы работы, как передвижные диагностические медицинские бригады, причём в работе этих бригад методы лабораторной диагностики и инструментальные методы исследования (УЗИ, флюорография, ЭКГ, ЭЭГ) должны быть использованы на первом этапе осмотра населения. Необходимо расширить применение новых информационных технологий в виде организации центров дистанционной аудио-консультативной помощи, повысить доступность телемедицинских технологий и других способов коммуникаций. Ввиду экстремальности жизни населения в Арктической зоне Российской Федерации необходимо также неограниченное и обоснованное использование санитарной авиации для оказания неотложной и скорой медицинской помощи населению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В динамике за 20-летний период в арктических районах Республики Саха (Якутии) численность населения снизилась на 22,1%, в том числе численность трудоспособного населения — на 21,5%, детского населения — на 32,2%; коэффициент депопуляции составил в 2020 году 0,78. Наряду с этим отмечаются стабильные и имеющие тенденцию к росту показатели рождаемости (в 2020 году — 16,6‰), тенденция к снижению показателя общей смертности, при этом в структуре смертности населения около 20% составляют внешние причины. Выявлена устойчивая тенденция к снижению показателя младенческой смертности, что является результатом внедрения системы маршрутизации беременных в Республике Саха (Якутии).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Замятина Н.Ю., Пилясов А.Н. Новая теория освоения (пространства) Арктики и Севера: полимасштабный междисциплинарный синтез // Арктика и Север. 2018. № 31. С. 5–27. doi: 10.17238/issn2221-2698.2018.31.5
2. Кирсанов К.А. Национальная идея в Арктическом измерении. В сборнике: Цивилизационные аспекты развития Арктических регионов России // Материалы II научно-практической конференции: сборник статей. Москва : Институт мировых цивилизаций, 2021. С. 188–202.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ/ ADDITIONAL INFORMATION

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределён следующим образом: Т.Е. Бурцева, Н.М. Гоголев, С.С. Слепцова, Л.Н. Афанасьева, В.Г. Часнык — концепция и дизайн исследования; Т.М. Климова, Т.Е. Бурцева, Е.В. Синельникова — сбор данных, их анализ и интерпретация, подготовка библиографического списка; В.Г. Часнык, Т.М. Климова, Т.Е. Бурцева, М.П. Слободчикова — подготовка окончательного варианта статьи.

Authors' contribution. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have contributed significantly to the development of the concept, research, and preparation of the article, read, and approved the final version before publication). T.E. Burtseva, N.M. Gogolev, S.S. Sleptsova, L.N. Afanaseva, and V.G. Chasnyk made a significant contribution to the concept and design of the study; T.M. Klimova, T.E. Burtseva, and E.V. Sinelnikova collected, analyzed, and interpreted the data, prepared the references; V.G. Chasnyk, T.M. Klimova, T.E. Burtseva, and M.P. Slobodchikova took part in the preparation of the final version of the article.

Источники финансирования. Публикация осуществлена при поддержке гранта, полученного Научно-исследовательским центром адаптации человека в Арктике, филиалом Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (НИЦ МБП КНЦ РАН) на тему «The contribution of reproductive health and the quality of the Arctic environment to the Wellbeing of the Kola Sami», софинансируемого через сквозные фонды Международного арктического научного комитета (IASC) при участии Рабочих групп IASC: по социальным и гуманитарным вопросам (SHWG) и Международной научной инициативы в Российской Арктике (ISIRA).

Funding sources. The publication was supported by a grant received from the Research Center for Human Adaptation in the Arctic, a branch of the Federal Research Center "Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (RC of Biomedical Problems KSC RAS) on the subject of "The contribution of reproductive health and the quality of the Arctic environment to the Wellbeing of the Kola Sami" co-financed through the International Arctic Science Committee (IASC) through funds with the participation of the IASC Social and Humanitarian Working Groups (SHWG) and the International Science Initiative in the Russian Arctic (ISIRA).

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Competing interests. The authors declare no conflict of interest.

3. Мазур И.И. Новая эпоха в освоении и развитии Арктического региона // Век глобализации. 2019. № 3. С. 89–95.
4. Бойко Е.Р. Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере. Екатеринбург : Уральское отделение РАН, 2005. 192 с.
5. Казначеев В.П. Современные аспекты адаптации. Новосибирск : Новосибирское отделение издательства «Наука», 1980. 192 с.
6. Саввинов Д.Д. Проблемы прикладной экологии Севера: состояние и перспективы // Прикладная экология Севера: опыт проведения исследований, современное состояние и перспективы: материалы международной научно-практической конференции, март 20–21, 2003; Якутск. Якутск : Издательство СО РАН, 2003. 290 с.
7. Бурцева Е.И., Петров А.Н. Экологические проблемы северных территорий Якутии в условиях промышленного освоения и глобального потепления // Успехи современного естествознания. 2017. № 5. С. 83–88.
8. Семенова Н.П. Эколого-гигиеническая характеристика среды обитания и состояние здоровья населения Республики Саха (Якутия) : дис. ... канд. биол. наук. Иркутск, 2015. –2с. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01006646064>
9. Указ Президента РФ от 02.05.2014 № 296 (ред. от 05.03.2020) «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162553/ Дата обращения: 20.03.2022.
10. sakha.gks.ru/ [Internet]. Итоги Всероссийской переписи населения 2010 г. Том 4: Национальный состав и владение языками, гражданство населения Республики Саха (Якутия). [дата обращения: 20.03.2022] Доступ по ссылке: <https://sakha.gks.ru/folder/39644>
11. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия). Режим доступа: <https://sakha.gks.ru/folder/32348>. Дата обращения: 20.03.2022.
12. Смирнов А.В. Население мировой Арктики: динамика численности и центры расселения // Арктика и Север. 2020. № 40. С. 270–290. doi: 10.37482/issn2221-2698.2020.40.270
13. Никанов А.Н., Чашин В.П., Гудков А.Б., и др. Медико-демографические показатели и формирование трудового потенциала в Арктике (на примере Мурманской области) // Экология человека. 2018. Т. 25, № 1. С. 15–19. doi: 10.33396/1728-0869-2018-1-15-19
14. Павленко В.И., Петров А., Куценко С.Ю., Деттер Г.Ф. Коренные малочисленные народы Российской Арктики (проблемы и перспективы развития) // Экология человека. 2019. Т. 26, № 1. С. 26–33. doi: 10.33396/1728-0869-2019-1-26-33
15. Dudarev A.A., Chupakhin V.S., Odland J.O. Health and society in Chukotka: an overview // International journal of circumpolar health. 2013. Vol. 72. P. 20469.

REFERENCES

1. Zamyatina NYu, Pilyasov AN. the new theory of the Arctic and Northern development: multi-scale interdisciplinary synthesis. *Arctic and North*. 2018;(31):5–27. (In Russ). doi: 10.17238/issn2221-2698.2018.31.5
2. Kirsanov KA. Nacional'naya ideya v Arkticheskom izmerenii. In: *Civilizacionnye aspekty razvitiya Arkticheskikh regionov Rossii. Materialy II nauchno-prakticheskoy konferencii: sbornik statej*. Moscow: Institut mirovyh civilizacij; 2021. P. 188–202. (In Russ).
3. Mazur II. A new era in the development and development of the Arctic region. *Vek globalizatsii [Age of globalization]*. 2019;(3):89–95. (In Russ).
4. Boyko ER. *Physiological and biochemical foundations of human life in the North*. Yekaterinburg: Ural'skoe otdelenie RAS, 2005. 192 p. (In Russ).
5. Kaznacheev VP. *Modern aspects of adaptation*. Novosibirsk: Novosibirskoe otdelenie izdatel'stva «Nauka»; 1980. 192 p. (In Russ).
6. Savvinov DD. Problemy prikladnoj ehkologii Severa: sostoyanie i perspektivy. In: *Prikladnaya ehkologiya Severa: opyt provedeniya issledovaniy, sovremennoe sostoyanie i perspektivy: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*; 2003 March 20–21; Yakutsk. Yakutsk: Izdatel'stvo SO RAN; 2003. 290 p. (In Russ).
7. Burtseva EI, Petrov AN. Ecological problems of the northern territories of Yakutia in the conditions of industrial development and global warming. *Advances in current natural sciences*. 2017;(5):83–88. (In Russ).
8. Semenova NP. *Ehkologo-gigienicheskaya kharakteristika sredy obitaniya i sostoyanie zdorov'ya naseleniya Respubliki Sakha (Yakutiya)* [dissertation]. Irkutsk; 2015. (In Russ). Available from: <https://search.rsl.ru/ru/record/01006646064>
9. Decree of the President of the Russian Federation of 02.05.2014 N 296 (ed. of 05.03.2020) "On the land territories of the Arctic zone of the Russian Federation" Available from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162553/ (In Russ). [cited: 2022 March 20].
10. sakha.gks.ru/ [Internet]. Results of the National population census of 2010. Volume 4: National composition and language proficiency, citizenship of the population of the Republic of Sakha (Yakutia). [cited 2022 March 3]. Available from: <https://sakha.gks.ru/folder/39644> (In Russ).
11. Regional Office of the Federal State Statistics Service for the Republic of Sakha (Yakutia). Available from: <https://sakha.gks.ru/folder/32348>. (In Russ). [cited: 2022 March 20].
12. Smirnov AV. The population of the world Arctic: population dynamics and settlement centers. *Arctic and North*. 2020;(40):270–290. (In Russ). doi: 10.37482/issn2221-2698.2020.40.270
13. Nikanov AN, Chashchin VP, Gudkov AB, et al. Medico-demographic indicators and formation of labor potential in the Russian Arctic (in the context of Murmansk region). *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2018;25(1):15–19. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2018-1-15-19
14. Pavlenko VI, Petrov A, Kutsenko SYu, Detter GF. Indigenous peoples of the Russian Arctic (problems and prospects of development). *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;26(1):26–33. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2019-1-26-33
15. Dudarev AA, Chupakhin VS, Odland JØ. Health and society in Chukotka: an overview. *Int J Circumpolar Health*. 2013;72:20469. doi: 10.3402/ijch.v72i0.20469

ОБ АВТОРАХ

***Татьяна Егоровна Бурцева**, д.м.н., профессор;
адрес: Россия, 677009, Якутск, ул. Белинского, 58;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5490-2072>;
eLibrary SPIN: 5032-4405;
e-mail: bourtsevat@yandex.ru

Татьяна Михайловна Климова;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2746-0608>;
eLibrary SPIN: 2635-0865;
e-mail: biomeddykt@mail.ru

Николай Михайлович Гоголев;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6696-7378>;
eLibrary SPIN: 8663-8332;
e-mail: gogrcemp@mail.ru

Снежана Спиридоновна Слепцова;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0103-4750>;
eLibrary SPIN: 2677-0163;
e-mail: sssleptsova@yandex.ru

Лена Николаевна Афанасьева;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2592-5125>;
eLibrary SPIN: 5567-4610;
e-mail: enanik2007@mail.ru

Елена Владимировна Синельникова;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2213-3755>;
eLibrary SPIN: 1948-5788;
e-mail: sinelnikova_e@mail.ru

Вячеслав Григорьевич Часнык;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5776-1490>;
eLibrary SPIN: 8175-0010;
e-mail: chasnyk@gmail.com

Майя Павловна Слободчикова;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8556-095X>;
eLibrary SPIN: 3360-2299;
e-mail: limelight@mail.ru

AUTHORS INFO

***Tatiana E. Burtseva**, Dr. Sci. (Med.), professor;
address: 58, Belinskogo street, 677009, Yakutsk, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5490-2072>;
eLibrary SPIN: 5032-4405;
e-mail: bourtsevat@yandex.ru

Tatiana M. Klimova;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2746-0608>;
eLibrary SPIN: 2635-0865;
e-mail: biomeddykt@mail.ru

Nikolay M. Gogolev;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6696-7378>;
eLibrary SPIN: 8663-8332;
e-mail: gogrcemp@mail.ru

Snezhana S. Sleptsova;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0103-4750>;
eLibrary SPIN: 2677-0163;
e-mail: sssleptsova@yandex.ru

Lena N. Afanaseva;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2592-5125>;
eLibrary SPIN: 5567-4610;
e-mail: enanik2007@mail.ru

Elena V. Sinelnikova;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2213-3755>;
eLibrary SPIN: 1948-5788;
e-mail: sinelnikova_e@mail.ru

Vyacheslav G. Chasnyk;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5776-1490>;
eLibrary SPIN: 8175-0010;
e-mail: chasnyk@gmail.com

Maya P. Slobodchikova;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8556-095X>;
eLibrary SPIN: 3360-2299;
e-mail: limelight@mail.ru

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105578>

Параметры карбонильного стресса и окислительная модификация ДНК при возрастной менопаузе у женщин русской и бурятской этнических групп

Н.В. Семёнова, А.С. Бричагина, О.А. Никитина, И.М. Мадаева,
С.И. Колесников, Л.И. Колесникова

Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека, Иркутск, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Менопауза является фактором риска развития окислительного стресса. Результаты, свидетельствующие об этноспецифичности течения процессов липопероксидации, позволяют предположить различия в метаболизме женщин разных этносов, что связано с окислением не только липидов, но и белков и ДНК.

Цель. Определить содержание продуктов окисления белков, конечных продуктов гликирования и окислительной модификации ДНК в крови у женщин русской и бурятской этнических групп в пери- и постменопаузе.

Материал и методы. В исследовании приняли участие 86 женщин-добровольцев двух этнических групп — русские ($n=52$) и буряты ($n=34$) — в возрасте от 45 до 60 лет, имеющих пери- и постменопаузальный статус. Основания исключения: применение заместительной гормонотерапии, применение препаратов антиоксидантного ряда, заболевания эндокринного генеза, обострение хронических заболеваний, преждевременная ранняя менопауза, хирургическая менопауза. Концентрацию 8-гидрокси-2'-деоксигуанозина (нг/мл) и конечных продуктов гликирования (AGEs, нг/мл) определяли в сыворотке крови иммуноферментным методом, содержание продуктов окисления белков (AOPP, нмоль/л) — в плазме крови фотометрическим методом.

Результаты. Выявлено повышение содержания AOPP в постменопаузе по сравнению с перименопаузой у женщин обеих этнических групп: 36,90 [27,09; 42,72] и 19,80 [17,03; 23,78] в русской этнической группе соответственно ($p < 0,001$) и 31,16 [29,45; 33,99] и 26,30 [23,44; 30,91] в бурятской этнической группе соответственно ($p=0,020$). Независимо от фазы менопаузы у женщин бурятского этноса по сравнению с представительницами русской этногруппы выявлено более высокое содержание AGEs (5015,0 [4584,49; 5486,96] и 3685,87 [3376,11; 4318,0] в перименопаузе ($p=0,002$) и 4970 [4710; 5660] и 4274,59 [3440,67; 4813,05] в постменопаузе ($p=0,040$)), а также 8-гидрокси-2'-деоксигуанозина (1,58 [0,66; 4,36] и 0,82 [0,42; 1,09] в перименопаузе ($p=0,032$) и 1,52 [1,06; 4,21] и 0,85 [0,49; 1,34] в постменопаузе ($p=0,018$)). Более высокая концентрация AOPP была установлена только в перименопаузальном периоде у женщин бурятского этноса.

Заключение. Окисление белков зависит от фазы менопаузы и более выражено в постменопаузе; у женщин бурятского этноса в сравнении с русской этнической группой выше содержание маркёров карбонильного стресса и деградации ДНК.

Ключевые слова: карбонильный стресс; деградация ДНК; окисление белков; гликирование; менопауза; этнос.

Как цитировать:

Семёнова Н.В., Бричагина А.С., Никитина О.А., Мадаева И.М., Колесников С.И., Колесникова Л.И. Параметры карбонильного стресса и окислительная модификация ДНК при возрастной менопаузе у женщин русской и бурятской этнических групп // Экология человека. Т. 29, № 6. С. 415–423.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105578>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105578>

Carbonil stress parameters and DNA oxidative modification in Russian and Buryat women with age-related menopause

Natalya V. Semenova, Anastasia S. Brichagina, Olga A. Nikitina,
Irina M. Madaeva, Sergey I. Kolesnikov, Lyubov I. Kolesnikova

Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems, Irkutsk, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Menopause is a risk factor for oxidative stress. Previous study results indicate the lipid peroxidation ethnospecificity, suggesting differences in the metabolism of different ethnic groups of women, associated with the oxidation of not only lipids but proteins and DNA.

AIM: To determine advanced oxidation protein products (AOPP), advanced glycation end products (AGEs), and DNA oxidative modification levels in the blood of Russian and Buryat peri- and postmenopausal women.

MATERIAL AND METHODS: The study involved 86 women of two ethnic groups — Russians ($n=52$) and Buryats ($n=34$) — aged 45 to 60 years with peri- and postmenopausal status, which participated as volunteers. The basis for the exclusion in this study was the use of hormone replacement therapy, antioxidant drugs, diseases of endocrine origin, exacerbation of chronic diseases, premature early menopause, and surgical menopause. The concentration of 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (ng/ml) and AGEs (ng/ml) was determined in blood serum by enzyme immunoassay. The content of AOPP (nmol/l) was determined in blood plasma using the photometric method.

RESULTS: An increase of AOPP levels in postmenopause as compared to perimenopause was found in women of both ethnic groups (36.90 [27.09; 42.72] and 19.80 [17.03; 23.78] in the Russian ethnic group ($p < 0.001$) and 31.16 [29.45; 33.99] and 26.30 [23.44; 30.91] in the Buryat ethnic group ($p=0.020$). Regardless of the menopausal phase, the AGEs levels in Buryat women were higher than the Russian ethnic group: (5015.0 [4584.49; 5486.96] and 3685.87 [3376.11; 4318.0] in perimenopause ($p=0.002$) and 4970 [4710; 5660] and 4274.59 [3440.67; 4813.05] in postmenopause ($p=0.040$)) and 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (1.58 [0.66; 4.36] and 0.82 [0.42; 1.09] in perimenopause ($p=0.032$) and 1.52 [1.06; 4.21] and 0.85 [0.49; 1.34] in postmenopause ($p=0.018$)). Differences in the AOPP level were revealed only in the perimenopause toward a higher level in Buryat women.

CONCLUSION: Protein oxidation depends on the menopausal phase and is more pronounced in postmenopausal women. The carbonyl stress parameters and DNA destruction levels are higher in Buryat women than Russian ethnic group.

Keywords: carbonyl stress; DNA destruction; protein oxidation; glycation; menopause; ethnos.

To cite this article:

Semenova NV, Brichagina AS, Nikitina OA, Madaeva IM, Kolesnikov SI, Kolesnikova LI. Carbonil stress parameters and DNA oxidative modification in Russian and Buryat women with age-related menopause. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(6):415–423. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105578>

Received: 29.03.2022

Accepted: 16.06.2022

Published online: 13.07.2022

ВВЕДЕНИЕ

Возрастные нейроэндокринные изменения у женщин, в частности эстрогендефицит, свидетельствуют о начале менопаузального периода. Наступившая после 45 лет менопауза является возрастной физиологической и состоит из пери- и постменопаузы [1]. Возрастной дефицит половых стероидов рассматривают в качестве одной из основных причин развития метаболических нарушений, включая окислительный стресс, в данном периоде жизни [2, 3].

Под окислительным стрессом подразумевается состояние, при котором на фоне снижения активности антиоксидантной системы увеличивается окислительная нагрузка на организм, что приводит к окислительному повреждению молекулярных и клеточных структур и накоплению карбонильных продуктов окисления. В свою очередь избыток карбонильных производных формирует карбонильный стресс, способный оказывать деструктивное влияние на ДНК посредством её окислительной модификации, что определяет его важную роль в патогенезе различных заболеваний. Кроме того, известно, что в процессах старения значительную роль играют конечные продукты гликирования, образованные в результате взаимодействия углеводов с белками, липидами и нуклеиновыми кислотами [4, 5]. Актуальность изучения карбонильного стресса и путей детоксикации карбонильных продуктов в период менопаузы, а также участия половых стероидов в развитии карбонильного стресса определяется прежде всего необходимостью разработки профилактических мероприятий, способных предотвратить развитие различных патологических процессов в данном возрастном периоде.

К настоящему времени появляется всё больше данных, свидетельствующих о различиях течения процессов свободнорадикального окисления и состояния антиоксидантной системы как у здоровых людей [6, 7], так и при различных патологиях [8–10]. Кроме того, более раннее исследование с участием женщин русской и бурятской этнических групп в менопаузе [11] показало различия по параметрам процессов липопероксидации и некоторым показателям антиоксидантной системы в зависимости от фазы менопаузы, хотя различий по параметрам липидного обмена выявлено не было [12]. С учётом этих данных, а также отсутствия результатов исследования карбонильного стресса у женщин разных этнических групп, имеющих менопаузальный статус, была сформирована цель данной работы.

Цель. Определить содержание продуктов окисления белков, конечных продуктов гликирования и окислительной модификации ДНК в крови у женщин русской и бурятской этнических групп в пери- и постменопаузе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование, соответствующее этическим нормам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской

ассоциации (1964 год, последний пересмотр — Форталеза, Бразилия, 2013 год), проведено на базе Научного центра проблем здоровья семьи и репродукции человека (Иркутск) с участием 86 женщин-добровольцев европеоидной (этническая группа — русские ($n=52$)) и монголоидной (этническая группа — буряты ($n=34$)) рас в возрасте от 45 до 60 лет, проживающих в Иркутске и имеющих менопаузальный статус.

При формировании этнических групп учитывались генеалогический анамнез (представители, имеющие в двух поколениях родителей одной этнической группы) и самоидентификация с учётом элементов фенотипа. Каждая женщина подписала информированное согласие на участие в проводимом исследовании, протокол которого одобрен Комитетом по биомедицинской этике Научного центра проблем здоровья семьи и репродукции человека (протокол № 8 от 15.12.2016 г.).

После клиничко-анамнестического обследования женщины были разделены на две группы: перименопауза и постменопауза. Отнесение в одну из групп климактерического периода осуществлялось согласно клиническим рекомендациям [13]. Таким образом, было сформировано 4 группы исследуемых:

- перименопауза, русская этническая группа ($n=21$, средний возраст — $48,0 \pm 2,81$ года, индекс массы тела (ИМТ) — $27,20 \pm 4,55$ кг/м²);
- постменопауза, русская этническая группа ($n=31$, средний возраст — $55,0 \pm 4,13$ года, ИМТ — $27,60 \pm 4,81$ кг/м²);
- перименопауза, бурятская этническая группа ($n=18$, средний возраст — $49,0 \pm 2,37$ года, ИМТ — $27,80 \pm 6,14$ кг/м²);
- постменопауза, бурятская этническая группа ($n=16$, средний возраст — $55,0 \pm 4,98$ года, ИМТ — $27,40 \pm 3,49$ кг/м²).

Основания для исключения женщин из исследования: применение заместительной гормонотерапии, применение препаратов антиоксидантного ряда, заболевания эндокринного генеза, обострение хронических заболеваний, преждевременная ранняя менопауза, хирургическая менопауза.

Для исследования использовали венозную кровь, забор которой проводили натощак с 8:00 до 9:00 ч в соответствии с общепринятыми требованиями. Кровь центрифугировали 10 мин при 1500 об./мин, отделяли плазму и сыворотку, которые хранили при -40°C до проведения исследования.

Концентрацию 8-гидрокси-2'-деоксигуанозина определяли в сыворотке крови иммуноферментным анализом с использованием наборов ELISA Kit (Cloud-Clone Corp., США) на анализаторе ELx808 (BioTek Instruments Inc., США), единица измерения — нг/мл. Содержание продуктов окисления белков (advanced oxidation protein products, AOPP) определяли в плазме фотометрическим методом с использованием наборов ф. ImmunDiagnostik (Германия)

на спектрофотометре Multiskan GO (Thermo Scientific, Финляндия), единица измерения — нмоль/л. Содержание конечных продуктов гликирования (advanced glycation end-products, AGEs) определяли методом иммуноферментного анализа с использованием наборов ф. Cloud-Clone Corp. (США) на анализаторе ELx808 (BioTek Instruments Inc., США), единица измерения — нг/мл.

Полученные данные обрабатывали в программе Statistica 10.0. Близость к нормальному закону распределения количественных признаков оценивали визуально-графическим методом, а также критериями согласия Колмогорова–Смирнова с поправкой Лиллиефорса и Шапиро–Уилка. Данные по возрасту, весу, росту и индексу массы тела имели распределение, близкое к нормальному, в связи с чем представлены в виде среднего арифметического $\pm$ стандартное отклонение ($M \pm \sigma$). Показатели продуктов окисления белков, конечных продуктов гликирования и окислительной модификации ДНК имели распределение, отличное от нормального, в связи с чем представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха [Q1; Q3]. Анализ межгрупповых различий для независимых выборок проводили с использованием критерия Краскела–Уоллиса и медианного теста с последующими апостериорными сравнениями с помощью критерия Манна–Уитни. Критический уровень значимости — 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе сравнительного анализа концентрации маркеров карбонильного стресса и окислительной модификации ДНК между участницами исследования в разных

фазах менопаузы выявлено повышение содержания АОРР в постменопаузе по сравнению с перименопаузальным периодом у женщин обеих этнических групп: в русской этнической группе — 36,90 [27,09; 42,72] и 19,80 [17,03; 23,78] соответственно ($p < 0,001$) и в бурятской этнической группе — 31,16 [29,45; 33,99] и 26,30 [23,44; 30,91] соответственно ($p = 0,020$) (рис. 1).

Как в перименопаузальном, так и в постменопаузальном периоде у женщин бурятского этноса по сравнению с представительницами русской этногруппы выявлено более высокое содержание AGEs (5015,0 [4584,49; 5486,96] и 3685,87 [3376,11; 4318,0] соответственно в перименопаузе ($p = 0,002$) и 4970 [4710; 5660] и 4274,59 [3440,67; 4813,05] соответственно в постменопаузе ($p = 0,040$) (рис. 2)) и 8-гидрокси-2'-деоксигуанозина (1,58 [0,66; 4,36] и 0,82 [0,42; 1,09] соответственно в перименопаузе ($p = 0,032$) и 1,52 [1,06; 4,21] и 0,85 [0,49; 1,34] соответственно в постменопаузе ($p = 0,018$) (рис. 3)). Содержание АОРР было выше только в перименопаузальном периоде у женщин бурятского этноса (26,30 [23,44; 30,91] ($p = 0,011$) (см. рис. 1)).

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные в ходе настоящего исследования результаты свидетельствуют о накоплении АОРР при прогрессировании менопаузы независимо от этнической принадлежности, что может являться следствием повышения с возрастом концентрации хлорноватистой кислоты; активных форм кислорода, окисляющих остатки лизина, аргинина, пролина, треонина; взаимодействия карбонилсодержащих продуктов окисления липидов с аминокетонами

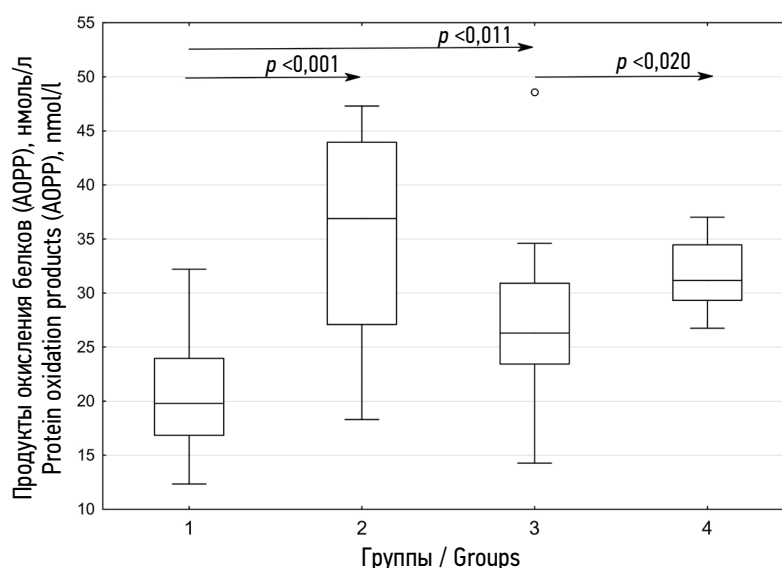


Рис. 1. Содержание продуктов окисления белков у женщин русской и бурятской этнических групп в пери- и постменопаузальном периодах.

1 — русская этническая группа, перименопауза; 2 — русская этническая группа, постменопауза; 3 — бурятская этническая группа, перименопауза; 4 — бурятская этническая группа, постменопауза.

Fig. 1. The protein oxidation products levels in Russian and Buryat peri- and postmenopausal women.

1 — Russian ethnic group, perimenopause; 2 — Russian ethnic group, postmenopause; 3 — Buryat ethnic group, perimenopause; 4 — Buryat ethnic group, postmenopause.

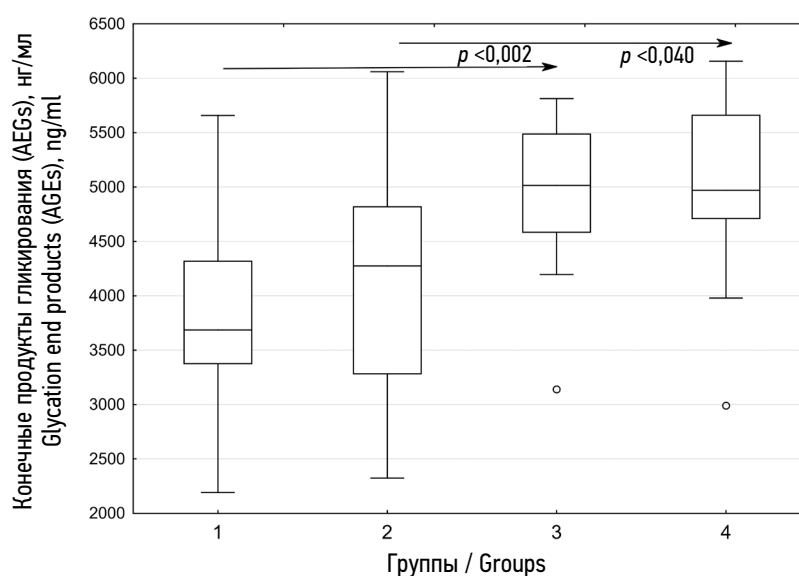


Рис. 2. Содержание конечных продуктов гликирования у женщин русской и бурятской этнических групп в пери- и постменопаузальном периодах. Обозначения см. на рис. 1.

Fig. 2. The advanced glycation end products levels in Russian and Buryat peri- and postmenopausal women. See designations in Fig. 1.

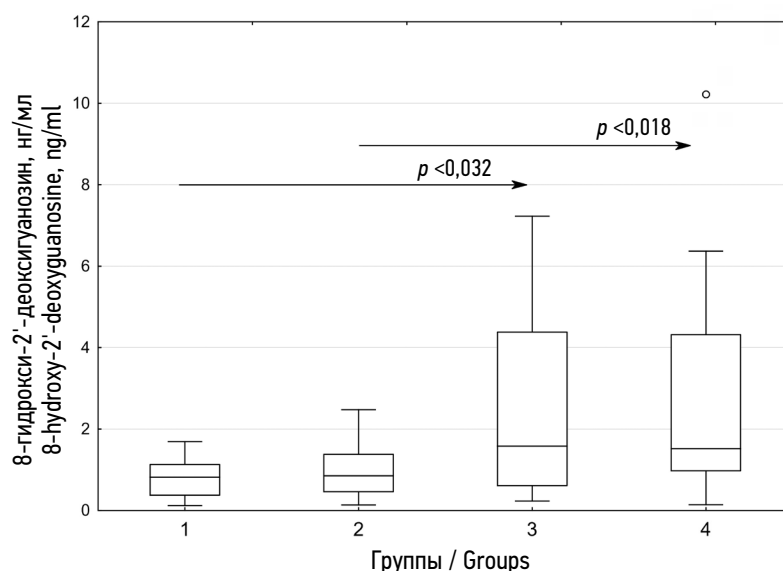


Рис. 3. Концентрация 8-гидрокси-2'-деоксигуанозина у женщин русской и бурятской этнических групп в пери- и постменопаузальном периодах. Обозначения см. на рис. 1.

Fig. 3. The 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine levels in Russian and Buryat peri- and postmenopausal women. See designations in Fig. 1.

белков, приводящего к их окислительной модификации и деструкции [14, 15]. В качестве подтверждения последнего можно рассматривать результаты проведённого нами ранее исследования [11], свидетельствующие о снижении концентрации активных продуктов тиобарбитуровой кислоты (ТБК-АП), основной составляющей единицей которых является малоновый диальдегид, у женщин русского этноса в постменопаузе по сравнению с перименопаузальным периодом. При этом у представительниц бурятского этноса не было выявлено различий в концентрации ТБК-АП между менопаузальными фазами, в связи с чем можно предположить иные причины накопления в их организме модифицированных белков, например

галогенирующий стресс. Наши данные согласуются с результатами других исследований, свидетельствующими о повышении окислительной нагрузки в постменопаузе [16, 17], однако в представленных работах не определяли тяжесть климактерического синдрома, которая могла отразиться на интенсивности свободнорадикального окисления. В нашем исследовании у женщин обеих этнических групп не обнаружена тяжёлая степень климактерического синдрома, в перименопаузе преобладала лёгкая степень тяжести, в то время как в постменопаузе частота лёгкой и средней степени тяжести не различалась.

Несмотря на имеющиеся литературные данные о снижении интенсивности репарации ДНК с возрастом

[18, 19], нами не выявлено каких-либо значимых различий в содержании маркера окислительного повреждения генетического аппарата клетки — 8-гидрокси-2'-деоксигуанозина — между фазами менопаузы у представительниц обеих этнических групп, что может быть связано с отсутствием у них на момент обследования обострения хронических заболеваний, а также заболеваний эндокринного генеза, при которых интенсивность окислительной модификации ДНК повышается. Это может быть причиной отсутствия различий и в содержании AGEs, представляющих собой гетерогенные молекулы, образованные в ходе реакций углеводов с белками и липидами [20]. Кроме того, возраст участниц исследования варьировал от 45 до 60 лет, что, возможно, недостаточно для получения значимых различий в содержании изучаемых показателей.

Однако нам удалось выявить межэтнические различия концентрации маркеров свободнорадикального окисления в сторону большего их содержания у представительниц бурятской этнической группы. Учитывая критерии исключения женщин из настоящего исследования, а также место проживания, можно сделать вывод о различиях в метаболизме русского и бурятского этноса, что может являться следствием характера питания, образа жизни, генетических характеристик. Известно, что содержание продуктов свободнорадикального окисления контролируется системой антиоксидантной защиты, активность которой генетически детерминирована [21]. При исследовании определённых полиморфных вариантов генов антиоксидантных ферментов в русской и бурятской популяциях показаны различия по полиморфизмам генов супероксиддисмутазы и каталазы (*Ala16Val* гена *SOD2* и *262C>T* гена *CAT*) [22, 23], что, возможно, в некоторой степени определяет полученные в настоящем исследовании результаты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты нашего исследования свидетельствуют об увеличении окислительной модификации белков по мере прогрессирования менопаузы, а также о различиях в метаболизме женщин русского и бурятского этноса, связанных с окислением белков, липидов и ДНК. Данная область исследования требует дальнейшего изучения для более полного представления о течении свободнорадикальных процессов в возрастном и этническом аспектах.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ/ ADDITIONAL INFORMATION

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение

исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределён следующим образом: Н.В. Семёнова — концепция и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретация данных; А.С. Бричагина и О.А. Никитина — получение и анализ данных; И.М. Мадаева — анализ данных; С.И. Колесников — анализ и интерпретация данных; Л.И. Колесникова — окончательное утверждение присланной в редакцию рукописи.

Author's contribution. All authors confirm that their authorship complies with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the concept development, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

The largest contribution is distributed as follows: N.V. Semenova — study concept and design, data acquisition, analysis and interpretation; A.S. Brichagina and O.A. Nikitina — data acquisition and analysis; I.M. Madaeva — data analysis; S.I. Kolesnikov — data analysis and interpretation; L.I. Kolesnikova — the final approval of the manuscript sent to the editors.

Источники финансирования. Данная работа выполнена в рамках фундаментального научного исследования Научного центра проблем здоровья семьи и репродукции человека (№ 121022500180-6) с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Центр разработки прогрессивных персонализированных технологий здоровья» Научного центра проблем здоровья семьи и репродукции человека (г. Иркутск).

Публикация осуществлена при поддержке гранта, полученного Научно-исследовательским центром адаптации человека в Арктике, филиалом Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (НИЦ МБП КНЦ РАН) на тему "The contribution of reproductive health and the quality of the Arctic environment to the Wellbeing of the Kola Sami", софинансируемого через сквозные фонды Международного арктического научного комитета (IASC) при участии Рабочих групп IASC: по социальным и гуманитарным вопросам (SHWG) и Международной научной инициативы в Российской Арктике (ISIRA).

Funding. This work was conducted within the fundamental scientific research of the Scientific Center for Family Health and Human Reproduction (No. 121022500180-6) using the equipment of the Common Use Center "Center for the Development of Advanced Personalized Health Technologies" of the Scientific Center for Family Health and Human Reproduction (Irkutsk).

The publication was supported by a grant received by the Research Center for Human Adaptation in the Arctic, a branch of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences on the subject "The contribution of reproductive health and the quality of the Arctic environment to the Wellbeing of the Kola Sami", cofinanced through the International Arctic Science Committee (IASC) through funds with the participation of the IASC Social and Humanitarian Working Groups (SHWG) and the International Science Initiative in the Russian Arctic (ISIRA).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lumsden M.A., Sassarini J. The evolution of the human menopause // *Climacteric*. 2019. Vol. 22, N 2. P. 111–116. doi: 10.1080/13697137.2018.1547701
2. Cervellati C., Bergamini C.M. Oxidative damage and the pathogenesis of menopause related disturbances and diseases // *Clin Chem Lab Med*. 2016. Vol. 54, N 5. P. 739–753. doi: 10.1515/cclm-2015-0807
3. Taleb-Belkadi O., Chaib H., Zemour L., et al. Lipid profile, inflammation, and oxidative status in peri- and postmenopausal women // *Gynecol Endocrinol*. 2016. Vol. 32, N 12. P. 982–985. doi: 10.1080/09513590.2016.1214257
4. Hauck A.K., Huang Y., Hertz A.V., Bernlohr D.A. Adipose oxidative stress and protein carbonylation // *J Biol Chem*. 2019. Vol. 294, N 4. P. 1083–1088. doi: 10.1074/jbc.R118.003214
5. Semchyshyn H. Is carbonyl/AGE/RAGE stress a hallmark of the brain aging? // *Pflugers Arch*. 2021. Vol. 473, N 5. P. 723–734. doi: 10.1007/s00424-021-02529-y
6. Колесникова Л.И., Даренская М.А., Долгих В.В., и др. Особенности процессов перекисного окисления липидов — антиоксидантной защиты в различных этнических группах Восточной Сибири // *Экология человека*. 2010. №2. С. 26–29.
7. Lammertyn L., Mels C.M., Pieters M., et al. Ethnic-specific relationships between haemostatic and oxidative stress markers in black and white South Africans: the SABPA study // *Clin Exp Hypertens*. 2015. Vol. 37, N 6. P. 511–517. doi: 10.3109/10641963.2015.1013123
8. Даренская М.А., Колесникова Л.И., Колесников С.И. Этнические аспекты метаболических реакций женщин при дисрегуляторной патологии. Москва : Издательство РАН, 2020. 186 с.
9. Mokhaneli M.C., Fourie C.M., Botha S., Mels C.M. The association of oxidative stress with arterial compliance and vascular resistance in a bi-ethnic population: the SABPA study // *Free Radic Res*. 2016. Vol. 50, N 8. P. 920–928. doi: 10.1080/10715762.2016.1201816
10. Morris A.A., Zhao L., Patel R.S., et al. Differences in systemic oxidative stress based on race and the metabolic syndrome: the morehouse and emory team up to eliminate health disparities (META-health) study // *Metab Syndr Relat Disord*. 2012. Vol. 10, N 4. P. 252–259. doi: 10.1089/met.2011.0117
11. Семёнова Н.В., Мадаева И.М., Даренская М.А., Колесникова Л.И. Процессы липопероксидации и система антиоксидантной защиты у женщин в менопаузе в зависимости от этнической принадлежности // *Экология человека*. 2019. Т. 26, № 6. С. 30–38. doi: 10.33396/1728-0869-2019-6-30-38
12. Семёнова Н.В., Мадаева И.М., Даренская М.А., и др. Липидный профиль у женщин двух этнических групп в климактерическом периоде // *Acta Biomedica Scientifica*. 2018. Т. 3, № 3. С. 93–98. doi: 10.29413/ABS.2018-3.3.14
13. Сухих Г.Т., Сметник В.П., Юренева С.В., и др. Менопауза и климактерическое состояние у женщин. Клинические рекомендации. Москва : Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. акад. В.И. Кулакова, 2016. 38 с.
14. Панасенко О.М., Соколов А.В. Активные формы галогенов, галогенирующий стресс, его биомаркеры. Роль в развитии заболеваний человека // *Биорадикалы и антиоксиданты*. 2018. Т. 5, №3. С. 53–56.
15. Gryszczyńska B., Formanowicz D., Budzyń M., et al. Advanced oxidation protein products and carbonylated proteins as biomarkers of oxidative stress in selected atherosclerosis-mediated diseases // *Biomed Res Int*. 2017. Vol. 4975264. doi: 10.1155/2017/4975264
16. Cakir T., Goktas B., Mutlu M.F., et al. Advanced oxidation protein products and malondialdehyde — the new biological markers of oxidative stress — are elevated in postmenopausal women // *Ginekol Pol*. 2016. Vol. 87, N 5. P. 321–325. doi: 10.5603/GP.2016.0001
17. Montoya-Estrada A., Velazquez-Yescas K.G., Veruete-Bedolla D.B., et al. Parameters of oxidative stress in reproductive and postmenopausal Mexican women // *Int J Environ Res Public Health*. 2020. Vol. 17, N 5. P. 1492. doi: 10.3390/ijerph17051492
18. Luo J., Mills K., le Cessie S., Noordam R., van Heemst D. Ageing, age-related diseases and oxidative stress: what to do next? // *Ageing Res Rev*. 2020. Vol. 57. P. 100982. doi: 10.1016/j.arr.2019.100982
19. Urbaniak S.K., Boguszewska K., Szewczuk M., Kaźmierczak-Barańska J., Karwowski B.T. 8-oxo-7,8-dihydro-2'-deoxyguanosine (8-oxodG) and 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG) as a potential biomarker for gestational diabetes mellitus (GDM) development // *Molecules*. 2020. Vol. 25, N 1. P. 202. doi: 10.3390/molecules25010202
20. Perrone A., Giovino A., Benny J., Martinelli F. Advanced glycation end products (AGEs): biochemistry, signaling, analytical methods, and epigenetic effects // *Oxid Med Cell Longev*. 2020. Vol. 2020. P. 3818196. doi: 10.1155/2020/3818196
21. Колесникова Л.И., Баирова Т.А., Первушина О.А. Гены ферментов антиоксидантной системы // *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2013. Т. 68, № 12. С. 83–88.
22. Bairova T.A., Kolesnikov S.I., Kolesnikova L.I., et al. Lipid peroxidation and mitochondrial superoxide dismutase-2 gene in adolescents with essential hypertension // *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2014. Vol. 158, N 2. P. 181–184.
23. Ershova O.A., Bairova T.A., Kolesnikov S.I., et al. Oxidative stress and catalase gene // *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2016. Vol. 161, N 3. P. 400–403.

REFERENCES

1. Lumsden MA, Sassarini J. The evolution of the human menopause. *Climacteric*. 2019;22(2):111–116. doi: 10.1080/13697137.2018.1547701
2. Cervellati C, Bergamini CM. Oxidative damage and the pathogenesis of menopause related disturbances and diseases. *Clin Chem Lab Med*. 2016;54(5):739–753. doi: 10.1515/cclm-2015-0807

3. Taleb-Belkadi O, Chaib H, Zemour L, et al. Lipid profile, inflammation, and oxidative status in peri- and postmenopausal women. *Gynecol Endocrinol*. 2016;32(12):982–985. doi: 10.1080/09513590.2016.1214257
4. Hauck AK, Huang Y, Hertzel AV, Bernlohr DA. Adipose oxidative stress and protein carbonylation. *J Biol Chem*. 2019;294(4):1083–1088. doi: 10.1074/jbc.R118.003214
5. Semchysyn H. Is carbonyl/AGE/RAGE stress a hallmark of the brain aging? *Pflugers Arch*. 2021;473(5):723–734. doi: 10.1007/s00424-021-02529-y
6. Kolesnikova LI, Darenskaya MA, Dolgikh VV, et al. Specific features of the processes of lipid peroxidation — antioxidant protection in various ethnic groups of East Sibirea. *Ekologiya cheloveka (Human ecology)*. 2010;(2):26–29.
7. Lammertyn L, Mels CM, Pieters M, et al. Ethnic-specific relationships between haemostatic and oxidative stress markers in black and white South Africans: the SABPA study. *Clin Exp Hypertens*. 2015;37(6):511–517. doi: 10.3109/10641963.2015.1013123
8. Darenskaya MA, Kolesnikova LI, Kolesnikov SI. *Etnicheskie aspekty metabolicheskikh reakcij zhenshchin pri dizregulirovannoy patologii*. Moscow: Izdatel'stvo RAN; 2020. 186 p.
9. Mokhaneli MC, Fourie CM, Botha S, Mels CM. The association of oxidative stress with arterial compliance and vascular resistance in a bi-ethnic population: the SABPA study. *Free Radic Res*. 2016;50(8):920–928. doi: 10.1080/10715762.2016.1201816
10. Morris AA, Zhao L, Patel RS, et al. Differences in systemic oxidative stress based on race and the metabolic syndrome: the Morehouse and emory team up to eliminate health disparities (META-health) study. *Metab Syndr Relat Disord*. 2012;10(4):252–259. doi:10.1089/met.2011.0117
11. Semenova NV, Madaeva IM, Darenskaya MA, Kolesnikova LI. Lipid peroxidation and antioxidant defense system in menopausal women of different ethnic groups. *Ekologiya cheloveka (Human ecology)*. 2019;26(6):30–38. doi: 10.33396/1728-0869-2019-6-30-38
12. Semenova NV, Madaeva IM, Darenskaya MA, et al. Lipid profile in menopausal women of two ethnic groups. *Acta Biomedica Scientifica*. 2018;3(3):93–98. doi: 10.29413/ABS.2018-3.3.14
13. Suhli GT, Smetnik VP, Yureneva SV, et al. *Menopause and menopause in women. Clinical guidelines*. Moscow: Nacional'nyj medicinskij issledovatel'skij centr akusherstva, ginekologii i perinatologii im. akad. V.I. Kulakova; 2016. 38 p.
14. Panasenkov OM, Sokolov AV. Active forms of halogens, halogenating stress, its biomarkers. Role in the development of human diseases. *Bioradicals and antioxidants*. 2018;5(3):53–56.
15. Gryszczyńska B, Formanowicz D, Budzyń M, et al. Advanced oxidation protein products and carbonylated proteins as biomarkers of oxidative stress in selected atherosclerosis-mediated diseases. *Biomed Res Int*. 2017;2017:4975264. doi: 10.1155/2017/4975264
16. Cakir T, Goktas B, Mutlu MF, et al. Advanced oxidation protein products and malondialdehyde — the new biological markers of oxidative stress — are elevated in postmenopausal women. *Ginek Pol*. 2016;87(5):321–325. doi: 10.5603/GP.2016.0001
17. Montoya-Estrada A, Velázquez-Yescas KG, Veruete-Bedolla DB, et al. Parameters of oxidative stress in reproductive and postmenopausal Mexican women. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(5):1492. doi: 10.3390/ijerph17051492
18. Luo J, Mills K, le Cessie S, Noordam R, van Heemst D. Ageing, age-related diseases and oxidative stress: what to do next? *Ageing Res Rev*. 2020;57:100982. doi:10.1016/j.arr.2019.100982
19. Urbaniak SK, Boguszewska K, Szewczuk M, Kaźmierczak-Barańska J, Karwowski BT. 8-oxo-7,8-dihydro-2'-deoxyguanosine (8-oxodG) and 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG) as a potential biomarker for gestational diabetes mellitus (GDM) development. *Molecules*. 2020;25(1):202. doi: 10.3390/molecules25010202
20. Perrone A, Giovino A, Benny J, Martinelli F. Advanced glycation end products (AGEs): biochemistry, signaling, analytical methods, and epigenetic effects. *Oxid Med Cell Longev*. 2020;2020:3818196. doi: 10.1155/2020/3818196
21. Kolesnikova LI, Bairova TA, Pervushina OA. Genes of antioxidant enzymes. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2013;68(12):83–88.
22. Bairova TA, Kolesnikov SI, Kolesnikova LI, et al. Lipid peroxidation and mitochondrial superoxide dismutase-2 gene in adolescents with essential hypertension. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2014; 158(2):181–184.
23. Ershova OA, Bairova TA, Kolesnikov SI, et al. Oxidative stress and catalase gene. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2016;161(3):400–403.

ОБ АВТОРАХ

*Наталья Викторовна Семёнова,

д.б.н., ведущий научный сотрудник;
адрес: Россия, 664003, Иркутск, ул. Тимирязева, 16;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6512-1335>;
eLibrary SPIN: 6606-0160;
e-mail: natkor_84@mail.ru

Анастасия Сергеевна Бричагина, аспирант,

младший научный сотрудник;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1055-4608>;
eLibrary SPIN: 4374-3460;
e-mail: tasi121212@mail.ru

Ольга Андреевна Никитина, к.б.н., научный сотрудник;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1926-9694>;
eLibrary SPIN: 1799-4973;
olga_tolpygina@mail.ru

AUTHORS INFO

*Natalya V. Semenova, Dr. Sci. (Biol.),

leader research associate;
address: 16, Timirjazeva street, 664003, Irkutsk, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6512-1335>;
eLibrary SPIN: 6606-0160;
e-mail: natkor_84@mail.ru

Anastasia S. Brichagina, PhD student,

junior research associate;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1055-4608>;
eLibrary SPIN: 4374-3460;
e-mail: tasi121212@mail.ru

Olga A. Nikitina, Cand. Sci. (Biol.), research associate;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1926-9694>;
eLibrary SPIN: 1799-4973;
e-mail: olga_tolpygina@mail.ru

Ирина Михайловна Мадаева, д.м.н.,
главный научный сотрудник;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3423-7260>;
eLibrary SPIN: 9869-7793;
e-mail: nightchild@mail.ru

Сергей Иванович Колесников, академик РАН, д.м.н.,
главный научный сотрудник;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2124-6328>;
eLibrary SPIN: 1752-6695;
e-mail: sikolesnikov2012@gmail.com

Любовь Ильинична Колесникова, академик РАН, д.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3354-2992>;
eLibrary SPIN: 1752-6695;
e-mail: kolesnikova20121@mail.ru

Irina M. Madaeva, Dr. Sci. (Med.), chief research associate;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3423-7260>;
eLibrary SPIN: 9869-7793;
e-mail: nightchild@mail.ru

Sergey I. Kolesnikov, academician of the Russian academy
of sciences, Dr. Sci. (Med.), chief research associate;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2124-6328>;
eLibrary SPIN: 1752-6695;
e-mail: sikolesnikov2012@gmail.com

Lyubov I. Kolesnikova, academician of the Russian academy
of sciences, Dr. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3354-2992>;
eLibrary SPIN: 1752-6695;
e-mail: kolesnikova20121@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106186>

Гигиенические подходы к оценке профессиональной заболеваемости в Республике Башкортостан в условиях пандемии COVID-19

А.А. Казак¹, Э.Р. Шайхлисламова^{2,3}, А.Р. Ямалиев¹, Э.Т. Валеева^{2,3},
И.В. Сандакова¹, Р.Р. Галимова², И.Ф. Сулейманова²

¹Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Башкортостан, Уфа, Российская Федерация;

²Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека, Уфа, Российская Федерация;

³Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. В создавшихся в стране напряжённых экономических и эпидемиологических условиях органы Роспотребнадзора и Центры профпатологии по Республике Башкортостан считают значимыми направлениями своей деятельности мониторинг и анализ состояния производственной среды, показателей профессиональной заболеваемости.

Цель исследования. Изучить состояние условий труда и профессиональную заболеваемость в Республике Башкортостан в период пандемии COVID-19.

Материал и методы. Проведён анализ основных гигиенических параметров вредных факторов производственной среды, показателей профессиональной заболеваемости на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях Республики Башкортостан за 2020–2021 гг.

Результаты. По данным Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Башкортостан, на предприятиях обрабатывающего, аграрного секторов и строительной отрасли число объектов, имеющих статус чрезвычайно высокого и высокого риска, значительно выше среднереспубликанского показателя. В этих же отраслях зарегистрировано и наибольшее число рабочих мест, не соответствующих по качественным и количественным характеристикам гигиеническим нормативам. Наиболее вредными производственными факторами, влияющими на формирование рабочей среды и развитие профессиональных заболеваний практически на всех промышленных и сельскохозяйственных объектах республики, являются факторы физической природы и трудового процесса. За период 2020–2021 гг. в республике зарегистрировано 122 случая профессиональных заболеваний и отравлений. Впервые в практике гигиенистов и профпатологов республики биологический фактор значительно повлиял на качественные и количественные составляющие профессиональной заболеваемости.

Заключение. На фоне продолжающейся пандемии новой коронавирусной инфекции наблюдается ухудшение условий труда и профессионального здоровья работающих, что требует разработки действенных механизмов, предусматривающих ответственность заинтересованных государственных структур и работодателей за отношение к производственной среде и здоровью работников.

Ключевые слова: вредные факторы производства; гигиенические параметры; надзорные мероприятия; профессиональные заболевания; работники; пандемия.

Как цитировать:

Казак А.А., Шайхлисламова Э.Р., Ямалиев А.Р., Валеева Э.Т., Сандакова И.В., Галимова Р.Р., Сулейманова И.Ф. Гигиенические подходы к оценке профессиональной заболеваемости в Республике Башкортостан в условиях пандемии COVID-19 // Экология человека. 2022. Т. 29, № 6. С. 425–436.
DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106186>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106186>

Hygienic approaches to the assessment of occupational morbidity in the Republic of Bashkortostan in the context of the COVID-19 pandemic

Anna A. Kazak¹, Elmira R. Shaykhlislamova^{2,3}, Alfred R. Yamaliev¹, Elvira T. Valeeva^{2,3}, Irina V. Sandakova¹, Rasima R. Galimova², Irina F. Suleymanova²

¹ Department of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russian Federation;

² Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russian Federation;

³ Bashkir State Medical University, Ufa, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: In the tense economic and epidemiological conditions that have developed in the country, Rospotrebnadzor bodies and Occupational pathology centers in the Republic of Bashkortostan consider monitoring and analysis of the state of the production environment, indicators of occupational morbidity to be significant areas of their activities.

AIM: To study the state of working conditions and occupational morbidity in the Republic of Bashkortostan during the COVID-19 pandemic.

MATERIAL AND METHODS: The analysis of the main hygienic parameters of harmful factors of the production environment, indicators of occupational morbidity at industrial and agricultural enterprises of the Republic of Bashkortostan for 2020–2021 was carried out.

RESULTS: According to the data of the Rospotrebnadzor department for the Republic of Bashkortostan, the number of objects with the status of extremely high and high risk at enterprises of the manufacturing, agricultural sectors and the construction industry is significantly higher than the national average. The largest number of registered jobs in the same industries do not meet the hygienic standards in terms of qualitative and quantitative characteristics. The most harmful production factors affecting the formation of the working environment at almost all industrial and agricultural facilities of the republic are factors of the physical nature and the labor process and, as a consequence, the development of occupational diseases in workers. During 2020–2021, 122 occupational diseases and poisoning cases were registered in the republic. For the first time in the practice of hygienists and occupational pathologists of the republic, the biological factor significantly impacted on the qualitative and quantitative components of occupational morbidity.

CONCLUSION: Against the background of the ongoing pandemic of new coronavirus infection, there is a deterioration in working conditions and occupational health of workers, which requires the development of effective mechanisms that provide for the responsibility of interested government agencies and employers for the attitude to the working environment and the health of workers.

Keywords: harmful factors of production; hygienic parameters; supervisory measures; occupational diseases; workers; pandemic.

For citing:

Kazak AA, Shaikhislamova ER, Yamaliev AR, Valeeva ET, Sandakova IV, Galimova RR, Suleymanova IF. Hygienic approaches to assessing occupational morbidity in the Republic of Bashkortostan in the context of the COVID-19 pandemic. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(6):425–436.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106186>

Received: 12.04.2022

Accepted: 22.06.2022

Published online: 19.07.2022

ВВЕДЕНИЕ

Продолжающаяся пандемия новой коронавирусной инфекции (НКИ) оказала колоссальное негативное влияние на все сферы жизнедеятельности людей: социальную, материальную, медицинское обеспечение, демографические процессы [1–5]. Данная проблема актуальна и для всего работающего населения в мире [6–10].

Несмотря на напряжённость эпидемиологической ситуации в стране, работа практически во всех сферах экономики страны не останавливалась. В этих обстоятельствах вопросы создания благоприятных условий труда должны стать приоритетными направлениями деятельности не только для работодателей, но и для органов государственной власти всех уровней, поскольку именно условия труда являются наиболее значимым фактором, влияющим на формирование здоровья работника, развитие болезней профессиональной этиологии и увеличение количества случаев производственно обусловленной патологии. Именно безопасная и здоровая рабочая среда обеспечивает трудовое долголетие работающих — экономическую и материальную основу государства, без которой социальные, экономические, морально-этические аспекты дальнейшего прогресса общества, его структурной перестройки потеряют всякий смысл [11–13].

Человек труда составляет основополагающую структурную единицу общественного строя, и защита его интересов не может быть проигнорирована. Создавшаяся экономическая и эпидемиологическая ситуация в стране нанесла значительный морально-психологический, социально-экономический урон всему обществу и работающему человеку в частности. В этих условиях вопросы охраны и сохранения здоровья работающего населения являются важнейшими в сфере государственной политики [14–16].

В то же время на сегодняшний день в стране не разработаны законы, требующие от работодателей создания и обеспечения таких условий труда, которые бы не только являлись безопасными для работника, но и способствовали повышенной производительности труда и профилактике профессиональной заболеваемости (ПЗ). На большинстве промышленных и аграрных производств происходит преднамеренное и безнаказанное игнорирование прав работника на безопасный и благоприятный труд и сохранение его активного долголетия. Застой, финансово-экономические трудности, панические настроения в экономике страны обуславливают продолжающийся износ производственных фондов, сворачивание процессов модернизации производственных процессов, отсутствие инновационных проектов [17–19].

Создавшееся положение вещей усугубляет и без того тяжёлые и неблагоприятные условия труда в большинстве производств экономического сектора, является причиной резкой потери здоровья работниками, что приводит к демографическому коллапсу, высокой

смертности трудоспособного населения, значительному снижению производительности труда, финансовому ущербу [20–22].

В этих непростых условиях органы Роспотребнадзора и Центры профпатологии по Республике Башкортостан (РБ) считают наиболее значимыми направлениями деятельности мониторинг и анализ состояния производственной среды и показателей ПЗ для повышения ответственности работодателей за грубые нарушения санитарного законодательства, для совершенствования мероприятий по созданию благоприятных условий труда, профилактики развития профессиональной патологии, сохранения работоспособности здорового работника [23].

Цель исследования. Изучить состояние условий труда и профессиональную заболеваемость в Республике Башкортостан в период пандемии COVID-19.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

За 2020–2021 гг. проведено изучение основных гигиенических параметров вредных факторов производственной среды — всего 8548 физических факторов, из которых вибрация — 829, шум — 2016, микроклимат — 2414, освещённость — 2396, электромагнитные излучения — 893.

Контроль за состоянием воздушной среды включал исследование проб на содержание паров и газов — 14 343, пылей и аэрозолей — 10 752.

Проведено 288 профилактических мероприятий в отношении контролируемых лиц, из них в виде консультирования — 216, и сделано 72 предостережения о недопустимости нарушения обязательных требований (в 2020 году — 58). По результатам государственного контроля (надзора) контролируемым лицам выдано 109 предписаний об устранении выявленных нарушений обязательных требований, из них по результатам плановых проверок — 87 и внеплановых проверок — 22.

В данном исследовании проведён анализ ПЗ в РБ за 2020–2021 гг. по отраслям промышленности, структуре, этиологическим причинам на основании актов о случае профессионального заболевания и учётной формы № 30 (122 случая, из них количество острых профессиональных заболеваний составило 49, хронических — 73). Показатели ПЗ на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях РБ за изученный период по видам экономической деятельности рассчитаны на 10 тыс. работников.

В рамках расследования случаев профессиональных заболеваний (отравлений) в 2020 году проведено 39 проверок, в 2021 году — 37 проверок, при которых применялись лабораторные и инструментальные методы исследований. В 37 случаях (91%) в 2020 году и 36 (94,6%) — в 2021 году в процессе расследования выявлены нарушения санитарно-эпидемиологических требований, для чего были предприняты меры административного наказания.

В статье использованы общепринятые методы статистической обработки.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Управление Роспотребнадзора по республике в 2021 году осуществляло надзорные мероприятия за 5169 промышленными объектами, при этом к категории чрезвычайно высокого риска отнесено 146 объектов (2,8%), высокого риска — 579 (11,2%) и значительного риска — 1373 (26,6%). Сравнивали промышленные объекты в зависимости от категории риска за два года (рис. 1).

Традиционно в РБ самыми неблагополучными отраслями промышленности являются предприятия обрабатывающего, аграрного сектора и строительная отрасль, где число объектов, имеющих статус чрезвычайно высокого и высокого риска, значительно выше среднереспубликанского показателя. В этих же отраслях зарегистрировано и наибольшее число рабочих мест, которые по своим качественным и количественным характеристикам не соответствуют гигиеническим нормативам.

Таблица 1. Количество и качество проб воздуха рабочей зоны на производствах Республики Башкортостан за 2020–2021 гг.

Table 1. The quantity and quality of air samples of the working area at the production facilities of the Republic of Bashkortostan for 2020–2021

Количество исследований / процент превышения ПДК Number of studies / percentage of exceeding MPC	Год Year	
	2020	2021
Количество исследований на содержание паров и газов: Number of tests for the content of vapors and gases	7510	6833
из них выше ПДК, % including those above MPC, %	1,0	1,0
в том числе соединения веществ, относящиеся к 1-му и 2-му классу опасности, % including compounds of substances belonging to the hazard class 1 and 2, %	0,26	0,3
Количество исследований на содержание пыли и аэрозолей: Number of tests for the content of dust and aerosols:	4851	5901
из них выше ПДК, % including those above MPC, %	4,3	2,8
в том числе соединения веществ, относящиеся к 1-му и 2-му классу опасности, % including compounds of substances belonging to the hazard class 1 and 2, %	3,6	1,9

Примечание: ПДК — предельно допустимые концентрации.
Note: MPC — maximum permissible concentrations.

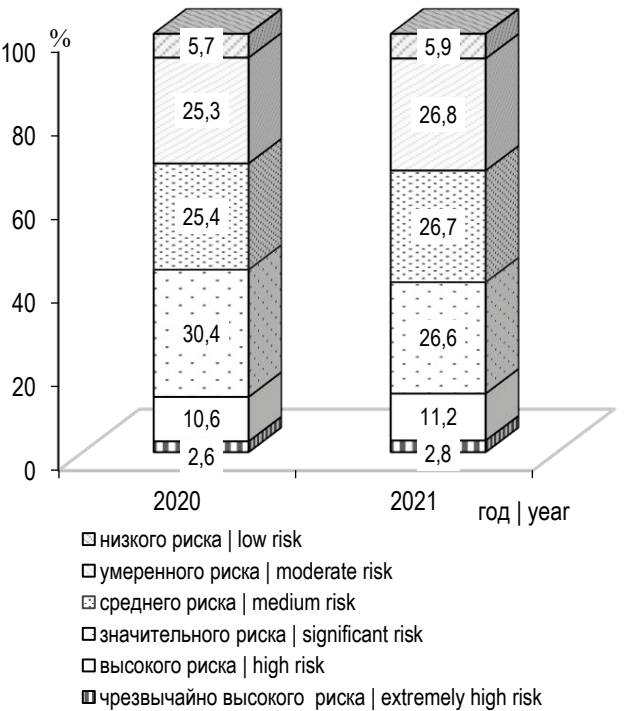


Рис. 1. Категории риска производственных объектов, подлежащих надзору в Республике Башкортостан за 2020–2021 гг., %.

Fig. 1. Risk categories of production facilities subject to supervision in the Republic of Bashkortostan for 2020–2021, %.

В экономике РБ в течение последнего десятилетия значительных, переломных этапов в улучшении условий труда не наблюдалось, о чем свидетельствуют проведенное изучение состояния условий труда работников практически во всём промышленном секторе, инструментальные и лабораторные исследования на рабочих местах, а также сокращение числа проведенных надзорных мероприятий.

Доказательством этого является, например, факт повышения количества анализов воздуха с превышением предельно допустимых концентраций (ПДК) газов и паров, в состав которых входили соединения веществ 1-го и 2-го классов опасности, несмотря на то, что в промышленном секторе республики в 2021 году в воздушной среде рабочих зон концентрации токсических веществ снизились по сравнению с 2020 годом (табл. 1).

Нельзя не констатировать и небольшие изменения в составе воздушной среды рабочих зон в лучшую сторону: в 2021 году уменьшилось количество проб воздуха, содержащих различные пылевые частицы и аэрозоли с превышением ПДК до 2,8%. В 2020 году эта цифра составляла 4,3%. В 2021 году концентрация в воздухе рабочей зоны пыли и аэрозолей, содержащих вещества 1-го и 2-го классов опасности, также уменьшилась, составив 1,9% против 3,6% в 2020 году.

Возможно, одной из объективных причин этого являются качественно проведенные проверочные мероприятия на особенно неблагополучных по санитарному и эпидемиологическому состоянию предприятиях.

Таблица 2. Число случаев профессиональных заболеваний (отравлений), выявленных впервые в Республике Башкортостан в 2020–2021 гг.**Table 2.** The number of cases of occupational diseases (poisoning) detected for the first time in the Republic of Bashkortostan in 2020–2021

Заболевания	2020	2021	2020	2021
	Всего Total		Из них женщин Including women	
Профессиональные заболевания/отравления, в том числе: Occupational diseases/poisoning, including:	48	74	42	40
острые профессиональные заболевания/отравления acute occupational diseases/poisonings	18	31	11	21
из них со смертельным исходом including lethal cases	18	31	11	21
Хронические профессиональные заболевания/отравления Chronic occupational diseases/poisoning	30	43	31	19
Два и более зарегистрированных заболеваний/отравлений Two or more registered diseases/poisonings	5	11	1	6

Наиболее вредные производственные факторы, влияющие на формирование рабочей среды практически на всех промышленных и сельскохозяйственных объектах республики, — это факторы физической природы, такие как общая и локальная вибрация, производственный шум, неблагоприятный микроклимат, неудовлетворительная освещённость и электромагнитное излучение.

Проведённый анализ показал, что количество рабочих мест на предприятиях промышленного и аграрного сектора республики, не отвечающих требованиям санитарных норм по факторам физической природы, в 2021 году составило:

- по вибрации — 0,8% (в 2020 году — 0,6%);
- по шуму — 6,7% (7,0%);
- по микроклимату — 5,5% (3,8%);
- по освещённости — 5,5% (7,0%);
- по электромагнитным полям — 6,0% (0,5%).

Тяжесть труда — один из основных факторов трудового процесса — на протяжении многих лет является одним из ведущих вредных факторов производства, влияющим на качество выполняемых работ у значительной массы работников промышленного и сельскохозяйственного труда. Исследования указывают на низкую автоматизацию и механизацию ряда трудовых процессов, высокую долю ручного труда, особенно в аграрном секторе. Не соблюдаются нормы по подъёму и перемещению тяжестей, статической нагрузке, отмечено значительное количество стереотипных движений рук и т.д.

Следует особо подчеркнуть, что различные неблагоприятные факторы на производстве, включая тяжесть и напряжённость трудового процесса, зачастую оказывают на работающих комбинированное и сочетанное действие, усугубляя эффект друг друга.

Развитие профессиональных заболеваний является закономерным итогом неблагоприятных условий труда.

Центр профпатологии Министерства здравоохранения РБ на основании приказа Минздрава России от 31.01.2019

№ 36н¹ устанавливает профессиональную этиологию заболеваний. Управление Роспотребнадзора проводит регистрацию и расследование случаев профессиональных заболеваний работающих в соответствии с нормативно-правовыми документами², а также анализ ПЗ по республике с целью выполнения пунктов подпрограммы по экспертизе и проведению контрольно-надзорных мероприятий в сфере охраны здоровья, входящих в Государственную программу Российской Федерации «Развитие здравоохранения» на 2018–2025 гг.³

За период 2020–2021 гг. в РБ зарегистрировано 122 случая профессиональных заболеваний и отравлений, при этом в 2021 году наблюдалось увеличение числа случаев по сравнению с предыдущим годом (табл. 2).

За 2021 год в целом по республике диагностировано 74 заболевания профессиональной этиологии, в том числе отравления, при этом 40 случаев среди женщин (в 2020 году — всего 42 случая и 20 случаев среди женщин). Показатель ПЗ составил 0,71 на 10 тыс. работающих (2020 год — 0,39), что в 1,82 раза выше по сравнению с 2020 годом. Стоит особо подчеркнуть, что, несмотря на ухудшение условий труда на большинстве предприятий республики, уровни

¹ Приказ Минздрава России от 31.01.2019 № 36н «Об утверждении Порядка проведения экспертизы связи заболевания с профессией и формы медицинского заключения о наличии или об отсутствии профессионального заболевания».

² Постановление Правительства Российской Федерации от 15.12.2000 № 967 «Об утверждении положения о расследовании и учёте профессиональных заболеваний»; Приказ Минздрава России от 28 мая 2011 г. № 176 «О совершенствовании системы расследования и учёта профессиональных заболеваний в Российской Федерации»; Приказ Минздравсоцразвития России от 15.08.2011 № 918н «О внесении изменений в приложение № 2 к приказу Минздрава России от 28 мая 2001 г. № 176».

³ Постановление Правительства РФ от 26.12.2017 № 1640 (ред. от 24.12.2021) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения»».

ПЗ за последнее десятилетие были значительно ниже среднероссийских.

В 2021 году зафиксирован значительный рост числа лиц с острыми профессиональными заболеваниями — 31 случай, в то время как до 2020 года случаи острых профзаболеваний были единичными. В табл. 3 представлен удельный вес острых профессиональных заболеваний

Таблица 3. Количество случаев профессиональных заболеваний (в том числе острых), зарегистрированных в Республике Башкортостан в 2012–2021 гг., абс. число/%

Table 3. The number of cases of occupational diseases (including acute ones) registered in the Republic of Bashkortostan in 2012–2021, abs. number/%

Годы Years	Всего случаев профессиональных заболеваний Total cases of occupational diseases	В том числе острые отравления (заболевания), удельный вес Including acute poisoning (diseases), share
2012	120	4/3,3
2013	183	4/2,2
2014	156	1/0,6
2015	126	0
2016	115	3/2,6
2017	94	0
2018	35	0
2019	46	0
2020	42	18/42,8
2021	74	31/41,9

Таблица 4. Показатели профессиональной заболеваемости в Республике Башкортостан в зависимости от видов экономической деятельности, количество случаев на 10,0 тыс. работников

Table 4. Indicators of occupational morbidity in the Republic of Bashkortostan, depending on the types of economic activity, the number of cases per 10.0 thousand employees

Виды экономической деятельности Types of economic activity	Год Year	
	2020	2021
Раздел А «Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство» Section A "Agriculture, Hunting, and Forestry"	1,59	2,13
Раздел В «Добыча полезных ископаемых» Section B "Mining"	1,0	2,28
Раздел С «Обрабатывающие производства» Section C "Manufacturing"	1,04	3,8
Раздел F «Строительство» Section F "Construction"	—	0,31
Раздел H «Транспортировка и хранение» Section H "Transportation and Storage"	2,0	1
Раздел Q «Здравоохранение и предоставление социальных услуг» Section Q "Healthcare and Social Services"	2,2	3,81

(отравлений) за период 2012–2021 гг. Удельный вес острых профзаболеваний колебался в разные годы от 0,6 до 3,3% случаев. В 2021 году все заболевания выявлены среди работников медицинских организаций, при этом в 100% случаев — со смертельным исходом от НКИ. Впервые за охваченный допандемийный период наблюдения (с 2012 по 2019 годы) за ПЗ удельный вес острых заболеваний повысился до 42,8% и превысил показатели 2020 года (41,9%).

Анализ показателей ПЗ по видам экономической деятельности, рассчитанных на численность работников в республике (по данным Башкортостанстата), представлен в табл. 4.

В 2021 году, как и в 2020 году, лидирующую позицию по уровню ПЗ занимал раздел Q «Здравоохранение и предоставление социальных услуг». Среди работающих в медицинских организациях в целом было зафиксировано 39 случаев профессиональных заболеваний, включая и острые случаи, приведшие к летальному исходу. Впервые в практике гигиенистов и профпатологов республики биологический фактор (возбудитель коронавирусной инфекции SARS-CoV-2 и микобактерии туберкулёза) оказал значительное влияние на качественные и количественные составляющие ПЗ.

Разделу С «Обрабатывающие производства» в 2021 году принадлежало второе ранговое место по уровню ПЗ — 3,8 на 10 тыс. работников (2020 год — 1,04), третье место — разделу В «Добыча полезных ископаемых» — 2,28 на 10,0 тыс. работников (2020 год — 1,0).

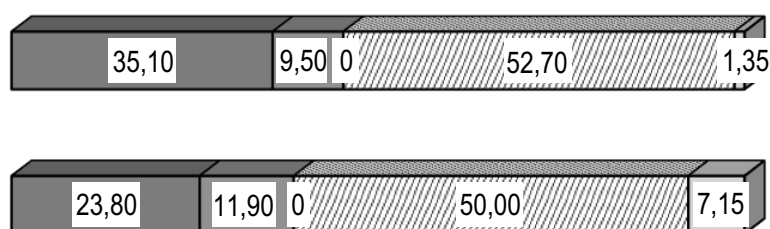
Как уже неоднократно нами подчёркивалось, за последние два года структура профессиональных заболеваний и отравлений изменилась вследствие выхода на первое место заболеваний, вызванных действием биологического фактора, — 52,7% (2020 год — 50%).

В 2021 году диагностировано 26 случаев заболеваний от воздействия физических перегрузок и функционального перенапряжения отдельных органов и систем (2020 год — 11 случаев). Эти нозологические формы в течение нескольких десятилетий в структуре профессиональных заболеваний РБ занимали лидирующую позицию.

Таблица 5. Количество случаев профессиональных заболеваний в зависимости от профессиональной деятельности в 2020–2021 гг., абс. число/%

Table 5. The number of cases of occupational diseases depending on professional activity in 2020–2021, abs. number/%

Профессия, должность Profession, position	Год Year	
	2020	2021
Тракторист Tractor driver	3/7,1	1/1,4
Волоочильщик проволоки Wire drawer	4/9,5	5/6,8
Медицинская сестра, фельдшер Nurse, paramedic	8/19	15/20,3
Врач Physician	10/23,8	20/27,0



- заболевания, связанные с физическими перегрузками и перенапряжением отдельных органов и систем | diseases associated with physical exertion and overstrain of individual organs and systems
- заболевания от воздействия физических факторов | diseases from exposure to physical factors
- аллергические заболевания | allergic diseases
- ▨ заболевания, вызванные действием биологических факторов | diseases caused by biological factors
- заболевания, вызванные воздействием промышленных аэрозолей | diseases caused by exposure to industrial aerosols

Рис. 2. Структура профессиональных заболеваний в зависимости от воздействия вредных производственных факторов в Республике Башкортостан в 2020–2021 гг., %.

Fig. 2. Structure of occupational diseases depending on the impact of harmful production factors in the Republic of Bashkortostan in 2020–2021, %.

В 2021 году у работников диагностировано 7 случаев развития профзаболеваний вследствие воздействия факторов физической природы (2020 год — 1 случай), химические факторы стали причиной развития профзаболеваний в 1 случае (2020 год — 3 случая), промышленные аэрозоли — в 1 случае (2020 год — 3 случая). Заболеваний аллергической этиологии у работников не зарегистрировано (рис. 2).

В условиях пандемии изменилась и структура основных профессиональных групп, среди которых наиболее часто развивалась профессиональная патология. Если

Таблица 6. Распределение хронических профессиональных заболеваний в зависимости от стажа работы во вредных условиях труда, число случаев

Table 6. Distribution of chronic occupational diseases depending on employment period under hazardous working conditions, number of cases

Стаж работы, лет Employment period, years	Год Year	
	2020	2021
0–5	3	7
6–10		1
11–15	2	
16–20	2	4
21–25	2	5
26–30	6	3
31–35	5	7
36–40	3	2

до 2020 года лидировали трактористы, волочильщики, проходчики, то в 2021 году отмечено развитие профзаболеваний среди врачей (2021 год — 20 случаев; 2020 год — 11 случаев), медицинских сестёр, фельдшеров (15 и 9 случаев соответственно, табл. 5).

Показано, что максимальный риск формирования хронической профессиональной патологии в зависимости от времени контакта с вредными производственными факторами наблюдался при стаже 31–35 лет (29 случаев). Мы впервые в практике столкнулись с формированием хронических профессиональных заболеваний при минимальном стаже работы — 0–5 лет (29 случаев формирования интерстициального поражения лёгких у работников медицинских организаций вследствие перенесённой НКИ) (табл. 6).

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведён двухлетний анализ условий труда на предприятиях РБ, находящихся под контролем органов Роспотребнадзора, а также изучено состояние, уровни, структура ПЗ, которые формировались в условиях новых реалий жизни. Тяжелейшая эпидемиологическая ситуация в стране в связи с пандемией НКИ внесла свой негативный вклад в продолжающееся ухудшение условий труда работающих, социальную напряжённость, обвал демографических показателей.

Нарастающий износ основных производственных фондов промышленных предприятий, нежелание работодателей исправлять эту критическую ситуацию только

усугубляют и так небезопасные для жизни и здоровья работника условия труда. В течение 2021 года контрольно-надзорные мероприятия на промышленных предприятиях проведены в отношении 118 контролируемых лиц (7,6% от общего количества промышленных объектов), из них с применением лабораторных и инструментальных исследований — 86 (72,9%).

В результате проверочных мероприятий всего обнаружено 1315 нарушений санитарного законодательства, при этом по сравнению с 2020 годом их число выросло на 48% и составило 2206. В самых неблагополучных отраслях промышленности продолжает нарастать число рабочих мест, которые по своим качественным и количественным характеристикам не соответствуют гигиеническим нормативам.

Всё это самым тяжёлым бременем сказывается и на состоянии ПЗ. Продолжается игнорирование крупными работодателями возможности работать совместно с Центрами профпатологии по вопросам проведения периодических медицинских осмотров (ПМО), вследствие чего отмечается значительное снижение их качества [24–26]. Так, по результатам ПМО в 2021 году впервые установлены профзаболевания только в 51,7% случаев (в 2020 году — 56,5%, в 2018 году — 75%). Все остальные случаи профзаболеваний были установлены в результате самообращения пациентов в Центр профпатологии. Проведено более 70 проверочных мероприятий по контролю за организациями, составлены списки работников при проведении предварительных и ПМО, при этом обнаружено 42 нарушения санитарного законодательства, что явилось основанием для возбуждения 14 дел об административных правонарушениях в отношении как юридических лиц, так и индивидуальных предпринимателей.

В условиях продолжающейся пандемии коренным образом изменились все показатели, характеризующие ПЗ: резко возросло число острых профессиональных заболеваний со смертельным исходом (43% от общего количества профзаболеваний) — в основном среди медицинских работников; в структуре ПЗ на первое место вышли заболевания от воздействия биологических факторов, в то время как до 2020 года лидировали болезни от физических перегрузок и функционального перенапряжения; изменилось соотношение больных по гендерному признаку — стали превалировать женщины. Полученные нами данные полностью согласуются с исследованиями гигиенистов и профпатологов других регионов нашей страны, где наблюдается схожая ситуация [27–29].

2021 год не стал исключением и по количеству больных, которым установлено 2 диагноза и более профессиональной этиологии, — 11 человек (18,3%), в то время как в 2020 году — 5 человек (13,5%).

Растёт и число инвалидов по профессиональному заболеванию. Так, по представленным сведениям Главного бюро медико-социальной экспертизы по РБ, первично

признаны инвалидами по профессиональному заболеванию в 2021 году 4 пациента, или 6,7% (в 2020 году — 4,8%), что также связано с развитием стойкой нетрудоспособности у медработников, перенесших НКИ.

Ограничения исследования. В работе подробно не отражены влияние социально-политических, экономических факторов, окружающей среды на состояние условий труда работников, а также особенности изученной категории больных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резкое снижение финансовых вливаний в сферу экономики республики привело к значительному дефициту и износу производственных фондов, сворачиванию модернизации производственных процессов, отсутствию инновационных проектов. Всё это значительно повлияло на условия труда работников в наиболее значимых для республики отраслях промышленности. Проведённые исследования показали, что на фоне продолжающейся пандемии новой коронавирусной инфекции наблюдается ухудшение условий труда и профессионального здоровья работающих, отмечается рост профессиональной заболеваемости, смертности и инвалидности работников медицинских организаций от COVID-19. В то же время показатели профессиональной заболеваемости в других видах экономической деятельности прогрессивно снижаются.

В этих условиях в стране должны быть разработаны действенные механизмы, предусматривающие ответственность заинтересованных государственных структур и работодателей за отношение к производственной среде, в которой трудятся люди, и за их здоровье.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

Вклад авторов. А.А. Казак — концепция и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретация данных, написание текста, редактирование; Э.Р. Шайхлисламова — получение, анализ и интерпретация данных, написание текста, редактирование; А.Р. Ямалиев — получение, анализ и интерпретация данных; Э.Т. Валеева — концепция и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретация данных, написание текста, редактирование; И.В. Сандакова, Р.Р. Галимова, И.Ф. Сулейманова — получение, анализ и интерпретация данных. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Authors contribution. A.A. Kazak — research concept and design, data acquisition, analysis and interpretation, text writing, editing; E.R. Shaykhlislamova — data acquisition, analysis and interpretation, text writing, editing; A.R. Yamaliev — data acquisition, analysis and interpretation; E.T. Valeeva — research concept and design, data acquisition, analysis and interpretation, text writing, editing; I.V. Sandakova, R.R. Galimova, I.F. Suleymanova — data acquisition,

analysis and interpretation. All authors confirm the compliance of their authorship with international criteria ICMJE (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Funding sources. The study had no sponsorship.

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

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest in connection with the publication of this article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бухтияров И.В. Эпидемиологические и клинико-экспертные проблемы профессиональной инфекционной заболеваемости работников при оказании медицинской помощи в условиях пандемии COVID-19 // Медицина труда и промышленная экология. 2021. Т. 61, № 1. С. 4–12. doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-1-4-12
2. Abdi A., Ahmed A.Y., Abdulmunim M., et al. Preliminary findings of COVID-19 infection in health workers in Somalia: a reason for concern // *Int J Infect Dis*. 2021. Vol. 104. P. 734–736. doi: 10.1016/j.ijid.2021.01.066
3. Bandyopadhyay S., Baticulon R.E., Kadhum M., et al. Infection and mortality of healthcare workers worldwide from COVID-19: a systematic review // *BMJ Glob Health*. 2020. Vol. 5, N 12. P. e003097. doi: 10.1136/bmjgh-2020-003097
4. Chou R., Dana T., Buckley D.I., et al. Epidemiology of and risk factors for coronavirus infection in health care workers: a living rapid review // *Ann Intern Med*. 2020. Vol. 173, N 2. P. 120–136. doi: 10.7326/M20-1632
5. Mhango M., Dzobo M., Chitungo I., Dzinamarira T. COVID-19 risk factors among health workers: a rapid review // *Saf Health Work*. 2020. Vol. 11, N 3. P. 262–265. doi: 10.1016/j.shaw.2020.06.001
6. Ali S., Noreen S., Farooq I., Bugshan A., Vohra F. Risk assessment of healthcare workers at the frontline against COVID-19 // *Pak J Med Sci*. 2020. Vol. 36, N COVID19-S4. P. S99–S103. doi: 10.12669/pjms.36. COVID19-S4.2790
7. Cheese F., Coulton H. Predicting the COVID-19 pandemic: the perceptions of healthcare workers and the general public // *Cureus*. 2021. Vol. 13, N 1. P. e12615 DOI:10.7759/cureus.12615
8. Ng K., Poon B.H., Kiat Puar T.H., et al. COVID-19 and the risk to health care workers: a case report // *Ann Intern Med*. 2020. Vol. 172, N 11. P. 766–767. doi: 10.7326/L20-0175
9. Nguyen L.H., Drew D.A., Graham M.S., et al. Risk of COVID-19 among front-line health-care workers and the general community: a prospective cohort study // *Lancet Public Health*. 2020. Vol. 5, N 9. P. E475–E483. doi: 10.1016/S2468-2667(20)30164-X
10. Ran L., Chen X., Wang Y., et al. Risk factors of healthcare workers with corona virus disease 2019: a retrospective cohort study in a designated hospital of Wuhan in China // *Clin Infect Dis*. 2020. Vol. 71, N 16. P. 2218–2221. doi: 10.1093/cid/ciaa287
11. Бухтияров И.В., Денисов Э.И., Лагутина Г.Н., и др. Критерии и алгоритм установления связи нарушений здоровья с работой // Медицина труда и промышленная экология. 2018. № 8. С. 4–12. doi: 10.31089/1026-9428-2018-8-4-12
12. Бухтияров И.В. Современное состояние и основные направления сохранения и укрепления здоровья работающего населения России // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59, № 9. С. 527–532. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532
13. Валеева Э.Т., Шайхлисламова Э.Р., Бакиров А.Б. Профессиональная заболеваемость в Республике Башкортостан за 2019 год // Санитарный врач. 2020. № 12. С. 38–43. doi: 10.33920/med-08-2012-05
14. Бакиров А.Б., Шайхлисламова Э.Р., Валеева Э.Т. Структура и динамика профессиональной заболеваемости в Республике Башкортостан // Медицина труда и промышленная экология. 2016. № 4. С. 40–44.
15. Валеева Э.Т., Бакиров А.Б., Шайхлисламова Э.Р., и др. О причинах снижения профессиональной заболеваемости в Республике Башкортостан // Санитарный врач. 2019. № 9. С. 29–34.
16. Гурвич В.Б., Шастин А.С., Газимова В.Т., Плотнок Э.Г., Устюгова Т.С. Причины утраты профессиональной пригодности для работы во вредных и(или) опасных условиях труда // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59, № 2. С. 107–112. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-2-107-112
17. Костарев В.Г. О состоянии условий труда и профессиональной заболеваемости в Пермском крае // Медицина труда и промышленная экология. 2014. № 12. С. 12–15.
18. Новикова Т.А., Данилов А.Н., Спиринов В.Ф. Влияние эргономических факторов на формирование профессионального риска нарушений здоровья механизаторов сельского хозяйства // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59, № 7. С. 400–405. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-7-400-405
19. Шайхлисламова Э.Р., Валеева Э.Т., Гайнуллина М.К. Профессиональная заболеваемость работников сельского хозяйства Республики Башкортостан за 2015–2017 гг. // Санитарный врач. 2019. № 3. С. 34–39.
20. Труд и занятость в России. 2019: Стат.сб./Росстат. Москва, 2019. 135 с.
21. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: государственный доклад. Москва : Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2020. 299 с. Дата обращения: 03.02.2022. Доступ по ссылке: [https:// www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=14933](https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=14933)
22. Материалы к государственному докладу «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году по Республике Башкортостан». Уфа : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Башкортостан, Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан», 2021. 274 с.
23. Газимова В.Г., Рузаков В.О., Шастин А.С., и др. Основные организационные вопросы профилактики заболеваемости работающего населения в современных условиях // Меди-

- цина труда и промышленная экология. 2018. № 11. С. 32–35. doi: 10.31089/1026-9428-2018-11-32-35
24. Яковлева Т.А., Куренкова Г.В. Значение периодических медицинских осмотров работающего населения на современном этапе // В кн.: Медико-биологические, клинические и социальные вопросы здоровья и патологии человека. Материалы IV всероссийской научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием XIV областной фестиваль «Молодые ученые — развитию Ивановской области». Под ред. И.К. Томиловой, А.В. Шишовой, Е.С. Тихоновой. 09–12 апреля 2018 года, Иваново; Иваново : Ивановская государственная медицинская академия, 2018. С. 224–226.
 25. Кругликова Н.В. Пути совершенствования качества обязательных периодических медицинских осмотров работников, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда // Здоровье населения и среда обитания — ЗНКО. 2015. № 4 (265). С. 17–20.
 26. Фадеев Р.А., Гарипова Р.А., Архипов Е.В., и др. Роль медицинских осмотров в профилактике профессиональных и соматических заболеваний // Вестник современной клинической медицины. 2019. Т. 12, № 4. С. 99–105. doi: 10.20969/VSKM.2019.12(4).99-105
 27. Очкасова Ю.В., Коротков В.В., Савельев С.И., и др. Эпидемиологические особенности новой коронавирусной инфекции на территории Липецкой области в 2020 г. // Здоровье населения и среда обитания — ЗНКО. 2021. Т. 29. № 8. С. 63–68. doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-8-63-68
 28. Акимкин В.Г., Кузин С.Н., Колосовская Е.Н., и др. Характеристика эпидемиологической ситуации по Covid-19 в Санкт-Петербурге // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2021. Т. 98, № 5. С. 497–511. doi: 10.36233/0372-9311-154
 29. Бабанов С.А., Острякова Н.А. Профессиональная заболеваемость в Самарской области и ее динамика в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции Covid-19 // Терапевт. 2021. № 2. С. 7–11. doi: 10.33920/MED-12-2102-01

REFERENCES

1. Buhtiyarov IV. Epidemiological, clinical, and expert problems of occupational infectious diseases of workers during medical care in the COVID-19 pandemic. *Russian journal of occupational health and industrial ecology*. 2021;61(1):4–12. (In Russ). doi: 10.31089/1026-9428-2021-61-1-4-12
2. Abdi A, Ahmed AY, Abdulmunim M, et al. Preliminary findings of COVID-19 infection in health workers in Somalia: a reason for concern. *Int J Infect Dis*. 2021;104:734–736. doi: 10.1016/j.ijid.2021.01.066
3. Bandyopadhyay S, Baticulon RE, Kadhum M, et al. Infection and mortality of healthcare workers worldwide from COVID-19: a systematic review. *BMJ Glob Health*. 2020;5(12):e003097. doi: 10.1136/bmjgh-2020-003097
4. Chou R, Dana T, Buckley DI, et al. Epidemiology of and risk factors for coronavirus infection in health care workers: a living rapid review. *Ann Intern Med*. 2020;173(2):120–136. doi: 10.7326/M20-1632
5. Mhango M, Dzobo M, Chitungo I, Dzinamarira T. COVID-19 risk factors among health workers: a rapid review. *Saf Health Work*. 2020;11(3):262–265. doi: 10.1016/j.shaw.2020.06.001
6. Ali S, Noreen S, Farooq I, Bugshan A, Vohra F. Risk assessment of healthcare workers at the frontline against COVID-19. *Pak J Med Sci*. 2020;36(COVID19-S4):S99–S103. doi: 10.12669/pjms.36.COVID19-S4.2790
7. Cheese F, Coulton H. Predicting the COVID-19 pandemic: the perceptions of healthcare workers and the general public. *Cureus*. 2021;13(1):e12615. doi: 10.7759/cureus.12615
8. Ng K, Poon BH, Kiat Puar TH, et al. COVID-19 and the risk to health care workers: a case report. *Ann Intern Med*. 2020;172(11):766–767. doi: 10.7326/L20-0175
9. Nguyen LH, Drew DA, Graham MS, et al. Risk of COVID-19 among front-line health-care workers and the general community: a prospective cohort study. *Lancet Public Health*. 2020;5(9):e475–e483. doi: 10.1016/S2468-2667(20)30164-X
10. Ran L, Chen X, Wang Y, et al. Risk factors of healthcare workers with coronavirus disease 2019: a retrospective cohort study in a designated hospital of Wuhan in China. *Clin Infect Dis*. 2020;71(16):2218–2221. doi: 10.1093/cid/ciaa287
11. Buhtiyarov IV, Denisov EI, Lagutina GN, et al. Criteria and algorithms of workrelatedness assessment of workers health disorders. *Russian journal of occupational health and industrial ecology*. 2018;(8):4–12. (In Russ). doi: 10.31089/1026-9428-2018-8-4-12
12. Buhtiyarov IV. Current state and main directions of preservation and strengthening of health of the working population of Russia. *Russian journal of occupational health and industrial ecology*. 2019;59(9):527–532. (In Russ). doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532
13. Valeeva ET, SHajhislamova ER, Bakirov AB. Occupational morbidity in the republic of Bashkortostan for 2019. *Sanitary doctor*. 2020;12:38–43. (In Russ). doi: 10.33920/med-08-2012-05
14. Bakirov AB, SHajhislamova ER, Valeeva ET. Structure and dynamics of occupational morbidity in Bashkortostan Republic. *Russian journal of occupational health and industrial ecology*. 2016;(1):40–44. (In Russ).
15. Valeeva ET, Bakirov AB, SHajhislamova ER, et al. About the reasons for the decrease in occupational morbidity in the Republic of Bashkortostan. *Sanitary doctor*. 2019;(9):29–34. (In Russ).
16. Gurvich VB, SHastin AS, Gazimova VT, Plotko EG, Ustyugova TS. Causes of lost vocational fitness for work in jeopardy and (or) hazardous work conditions. *Russian journal of occupational health and industrial ecology*. (In Russ). 2019;(2):107–112. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-2-107-112
17. Kostarev VG. On work conditions and occupational morbidity in Permsky area. *Russian journal of occupational health and industrial ecology*. 2014;(12):12–15. (In Russ).
18. Novikova TA, Danilov AN, Spirin VF. The influence of ergonomic factors on the formation of occupational health risk of agricultural machine operators. *Russian journal of occupational health and industrial ecology*. 2019;59(7):400–405. (In Russ). doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-7-400-405

19. Shajhislamova ER, Valeeva ET, Gajnullina MK. Occupational morbidity among agricultural workers of the Republic of Bashkortostan between 2015 and 2017. *Sanitary doctor*. 2019;(3):34–39. (In Russ).
20. *Labor and employment in Russia*. 2019: Stat.sb./Rosstat. Moscow, 2019; 135 p. (In Russ).
21. *O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossijskoj Federacii v 2019 godu: gosudarstvennyj doklad*. Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitel' i blagopoluchiya cheloveka; 2020. 299 p. [cited 2022 March 2]. Available from: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=14933 (In Russ).
22. *Materialy k gosudarstvennomu dokladu «O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossijskoj Federacii v 2020 godu po Respublike Bashkortostan»*. Ufa: Upravlenie Federal'noj sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitel' i blagopoluchiya cheloveka po Respublike Bashkortostan, Federal'noe byudzhethoe uchrezhdenie zdravoohraneniya «Centr gigieny i epidemiologii v Respublike Bashkortostan»; 2021. 274 p. (In Russ).
23. Gazimova VG, Ruzakov VO, SHastin AS, et al. The basic organizational problems of preventing morbidity of working population in modern conditions. *Russian journal of occupational health and industrial ecology*. 2018;11:32–35. (In Russ). doi: 10.31089/1026-9428-2018-11-32-35
24. Yakovleva TA, Kurenkova GV. Znachenie periodicheskikh medicinskih osmotrov rabotayushchego naseleniya na sovremennoy etape. In: *Mediko-biologicheskie, klinicheskie i social'nye voprosy zdorov'ya i patologii cheloveka. Materialy IV vserossijskoj nauchnoj konferencii studentov i molodyh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem XIV oblastnoj festival' «Molodye uchenye — razvitiyu Ivanovskoj oblasti»*. Tomilova IK, Shishova AV, Tihonova ES, editors. 2018 Apr 09–12; Ivanovo. Ivanovo: Ivanovskaja gosudarstvennaja medicinskaja akademija; 2018. P. 224–226. (In Russ).
25. Kruglikova NV. Ways of improvement of quality of obligatory periodic medical examinations of the workers occupied at works with harmful and dangerous working conditions. *Public Health and Life Environment – PH&LE*. 2015;(4(265)):17–20. (In Russ).
26. Fadeev RA, Garipova RA, Arkhipov EV, et al. The role of routine medical examinations in occupational and corporal disease prevention. *Vestnik sovremennoi klinicheskoi mediciny [The bulletin of contemporary clinical medicine]*. 2019;12(4):99–105. (In Russ). doi: 10.20969/VSKM.2019.12(4).99-105
27. Ochkasova YuV, Korotkov VV, Savel'ev SI, et al. Epidemiological features of the novel coronavirus disease in the Lipetsk region in 2020. *Public Health and Life Environment — PH&LE*. 2021;29(8):63–68. (In Russ). doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-8-63-68
28. Akimkin VG, Kuzin SN, Kolosovskaya EN, et al. Assessment of the COVID-19 epidemiological situation in St. Petersburg. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*. 2021;98(5):497–511. doi: 10.36233/0372-9311-154
29. Babanov SA, Ostryakova NA. Occupational morbidity in the samara region and its dynamics in the context of the pandemic of the novel coronavirus infection COVID-19. *General physician*. 2021;(2):7–11.

ОБ АВТОРАХ

***Ирина Фаритовна Сулейманова;**

адрес: Россия, 450106, Уфа, ул. Степана Кувыкина, 94;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0651-9201>;
eLibrary SPIN: 1681-9628;
e-mail: XirinaF@mail.ru

Анна Анриевна Казак;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0631-8664>;
eLibrary SPIN: 7043-2330;
e-mail: rpnrb@02.rospotrebnadzor.ru

Эльмира Радиковна Шайхлисламова, к.м.н., доцент;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6127-7703>;
eLibrary SPIN: 1041-3862;
e-mail: shajkh.ehlmira@yandex.ru

Альфред Равилевич Ямалиев;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4314-4712>;
eLibrary SPIN: 3843-9550;
e-mail: Yamaliev_AR@02.rospotrebnadzor.ru

Эльвира Тимерьяновна Валеева, д.м.н.,

главный научный сотрудник;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9146-5625>;
eLibrary SPIN: 6778-8590;
e-mail: oozr@mail.ru

AUTHORS INFO

***Irina F. Suleymanova;**

address: 58 Stepana Kuvykina street, 450106, Ufa, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0651-9201>;
eLibrary SPIN: 1681-9628;
e-mail: XirinaF@mail.ru

Anna A. Kazak;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0631-8664>;
eLibrary SPIN: 7043-2330;
e-mail: rpnrb@02.rospotrebnadzor.ru

Elmira R. Shaykhislamova, Cand. Sci. (Med.),

associate professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6127-7703>;
eLibrary SPIN: 1041-3862;
e-mail: shajkh.ehlmira@yandex.ru

Alfred R. Yamaliev;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4314-4712>;
eLibrary SPIN: 3843-9550;
e-mail: Yamaliev_AR@02.rospotrebnadzor.ru

Elvira T. Valeeva, Dr. Sci. (Med.), chief research associate;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9146-5625>;
eLibrary SPIN: 6778-8590;
e-mail: oozr@mail.ru

Ирина Витольдовна Сандакова;ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4301-3720>;

eLibrary SPIN: 1415-9765;

e-mail: Sandakova_iv@02.rospotrebnadzor.ru

Расима Расиховна Галимова, к.м.н.,

старший научный сотрудник;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4658-545X>;

eLibrary SPIN: 6388-0203;

e-mail: rasima75@mail.ru

Irina V. Sandakova;ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4301-3720>;

eLibrary SPIN: 1415-9765;

e-mail: Sandakova_iv@02.rospotrebnadzor.ru

Rasima R. Galimova, Cand. Sci. (Med.),

senior research associate;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4658-545X>;

eLibrary SPIN: 6388-0203;

e-mail: rasima75@mail.ru

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco83528>

Особенности когнитивных психических процессов и нейродинамических свойств центральной нервной системы у пожарных в зависимости от полиморфизмов генов-регуляторов моноаминовой системы головного мозга

В.Е. Крийт¹, М.В. Санников², А.Б. Гудков³, Ю.Н. Сладкова¹, А.Н. Никанов¹, А.О. Пятибрат⁴¹ Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья, Санкт-Петербург, Российская Федерация;² Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова, Санкт-Петербург, Российская Федерация;³ Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Российская Федерация;⁴ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Выполнение пожарными своих профессиональных обязанностей связано со значительным психоэмоциональным напряжением, а также комплексным влиянием вредных и опасных факторов, являющихся источником риска для их здоровья и жизни. Одной из важнейших задач профессиональной подготовки сотрудников в системе МЧС России является оценка психофизиологических резервов. В настоящее время традиционные методы психологического и психофизиологического тестирования не позволяют в полной мере провести оценку психофизиологических резервов, так как степень адаптации к экстремальным нагрузкам детерминирована наследственными признаками.

Цель. Изучить особенности когнитивных психических процессов и нейродинамических свойств центральной нервной системы у пожарных в зависимости от полиморфизмов генов-регуляторов моноаминовой системы головного мозга.

Материал и методы. Обследовано 453 человека, из них 234 — основная группа (пожарные), 219 — контрольная группа. При тестировании использовали корректурную пробу с кольцами Ландольта, тест Мюнстерберга и таблицы Шульте, тест «Реакция на движущийся объект», методику «Простая зрительно-моторная реакция» и батареи интеллектуальных тестов КР-3-85. Генотипирование проводили по 5 кандидатным генам: *5HTT*, *5HT2A*, *COMT*, *DRD1*, *DRD2/ANKK1*. Исследовали показатели внимания, нейродинамические свойства центральной нервной системы и познавательных психических процессов в группах сравнения в зависимости от характера выполняемых профессиональных задач и стажа работы.

Результаты. Установлено наличие напряжения функциональных систем организма при длительной работе (более 5 лет) в основной группе. У пожарных — носителей генотипов *5HTT* L/L, *5HT2A* C/C, *COMT* Val/Val, *DRD2/ANKK1* Glu/Glu — по результатам проведенного тестирования с применением большинства методик отмечены статистически значимо более высокие показатели, чем у пожарных — носителей генотипов *5HTT* S/S, *5HT2A* T/T, *COMT* Met/Met, *DRD2/ANKK1* Lys/Lys, и в то же время более низкие показатели относительно лиц с аналогичными генотипами из группы контроля.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности практического применения исследования генов *5HTT*, *5HT2A* и *DRD2/ANKK1*. Изменений уровня внимания и нейродинамических свойств центральной нервной системы в зависимости от полиморфных вариантов гена *DRD1* не наблюдалось, а показатели познавательных психических процессов у лиц контрольной и основной групп различались в зависимости от полиморфных вариантов гена *COMT*.

Ключевые слова: безопасность в чрезвычайных ситуациях; пожарный; стресс-факторы пожара; нейродинамические свойства центральной нервной системы; гены-регуляторы моноаминовой системы; полиморфизм генов.

Как цитировать:

Крийт В.Е., Санников М.В., Гудков А.Б., Сладкова Ю.Н., Никанов А.Н., Пятибрат А.О. Особенности когнитивных психических процессов и нейродинамических свойств центральной нервной системы у пожарных в зависимости от полиморфизмов генов-регуляторов моноаминовой системы головного мозга // Экология человека. Т. 29, № 6. С. 437–456. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco83528>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco83528>

Features of cognitive mental processes and neurodynamic properties of the central nervous system in firefighters depending on polymorphisms of the regulators' genes of the brain monoamine system

Vladimir E. Kriyt¹, Maksim V. Sannikov², Andrey B. Gudkov³, Yuliya N. Sladkova¹, Aleksandr N. Nikanov¹, Alexander O. Pyatibrat⁴

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

² Nikiforov's All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine, Saint Petersburg, Russian Federation;

³ Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation;

⁴ Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Firefighters' performance of their occupational duties is associated with significant psycho-emotional stress, as well as the complex influence of harmful and dangerous factors that are a source of risk to their health and life. One of the most important modern tasks of vocational training of employees in the EMERCOM of Russia is the problem of assessing psychophysiological reserves. Currently, traditional methods of psychological and psychophysiological testing do not allow a full assessment of psychophysiological reserves because the degree of adaptation to extreme loads is determined by hereditary traits.

AIM: To study the features of cognitive mental processes and neurodynamic properties of the central nervous system in firefighters that depend on the polymorphisms of the regulators genes of the monoamine system of the brain.

MATERIAL AND METHODS: Methodologically, 453 people were examined, of which 234 were the main group (firefighters), and 219 were the control group. Assessment was conducted using the following methods: "Correction test with Landolt rings", "Münsterberg test", "Schulte tables", "Reaction to a moving object", "Simple visual-motor reaction", and KR-3-85 test batteries. Genotyping was performed using five candidate genes of 5-HTTLPR or 5HTT, 5HT2A, COMT, DRD1, and DRD2/ANKK1.

RESULTS: The results of indicators of attention, neurodynamic properties of the central nervous system, and cognitive mental processes, depending on the nature of the occupational tasks performed and employment duration, indicates the strain of the functional systems of the body during long-term work (more than five years) in the main study group (firefighters). Firefighters carrying 5HTT L/L, 5HT2A C/C, COMT Val/Val, and DRD2/ANKK1 Glu/Glu genotypes have significantly higher rates than those of 5HTT S/S, 5HT2A T/T genotypes, COMT Met/Met, and DRD2/ANKK1 Lis/Lis, and at the same time lower indicators compared to individuals with similar genotypes from the control group.

CONCLUSION: The data obtained indicate the feasibility of practical application of studies of the 5HTT, 5HT2A, and DRD2/ANKK1 genes. Changes in the level of attention and neurodynamic properties of the central nervous system depending on the polymorphic variants of the DRD1 gene were not observed. The indicators of cognitive mental processes in the control and main groups differed depending on the polymorphic variants of the COMT gene.

Keywords: emergency safety; firefighter; fire stress factors; neurodynamic properties of the central nervous system; regulatory genes of the monoamine system; gene polymorphism.

To cite this article:

Kriyt VE, Sannikov MV, Gudkov AB, Sladkova YN, Nikanov AN, Pyatibrat AO. Features of cognitive mental processes and neurodynamic properties of the central nervous system in firefighters depending on polymorphisms of the regulators' genes of the brain monoamine system. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(6):437–456. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco83528>

Received: 22.10.2021

Accepted: 06.07.2022

Published online: 02.08.2022

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение пожарными своих профессиональных обязанностей связано со значительным психоэмоциональным напряжением, а также комплексным влиянием вредных и опасных факторов, являющихся источником риска для их здоровья и жизни [1–4]. Под психоэмоциональным напряжением следует понимать пограничное состояние, которое формируется в результате чрезмерного эмоционального напряжения и характеризуется временным понижением устойчивости психических и психомоторных функций, выраженных соматовегетативными реакциями, а также снижением профессиональной работоспособности при невозможности полноценной эмоциональной разрядки и отключения от тревожно-депрессивных переживаний [5, 6]. Кроме того, трудовая деятельность пожарных характеризуется психотравмирующими факторами, наиболее характерными и часто встречающимися из которых являются высокая температура окружающей среды, высокая плотность дыма, новизна раздражителей, воздействие шума, действие ограниченного пространства, опасность отравления химическими веществами, эмоционально-психологическое давление пострадавших людей [7]. Нервно-эмоциональная напряжённость ослабляет сознательный контроль и может привести к панике, быстро распространяющейся в условиях экстремальной обстановки с переходом к массовой психической реакции [8]. Именно поэтому одной из важнейших задач профессиональной подготовки сотрудников в системе МЧС России является проблема оценки психофизиологических резервов, под которыми понимают скрытые возможности организма переносить повышенную функциональную нагрузку, связанную с изменениями окружающей среды и гомеостаза [9].

В зарубежной литературе данные о риске стрессовых расстройств у пожарных весьма противоречивы. С одной стороны, существуют данные о более высоком риске травматических стрессовых расстройств у пожарных относительно других категорий государственных служащих [10], а с другой — описан более низкий уровень тревожности, депрессии, эмоциональной нестабильности и отрицательных эмоций у пожарных по сравнению с городскими полицейскими и служащими, что объясняется профессиональным отбором для работ в чрезвычайных ситуациях [11].

Кроме того, в настоящее время в МЧС России для пожаротушения и спасательных операций широко используются наземные, подводные робототехнические средства, как зарубежные, так и отечественного производства [12]. В соответствии с Концепцией развития робототехнических комплексов (систем) специального назначения в системе МЧС России до 2030 года использование спасательной робототехники в настоящее время направлено на снижение риска для жизни и здоровья личного состава Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы без ущерба эффективности

проведения противопожарных, аварийно-спасательных и восстановительных работ. Широкое освоение и внедрение новых робототехнических технологий требует от личного состава сохранения высоких кондиций нейродинамических и когнитивных функций [13–17].

Профессиональный отбор состоит из нескольких последовательных этапов, одним из которых является психологический отбор. В зарубежной практике для обеспечения высокого качества тестов используются две основные процедуры: рецензирование и сертификация тестов [18]. Обеспечиваются также компетентность при использовании тестов, эффективность и безопасность тестирования [19]. Широко распространена и индивидуальная психологическая оценка (IPA), включающая стандартизованные тесты и собеседования, что позволяет оценивать более широкий спектр информации о кандидате [20].

В настоящее время традиционные методы психологического и психофизиологического тестирования с применением разнородных по характеру и структуре методик и их модификаций, прошедших проверку надёжности, валидности и репрезентативности, не позволяют в полной мере провести оценку психофизиологических резервов, так как степень адаптации к экстремальным нагрузкам детерминирована наследственными признаками [21, 22]. Несоответствие предъявляемых требований и функциональных резервов организма может приводить к истощению его адаптационных и компенсаторных механизмов и развитию явлений дезадаптации [23–25].

Цель исследования. Изучить особенности когнитивных психических процессов и нейродинамических свойств центральной нервной системы у пожарных в зависимости от полиморфизмов генов-регуляторов моноаминовой системы головного мозга.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследовано 453 человека (мужчины), из них 234 — оперативно-тактические сотрудники Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы России, занимающиеся непосредственно пожаротушением, и 219 — контрольная группа, включающая сотрудников Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы России, не участвующих в пожаротушении, в том числе 116 сотрудников надзорного звена. По социально-демографическим параметрам различий в группах не наблюдалось. Возраст обследуемых составил в основной группе $34,5 \pm 7,6$ года, в контрольной группе — $31,3 \pm 8,4$ года. Все участники добровольно подписали форму информированного согласия на участие до включения в исследование. Исследование состояло из трёх этапов.

На первом этапе в группах сравнения изучали показатели внимания, нейродинамические свойства центральной нервной системы и познавательные психические процессы в зависимости от стажа работы (1 год и более 5 лет).

На втором этапе в группах сравнения изучали показатели внимания, нейродинамические свойства центральной нервной системы и познавательные психические процессы в зависимости от генотипов 5 кандидатных генов. Генотипирование проводили по генам *5HTT* (serotonin-transporter-linked polymorphic region); *5HT2A* (5-hydroxytryptamine (serotonin) receptor 2A); *COMT* (catechol-O-methyltransferase); *DRD1*; *DRD2/ANKK1* (dopamine D2 receptor TaqI A C > T polymorphism). Основным методом исследования — полимеразно-цепная реакция (ПЦР). Оценку частоты аллелей проводили с помощью анализа полиморфизма длин рестрикционных фрагментов. Для выявления рестрикционных полиморфизмов обрабатывали продукты ПЦР рестриктазами (New England Biolabs, Великобритания) в соответствии с инструкцией. Структура праймеров, применяемых в исследовании, и рестриктазы, использованные для выявления рестрикционных полиморфизмов, представлены в табл. 1.

На третьем этапе в группах сравнения изучали отдельные показатели внимания, нейродинамические свойства центральной нервной системы и познавательные психические процессы. Выделяли 2 подгруппы, имеющие статистически значимые различия по большинству изучаемых показателей. Подгруппу 1 ($n=106$) (из них 54 пожарных и 52 — контроль) составили носители генотипов *5HTT* L/L, *5HT2A* C/C, *COMT* Val/Val, *DRD1* T/T, *DRD2/ANKK1* Glu/Glu. Подгруппу 2 ($n=117$) (из них 60 пожарных и 57 — контроль) составили носители генотипов *5HTT* S/S, *5HT2A* T/T, *COMT* Met/Met, *DRD1* C/C, *DRD2/ANKK1* Lys/Lys.

Внимание исследовали с помощью корректурной пробы с кольцами Ландольта, теста Мюнстерберга и таблицы Шульте (по методу А.Ю. Козыревой). В корректурной пробе с кольцами Ландольта, к которой не наступает привыкания и на результат которой не оказывает влияние упрямость [26], оценивали скорость переработки

зрительной информации (Q , бит/с), которая является показателем продуктивности и устойчивости внимания и рассчитывается по формуле: $Q=V-2,807(P+O)/t$, где t — время выполнения задания (с), P — количество пропущенных знаков, Q — количество ошибочно или неправильно зачёркнутых знаков, V — объём зрительной информации (бит) за время t (с). Потеря информации, приходящейся на один пропущенный знак, приравнивалась к 2,807 бита [26]. С помощью теста Мюнстерберга оценивали избирательность внимания, с помощью таблицы Шульте определяли устойчивость внимания и динамику работоспособности. Для интерпретации результатов таблицы Шульте по методу А.Ю. Козыревой рассчитывали эффективность работы (ЭР) и психическую устойчивость (выносливость) (ПУ) по формулам: $ЭР=(T_1+T_2+T_3+T_4+T_5)/5$, где T_i — время работы с i -й таблицей, с; $ПУ=T_4/ЭР$ [27].

Оценку психических познавательных процессов проводили с помощью батареи тестов КР-3-85 (тесты структуры интеллекта), состоящей из 7 субтестов, в которых исследуются мышление («Аналогии», «Числовые ряды», «Образное мышление», «Арифметический счёт», «Установление закономерностей»), оперативная и кратковременная зрительная память («Зрительная память», «Арифметический счёт», «Вербальная (словесная) память»), внимание («Установление закономерностей», «Арифметический счёт») [28].

Тесты «Реакция на движущийся объект» (РДО) и «Простая зрительно-моторная реакция» (ПЗМР), позволяющие оценить нейродинамические показатели сенсомоторного реагирования [29, 30], проводили с помощью аппаратно-программного комплекса «НС-Психотест» («Нейрософт», Россия). Методика РДО позволяет определить точность реагирования на раздражитель и судить об уравновешенности процессов возбуждения и торможения в коре головного мозга, применяется для оценки способности

Таблица 1. Праймеры и рестриктазы, использованные для выявления полиморфизмов исследуемых кандидатных генов

Table 1. Primers and restriction enzymes used to identify polymorphisms of the studied candidate genes

Полиморфизм Polymorphism	Праймер Primer	Рестриктаза Restrictase	Температура инкубирования, °C Incubation temperature, °C
Val158Met (G472A) гена <i>COMT</i> Val158Met (G472A) of gene <i>COMT</i>	F: TCACCATCGAGATCAACCCC R: ACAACGGGTCAAGGCATGCA	Nla III	62
L/S гена <i>5HTT</i> L/S of gene <i>5HTT</i>	F: CAATGTCTGGCGCTTCCCCTACATAT R: GACATAATCTGTCTTCTGGCCTCTCAA	—	58
T102C гена <i>5HT2A</i> T102C of gene <i>5HT2A</i>	F: CAAGGTGAATGGTGAGCAGAAA R: TGGCAAGTGACATCAGGAAATAGT	Msp I	58
A-48G 5'-нетранслируемая область гена <i>DRD1</i> A-48G 5'-untranslated area of gene <i>DRD1</i>	F: GGCTTTCTGGTGCCCAAGACAGTG R: AGCACAGACCAGCGTGTCCCCCA	DrdI	63
C2137 гена <i>DRD2</i> C2137 of gene <i>DRD2</i>	F: CCGTCGACCCCTCCTGAGTGTCTATCA R: CCGTCGACGGCTGGCCAAAGTTGTCTA	Taq I	65

ориентации в пространстве и во времени, а также предвидения хода событий [28, 31, 32]. Время сенсомоторных реакций отражает динамику скорости нервных процессов и их переключения, моторную координацию и активность нервной системы [33].

Статистическую обработку материалов, полученных в ходе исследования, проводили с помощью программы Statistica 6. Отдельные группы предварительно сравнивали с помощью непараметрического теста Краскела–Уоллиса, а затем значимость различий уточняли с помощью теста Манна–Уитни [34].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследование психологического и психофизиологического тестирования пожарных с различным стажем работы в сравнении с группой контроля (табл. 2) показало, что пожарные, выполняющие профессиональные задачи по пожаротушению, при стаже работы более 5 лет демонстрировали статистически значимо более низкие показатели внимания по интерпретации всех используемых методик относительно исследуемых основной группы со стажем работы до одного года. В отношении лиц из аналогичной по стажу группы контроля отмечены статистически значимо более низкие показатели только по результатам тестирования с применением методики Мюнстерберга и корректурной пробы с кольцами Ландольта.

В результате исследования функций логического мышления, памяти и внимания при тестировании по субтестам «Аналогии», «Числовые ряды», «Зрительная память», «Арифметический счёт» и «Установление закономерностей» выявлено, что у пожарных основной группы со стажем более 5 лет определялись статистически значимо более низкие показатели как в отношении лиц из аналогичной по стажу группы контроля, так и относительно исследуемых из основной группы со стажем работы до одного года.

Результаты сравнительной оценки нейродинамических свойств центральной нервной системы свидетельствуют, что у пожарных со стажем работы более 5 лет установлены статистически значимо более низкие показатели РДО и более высокие показатели латентных периодов ПЗМР как в отношении работников из аналогичной по стажу контрольной группы, так и относительно пожарных из основной группы со стажем работы до одного года.

Основной задачей второго этапа исследования являлось определение генетических признаков поддержания высоких кондиций когнитивных функций и нейродинамических свойств центральной нервной системы на фоне профессиональных нагрузок при пожаротушении.

Распространённость генотипов рассматриваемых пяти кандидатных генов в группах сравнения представлена в табл. 3.

Полученные результаты исследования внимания, нейродинамических свойств центральной нервной системы

и познавательных психических процессов в группах сравнения в зависимости от полиморфных вариантов генов-регуляторов моноаминовой системы головного мозга представлены в табл. 4 и 5.

Результаты анализа концентрации, объёма и устойчивости внимания (табл. 4 (блок I)) свидетельствуют о более высоких значениях показателей у исследуемых с генотипом 5HTT L/L по интерпретации данных всех методик оценки внимания. При этом показатели концентрации, объёма и устойчивости внимания по результатам тестирования по всем методикам были статистически значимо выше в группе контроля с аналогичным генотипом.

Результаты анализа познавательных психических процессов свидетельствуют, что у пожарных — носителей генотипа 5HTT L/L — показатели батареи тестов были статистически значимо выше (за исключением показателей методик «Образное мышление» и «Вербальная память») относительно пожарных — носителей генотипа 5HTT S/S. При оценке психических познавательных процессов с применением субтестов «Арифметический счёт», «Установление закономерностей» и «Числовые ряды» у пожарных были получены статистически значимо более низкие показатели, чем у лиц контрольной группы с аналогичными генотипами.

По интерпретации методик РДО и ПЗМР, лучшая подвижность нервных процессов определялась у лиц с генотипом 5HTT L/L как в основной, так и в контрольной группе. В то же время показатели нейродинамических свойств центральной нервной системы свидетельствуют о лучшей подвижности нервных процессов у лиц контрольной группы относительно пожарных с аналогичными генотипами гена 5HTT. Стоит отметить, что по анализу показателей нейродинамических свойств центральной нервной системы исследуемые с генотипом 5HTT S/L заняли промежуточное место.

Аналогичные тенденции в изменении оцениваемых показателей были отмечены при анализе результатов исследования в группах сравнения в зависимости от характера выполняемых профессиональных задач и генотипов гена *DRD2/ANKK1*.

По интерпретации данных всех методик оценки внимания результаты анализа свойств внимания свидетельствуют, что у пожарных с генотипом ANKK1 Glu/Glu показатели были статистически значимо более высокими, чем у носителей генотипа Lys/Lys. При этом оцениваемые показатели внимания по всем методикам были статистически значимо выше у лиц группы контроля с аналогичным генотипом.

Анализ данных, полученных с применением батареи тестов КР 3-85, показал, что у пожарных основной группы с генотипами ANKK1 Glu/Glu и Glu/Lys показатели по всем методикам были статистически значимо выше, чем с генотипом ANKK1 Lys/Lys. В результате исследования функций логического мышления, памяти и внимания при тестировании по субтестам «Аналогии», «Числовые

Таблица 2. Показатели внимания, нейродинамических свойств центральной нервной системы и познавательных психических процессов в группах сравнения в зависимости от характера выполняемых профессиональных задач и стажа работы по специальности, $M \pm \sigma$, $n=453$

Table 2. Indicators of attention, neurodynamic properties of the central nervous system and cognitive mental processes in the comparison groups depending on the nature of the professional tasks performed and work experience in the specialty, $M \pm \sigma$, $n=453$

Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group		Контрольная группа Control group	
		1 год 1 year	Более 5 лет More than 5 years	1 год 1 year	Более 5 лет More than 5 years
Исследование свойств внимания Study of attention characteristics					
Корректурная проба с кольцами Лан-дольта Landolt's rings visual acuity test	Скорость переработки зрительной информации Q, бит/с Visual information processing rate, Q, bps	1,64±0,12	1,34±0,16*#	1,58±0,14	1,52±0,13
Методика Мюнстерберга Münsterberg's technique	Избирательность внимания, баллов Attention selectivity, points	21,20±1,70	18,10±0,80*#	20,70±2,10	19,30±1,20
Таблицы Шульте Schulte tables	Эффективность работы, с Performance efficiency, s	43,80±3,10	47,20±2,40#	45,20±2,30	46,80±1,70
	Психическая устойчивость Mental stability	0,70±0,10	0,90±0,20	0,80±0,10	0,90±0,10
Исследование нейродинамических свойств центральной нервной системы Study of the neurodynamic properties of the central nervous system					
Реакция на движущийся объект Reaction to a moving object	Количество точных реакций Number of exact reactions	14,50±1,40	11,80±1,80*#	14,10±1,30	13,70±1,50
	Количество опережающих реакций Number of antedating reactions	8,20±0,40	7,20±0,70*#	8,70±0,30	9,80±0,60
	Количество запаздывающих реакций Number of deferred reactions	8,10±0,30	11,40±1,40*#	8,10±0,90	7,10±0,40
	Длительность опережающих реакций, мс Duration of antedating reactions, ms	837,20±46,30	752,30±74,50*#	861,50±87,60	946,50±72,40
	Длительность запаздывающих реакций, мс Duration of deferred reactions, ms	819,30±39,10	1192,30±114,98*#	841,70±82,20	715,70±51,30
Простая зрительно-моторная реакция Simple visual-motor reaction	Скорость сенсомоторной реакции, мс Sensorimotor reaction speed, ms	217,5±9,2	251,4±11,4*#	216,7±8,5	218,3±9,7
Исследование познавательных психических процессов Study of cognitive mental processes					
КР 3-85 KR 3-85	Аналогии Analogies	27,2±1,4	23,7±1,6*#	26,9±1,2	27,4±1,5
	Числовые ряды Numerical series	25,9±0,9	22,5±2,2*#	24,8±1,4	24,1±1,9
	Зрительная память Visual memory	27,4±1,6	24,2±1,2*#	26,9±0,8	27,1±1,3

Окончание таблицы 2 / End of the Table 2

Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group		Контрольная группа Control group	
		1 год 1 year	Более 5 лет More than 5 years	1 год 1 year	Более 5 лет More than 5 years
	Образное мышление Image thinking	25,9±1,3	27,9±1,2	25,3±1,6	23,5±1,6
	Арифметический счет Arithmetic count	23,8±1,6	16,9±1,2**	24,1±1,8	23,3±1,5
	Вербальная память Verbal memory	27,7±0,9	26,2±1,2	27,5±0,8	26,7±1,3
	Установление закономерностей Pattern establishment	28,2±1,4	23,5±1,7**	27,9±1,6	27,1±1,5

* различия значений с лицами из аналогичной по стажу контрольной группы, $p=0,048$; # различия с пожарниками из основной группы со стажем до 1 года, $p < 0,001$. U — критерий Манна–Уитни.

* Differences relative to the control group similar in employment period, $p=0.048$; #Differences relative to the main group with employment period up to 1 year, $p < 0.001$. U — Mann–Whitney U-test.

ряды», «Арифметический счёт» и «Установление закономерностей» выявлено, что у пожарных оцениваемые показатели были статистически значимо ниже, чем у лиц контрольной группы с аналогичными генотипами.

По интерпретации методик РДО и ПЗМР, лучшая подвижность нервных процессов также определялась у исследуемых с генотипом ANKK1 Glu/Glu как среди пожарных, так и среди лиц контрольной группы. Носители генотипа Glu/Lys демонстрировали промежуточные значения. В то же время показатели нейродинамических свойств центральной нервной системы свидетельствуют о лучшей подвижности нервных процессов у лиц из контрольной группы относительно пожарных с аналогичными генотипами гена ANKK1.

Представленные в табл. 4 (блок II) результаты анализа концентрации, объёма и устойчивости внимания свидетельствуют о более высоких показателях у пожарных с генотипом 5HT2A C/C по интерпретации данных всех методик оценки внимания. При этом показатели концентрации, объёма и устойчивости внимания по всем методикам были статистически значимо выше у лиц группы контроля с аналогичными генотипами.

Результаты анализа познавательных психических процессов свидетельствуют, что у пожарных — носителей генотипа 5HT2A C/C — показатели, полученные по результатам тестирования с применением батареи тестов, были статистически значимо выше (за исключением показателей методики «Образное мышление») относительно пожарных — носителей генотипа 5HT2A T/T. Исследование функций логического мышления, памяти и внимания при тестировании по субтестам «Аналогии», «Числовые ряды», «Арифметический счёт» и «Установление закономерностей» показало, что оцениваемые показатели у пожарных были статистически значимо ниже, чем у лиц контрольной группы с аналогичными генотипами.

Таблица 3. Распространённость генотипов генов 5HTT, 5HT2A, COMT, DRD1 и DRD2 в группах сравнения, абс. число/%

Table 3. The prevalence of 5HTT, 5HT2A, COMT, DRD1 and DRD2 gene genotypes in the comparison groups, abs. number/%

Генотипы генов Gene genotypes	Группы Groups	
	Основная Main (n=234)	Контрольная Control (n=219)
5HTT:		
S/S	105/45	88/40
L/S	70/30	76/35
L/L	59/25	55/25
5HT2A:		
C/C	47/20	55/25
C/T	70/30	66/30
T/T	117/50	98/45
COMT:		
Val/ Val	59/25	66/30
Val/Met	128/55	98/45
Met/ Met	47/20	55/25
DRD2:		
Lys/Lys	82/35	120/55
Glu/Lys	93/40	55/25
Glu/Glu	59/25	44/20
DRD1:		
C/C	105/45	132/60
C/T	82/35	55/25
T/T	47/20	32/15

Таблица 4. Показатели внимания, нейродинамических свойств центральной нервной системы и познавательных психических процессов в группах сравнения в зависимости от характера выполняемых профессиональных задач и генотипов генов *5HTT*, *5HT2A*, $M \pm \sigma$

Table 4. Indicators of attention, neurodynamic properties of the central nervous system and cognitive mental processes in the comparison groups depending on the nature of the professional tasks performed and the genotypes of the *5HTT*, *5HT2A* genes, $M \pm \sigma$

I. Результаты исследования гена 5HTT (n=453) I. 5HTT gene study results, n=453							
Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/ субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group			Контрольная группа Control group		
		S/S	L/S	L/L	S/S	L/S	L/L
Исследование свойств внимания Study of attention characteristics							
Корректируная проба с кольцами Ландольта Landolt's rings visual acuity test	Скорость переработки зрительной информации, Q, бит/с Visual information processing rate, Q, bps	1,16±0,14	1,32±0,13	1,45±0,17 ^{1#}	1,41±0,16	1,53±0,14	1,62±0,21
Методика Мюнстерберга Münsterberg's technique	Избирательность внимания, баллов Attention selectivity, points	16,3±1,8	18,2±1,2	22,4±1,5 ^{1#}	17,3±1,6	19,8±1,4	24,5±1,5 ¹
Таблицы Шульце Schulte tables	Эффективность работы, с Performance efficiency, s	48,1±2,7	45,9±1,6	42,6±2,4 ^{1#}	41,3±2,1	37,6±2,8	35,3±2,7
Исследование нейродинамических свойств центральной нервной системы Study of the neurodynamic properties of the central nervous system							
Реакция на движущийся объект Reaction to a moving object	Количество точных реакций Number of exact reactions	8,4±0,3	8,7±0,3 ¹	13,8±0,4 ^{1#}	11,4±0,7	12,9±0,5 ¹	15,2±0,6 ¹
	Количество опережающих реакций Number of ante-dating reactions	8,4±0,4 [#]	7,3±0,7 ^{1#}	7,9±0,3 ^{1#}	9,1±0,6	8,2±0,4 ¹	8,2±0,4 ¹
	Количество запаздывающих реакций Number of deferred reactions	16,2±0,7 [#]	15,6±0,3 [#]	11,7±0,5 ^{1#}	10,2±0,4	8,4±0,7 ¹	8,3±0,5 ¹
	Длительность опережающих реакций, мс Duration of antedating reactions, ms	752,6±45,2 [#]	748,4±62,5 [#]	712,4±56,7 ^{1#}	923,7±54,2	827,5±47,2	824,9±49,3 ¹
	Длительность запаздывающих реакций, мс Duration of deferred reactions, ms	1532,3±51,4 [#]	1483,6±67,4 [#]	1134,2±48,9 ^{1#}	912,7±46,5	841,7±52,9	738,4±45,6
Простая зрительно-моторная реакция Simple visual-motor reaction	Скорость сенсомоторной реакции, мс Sensorimotor reaction speed, ms	262,5±9,3 [#]	253,7±7,5 [#]	248,7±7,2 ^{1#}	224,6±9,7	219,5±7,6	216,5±8,6 ¹

Продолжение таблицы 4 / Continuation of the Table 4

Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/ субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group			Контрольная группа Control group		
		S/S	L/S	L/L	S/S	L/S	L/L
Исследование познавательных психических процессов Study of cognitive mental processes							
КР 3-85 KR 3-85	Числовые ряды Numerical series	21,2±1,2 [#]	22,7±1,3 [#]	24,2±1,4 ^{1#}	23,8±0,9	25,2±1,3	26,92,5 ¹
	Арифметический счёт Arithmetic count	16,4±2,5 [#]	16,8±1,6 [#]	18,3±0,7 ^{1#}	21,4±1,4	23,5±2,2	24,7±1,6
	Установление закономерностей Pattern establishment	21,8±2,4 [#]	23,3±1,5 ^{1#}	23,8±3,2 ^{1#}	25,2±2,2	28,3±3,1	28,7±1,3 ¹
II. Результаты исследования гена 5HT2A (n=453) II. 5HT2A gene study results, n=453							
Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/ субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group			Контрольная группа Control group		
		C/C	C/T	T/T	C/C	C/T	T/T
Исследование свойств внимания Study of attention characteristics							
Корректурная проба с кольцами Ландольта Landolt's rings visual acuity test	Скорость переработки зрительной информации, Q, бит/с Visual information processing rate, Q, bps	1,42±0,21 ^{2#}	1,33±0,17 ^{2#}	1,21±0,17 [#]	1,59±0,12 ²	1,52±0,19 ²	1,39±0,14
Методика Мюнстерберга Münsterberg's technique	Избирательность внимания, баллов Attention selectivity, points	22,6±1,8 ^{2#}	17,8±0,9 ²	15,9±1,4	25,2±1,6 ²	18,9±1,4 ²	16,9±1,7
Таблицы Шульте Schulte tables	Эффективность работы, с Performance efficiency, s	43,1±1,8 ^{2#}	46,2±1,5 [#]	47,9±2,1 [#]	34,9±2,2 ²	38,1±3,1 ²	42,4±2,5
Исследование нейродинамических свойств центральной нервной системы Study of the neurodynamic properties of the central nervous system							
Реакция на движущийся объект Reaction to a moving object	Количество точных реакций Number of exact reactions	12,1±0,5 ²	10,5±0,3 ²	9,1±0,4	15,1±0,4	13,4±0,5	10,9±0,7
	Количество опережающих реакций Number of antedating reactions	7,2±0,3 ²	7,6±0,8 ²	8,2±0,4	7,4±0,5	8,7±0,7	12,8±0,4
	Количество запаздывающих реакций Number of deferred reactions	12,9±0,3 ²	13,2±0,6 ²	7,8±0,8 [#]	7,6±0,4	8,2±0,6	8,9±0,7

Окончание таблицы 4 / End of the Table 4

Тест/батарея тестов Test/Test battery	Показатель/субтест Indicator/Subtest	Основная группа Main group			Контрольная группа Control group		
		C/C	C/T	T/T	C/C	C/T	T/T
	Длительность опережающих реакций, мс Duration of antedating reactions, ms	727,3±51,5 ²	751,3±54,3 ²	794,5±62,2	757,4±57,4	851,3±64,2	1146,2±71,3
	Длительность запаздывающих реакций, мс Duration of deferred reactions, ms	1037,40±73,22	1362,70±68,62	821,30±71,40	779,30±57,30	824,50±74,60	897,60±52,80
Простая зрительно-моторная реакция Simple visual-motor reaction	Скорость сенсомоторной реакции, мс Sensorimotor reaction speed, ms	247,50±8,72	252,90±9,22	254,30±11,50	226,70±9,70	221,80±9,62	217, 90±12,40
Исследование познавательных психических процессов Study of cognitive mental processes							
КР 3-85 KR 3-85	Аналогии Analogies	26,7±1,5 ^{2#}	23,9±1,2 ^{2#}	21,7±1,4 [#]	27,3±1,5 ²	26,1±1,5	24,5±1,4
	Числовые ряды Numerical series	24,2±0,3 ^{2#}	22,6±0,5 ^{2#}	21,5±0,7 [#]	27,4±0,7 ²	25,7±0,3	24,2±0,3
	Арифметический счёт Arithmetic count	18,4±0,5 ^{2#}	17,4±0,4 [#]	16,2±0,7 [#]	24,8±0,5 ²	22,3±0,6	19,7±0,3
	Установление закономерностей Pattern establishment	25,6±0,2 ^{2#}	25,2±0,4 ^{2#}	21,2±0,5 [#]	28,7±0,4 ²	27,3±0,7	24,2±0,5

¹ — различия относительно носителей генотипа 5HTT S/S, $p < 0,001$; ² — относительно носителей генотипа 5HT2A T/T, $p < 0,001$; [#] — относительно группы контроля с аналогичным генотипом, $p = 0,034$. U — критерий Манна–Уитни.

¹ — differences relative to carriers of the 5HTT S/S genotype, $p < 0,001$; ² — differences relative to carriers of the 5HT2A genotype T/T, $p < 0,001$; [#] — differences relative to the control group with the same genotype, $p = 0,034$. U — Mann–Whitney U-test.

По интерпретации методик РДО и ПЗМР, лучшая подвижность нервных процессов определялась у пожарных основной группы с генотипами C/C и C/T гена *5HT2A*. В то же время показатели нейродинамических свойств центральной нервной системы свидетельствуют об отсутствии статистически значимых различий в подвижности нервных процессов у лиц контрольной группы относительно пожарных с аналогичными генотипами гена *5HT2A*.

По интерпретации данных всех методик оценки внимания, представленных в табл. 5 (блок I), результаты анализа концентрации, объёма и устойчивости внимания свидетельствуют, что у пожарных с генотипом COMT Val/Val показатели были статистически значимо более высокими, чем у носителей генотипа COMT Met/Met. При этом показатели концентрации, объёма и устойчивости внимания

по всем методикам были статистически значимо выше у лиц группы контроля с аналогичным генотипом. Эти данные демонстрируют высокую степень стрессированности у пожарных, профессиональная деятельность которых связана с пожаротушением.

Анализ данных, представленных в табл. 5 (блок I), свидетельствует о ряде статистически значимых отличий по показателям методик оценки познавательных психических процессов у обследуемых с различными генотипами гена *COMT*. У пожарных показатели познавательных психических процессов были статистически значимо ниже или не имели статистически значимых различий относительно лиц с аналогичными генотипами из группы контроля. Среди пожарных — носителей генотипа COMT Met/Met — определялись статистически значимо более

Таблица 5. Показатели внимания, нейродинамических свойств центральной нервной системы и познавательных психических процессов в группах сравнения в зависимости от характера выполняемых профессиональных задач и генотипов генов *COMT*, *DRD1*, *M±σ*

Table 5. Indicators of attention, neurodynamic properties of the central nervous system, and cognitive mental processes in the comparison groups depending on the nature of the professional tasks performed and the genotypes of the *COMT*, *DRD1* genes, *M±σ*

I. Результаты исследования гена <i>COMT</i> (n=453) I. <i>COMT</i> gene study results, n=453							
Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group			Контрольная группа Control group		
		Met/Met	Val/Met	Val/Val	Met/Met	Val/Met	Val/Val
Исследование свойств внимания Study of attention characteristics							
Корректиру- ная проба с кольцами Ландольта Landolt's rings visual acuity test	Скорость перера- ботки зрительной информации, Q, бит/с Visual information processing rate, Q, bps	1,17±0,16 [#]	1,37±0,21 ^{1#}	1,39±0,28 ^{1#}	1,41±0,21	1,54±0,18 ¹	1,55±0,19 ¹
Методика Мюнстер- берга Münsterberg's technique	Избиратель- ность внимания, баллов Attention selectivity, points	15,3±1,8	19,4±1,3 ^{1#}	21,2±0,9 ^{1#}	17,6±1,5	23,2±1,3 ¹	24,6±1,7 ¹
Таблицы Шульте Schulte tables	Эффективность работы, с Performance efficiency, s	47,6±1,5 [#]	47,1±1,4 [#]	42,6±1,8 ^{1#}	41,9±2,3	41,2±2,7	35,7±1,8 ¹
Исследование нейродинамических свойств центральной нервной системы Study of the neurodynamic properties of the central nervous system							
Реакция на дви- жущийся объект Reaction to a moving object	Количество точных реакций Number of exact reactions	10,2±0,3	10,8±0,5	12,4±0,7 [#]	11,3±0,7	14,2±0,61	14,8±0,41
	Длительность опережающих реакций, мс Duration of antedating reactions, ms	735,4±62,7	715,7±51,71	782,3±56,31	878,5±64,3	732,1±61,4	712,2±58,61
	Длительность запаздывающих реакций, мс Duration of deferred reactions, ms	1254,3±53,2	1162,7±61,41	1051,6±59,71	1145,3±64,7	932,6±63,2	982,6±52,51
Простая зрительно- моторная реакция Simple visual- motor reaction	Скорость сенсомоторной реакции, мс Sensorimotor reaction speed, ms	249,8±14,5 [#]	249,2±12,3 [#]	245,5±9,81	231,7±12,7	225,3±11,6	221,4±16,31
Исследование познавательных психических процессов Study of cognitive mental processes							
КР 3-85 KR 3-85	Аналогии Analogies	22,8±1,5	24,2±1,4	24,5±1,6 ¹	24,2±1,2	25,8±1,3	26,3±1,5 ¹

Продолжение таблицы 5 / Continuation of the Table 5

Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group			Контрольная группа Control group		
		Met/Met	Val/Met	Val/Val	Met/Met	Val/Met	Val/Val
	Числовые ряды Numerical series	22,5±0,6	24,9±0,4	25,3±0,3 ¹	23,7±0,6	26,1±0,5	26,8±0,3 ¹
	Арифметический счёт Arithmetic count	15,3±0,5 [#]	18,6±0,2 ^{1#}	19,4±0,6 ^{1#}	17,2±0,4	25,3±0,6 ¹	26,4±0,5 ¹
	Вербальная память Verbal memory	22,3±0,5 [#]	25,8±0,5 ¹	27,6±0,7 ¹	29,1±0,5	27,6±0,3	26,7±0,7 ¹
	Установление закономерностей Pattern establishment	23,7±0,2 [#]	25,2±0,3	26,2±0,3 ¹	27,8±0,6	26,1±0,7	25,8±0,2 ¹

II. Результаты исследования гена *DRD1* (n=453)II. *DRD1* gene study results, n=453

Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group			Контрольная группа Control group		
		C/C	C/T	T/T	C/C	C/T	T/T

Исследование свойств внимания
Study of attention characteristics

Корректирующая проба с кольцами Ландольта Landolt's rings visual acuity test	Скорость переработки зрительной информации, Q, бит/с Visual information processing rate, Q, bps	1,28±0,16 [#]	1,32±0,14 [#]	1,33±0,17 [#]	1,49±0,16	1,51±0,12	1,52±0,14
Методика Мюнстер-берга Münsterberg's technique	Избирательность внимания, баллов Attention selectivity, points	17,6±1,7 [#]	18,2±1,5 [#]	18,9±0,4 [#]	19,3±1,3	21,1±1,6	21,9±1,4
Таблицы Шульте Schulte tables	Эффективность работы, с Performance efficiency, s	46,3±1,3 [#]	45,4±1,7 [#]	44,2±1,4 ^{2#}	40,3±2,6	39,7±2,4	38,7±1,5

Исследование нейродинамических свойств центральной нервной системы
Study of the neurodynamic properties of the central nervous system

Реакция на движущийся объект Reaction to a moving object	Количество точных реакций Number of exact reactions	11,2±0,3	11,4±0,4 [#]	11,7±0,3 [#]	12,5±0,7	13,2±0,5	14,2±0,3
	Количество опережающих реакций Number of antedating reactions	7,9±0,5 [#]	8,2±0,6 [#]	8,6±0,6 [#]	7,3±0,4	7,5±0,3	7,1±0,4
	Длительность опережающих реакций, мс Number of antedating reactions	794,6±58,2	816,4±56,5 [#]	872,1±59,4 [#]	742,6±61,7	761,4±66,8	714,7±51,2

Окончание таблицы 5 / End of the Table 5

Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group			Контрольная группа Control group		
		C/C	C/T	T/T	C/C	C/T	T/T
Простая зрительно-моторная реакция Simple visual-motor reaction	Скорость сенсомоторной реакции, мс Sensorimotor reaction speed, ms	248,5±13,7 [#]	248,1±12,4 [#]	247,2±11,3 [#]	227,8±12,7	227,4±11,6	226,3±14,3
Исследование познавательных психических процессов Study of cognitive mental processes							
КР 3-85 KR 3-85	Аналогии Analogies	20,6±0,3 [#]	25,1±0,4 ^{2#}	25,8±0,2 ^{2#}	22,8±1,4	27,2±1,6 ²	27,9±1,8 ²
	Числовые ряды Numerical series	23,2±1,3 [#]	24,3±1,4 [#]	24,8±1,2 ^{2#}	25,9±0,6	26,2±0,7	26,4±0,5
	Зрительная память Visual memory	21,4±0,3	26,2±0,5 ²	27,7±0,6 ²	21,3±0,3	28,4±0,4 ²	29,2±0,5 ²
	Образное мышление Image thinking	23,9±0,5	29,3±0,2 ²	29,8±0,3 ²	23,1±0,4	29,6±0,3 ²	29,2±0,5 ²
	Арифметический счет Arithmetic count	16,9±0,4	17,2±0,3 ^{2#}	17,6±0,6 ^{2#}	21,8±0,4	22,7±0,6	23,1±0,3
	Вербальная память Verbal memory	21,4±0,4	28,2±0,3 ²	28,6±0,4 ²	23,4±0,5	28,9±0,2 ²	29,2±0,7 ²
	Установление закономерностей Pattern establishment	19,8±0,8	27,9±0,4 ²	28,3±0,5 ²	21,2±0,7	28,1±0,3 ²	29,1±0,5 ²

¹ — различия значений относительно носителей генотипа COMT Met/Met, $p < 0,001$; ² — относительно носителей генотипа DRD1 C/C, $p < 0,001$; [#] — относительно группы контроля с аналогичным генотипом, $p = 0,041$. U — критерий Манна-Уитни.

¹ — differences relative to carriers of the COMT Met/Met genotype, $p < 0.001$; ² — differences relative to carriers of the DRD1 C/C genotype, $p < 0.001$; [#] — differences relative to the control group with the same genotype, $p = 0.041$.

U — Mann-Whitney U-test.

низкие показатели относительно пожарных с генотипом COMT Val/Val (за исключением показателей методик «Зрительная память» и «Образное мышление»). В то же время у лиц контрольной группы показатели познавательных психических процессов различались в зависимости от полиморфных вариантов гена *COMT*. Так, результаты исследования функций логического мышления, памяти и внимания, полученные при тестировании по субтестам «Установление закономерностей» и «Вербальная память», были статистически значимо выше у носителей генотипа COMT Met/Met. В то же время показатели, полученные при тестировании по субтестам «Аналогии», «Числовые ряды» и «Арифметический счёт», были статистически значимо выше у носителей генотипа COMT Val/Val.

Анализ показателей нейродинамических свойств центральной нервной системы у пожарных основной группы в зависимости от полиморфных вариантов гена *COMT* в сравнении с лицами контрольной группы, профессиональная деятельность которых не связана

с каждодневным стрессом, свидетельствует о некотором снижении подвижности нервных процессов. Статистически значимые различия получены только по количеству точных реакций в методике РДО и по скорости сенсомоторной реакции в методике ПЗМР. На снижение подвижности нервных процессов также влияет носительство генотипа COMT Met/Met. По интерпретации методик РДО и ПЗМР, лучшая подвижность нервных процессов статистически значимо определялась в группе контроля с генотипом COMT Val/Val, среди пожарных статистически значимые отличия определялись только по длительности опережающих и запаздывающих реакций в методике РДО и скорости сенсомоторной реакции в методике ПЗМР.

Результаты анализа оценки внимания, представленные в табл. 5 (блок II), свидетельствуют, что у пожарных показатели свойств внимания были статистически значимо ниже, чем у лиц контрольной группы с соответствующими генотипами. В то же время изменений уровня

Таблица 6. Отдельные показатели по методикам оценки внимания, нейродинамических свойств центральной нервной системы и познавательных психических процессов в зависимости от характера выполняемых профессиональных задач и генотипов генов, $M \pm \sigma$
Table 6. Some indicators of methods for assessing attention, neurodynamic properties of the central nervous system, and cognitive mental processes, depending on the nature of the professional tasks performed and gene genotypes, $M \pm \sigma$

Тест Test	Показатели Indicators	Основная группа Main group		Контрольная группа Main group	
		Подгруппа 2 Subgroup 2 (n=60)	Подгруппа 1 Subgroup 1 (n=54)	Подгруппа 2 Subgroup 2 (n=57)	Подгруппа 1 Subgroup 1 (n=52)
Корректурная проба с кольцами Ландольта Landolt's rings visual acuity test	Скорость переработки зрительной информации, Q, бит/с Visual information processing rate, Q, bps	1,12±0,13*	1,54±0,12 [#]	1,35±0,14	1,57±0,14 [#]
Реакция на движущийся объект Reaction to a moving object	Количество точных реакций Number of exact reactions	8,6±0,3*	14,2±0,8 [#]	12,1±0,5	15,3±0,7 [#]
КР 3-85 KR 3-85	Числовые ряды Numerical series	20,4±0,5*	25,4±0,4 [#]	23,72±0,6	27,1±0,4 [#]
	Арифметический счёт Arithmetic count	15,2±0,6*	19,1±0,5* [#]	17,8±0,7	26,2±0,6 [#]

* различия значений относительно носителей аналогичной подгруппы контрольной группы, $p=0,037$; [#] относительно подгруппы 2 аналогичной группы, $p < 0,001$. U — критерий Манна–Уитни.
* — differences relative to carriers of a similar subgroup of the control group, $p=0.037$; [#] — differences relative to subgroup 2 of the similar group, $p < 0.001$. U — Mann–Whitney U-test.

внимания в зависимости от полиморфных вариантов гена *DRD1* не наблюдается.

Анализ познавательных психических процессов в зависимости от характера выполняемых профессиональных задач и полиморфных вариантов гена *DRD1* свидетельствует о ряде статистически значимых отличий по показателям методик оценки познавательных психических процессов у обследуемых с различными генотипами гена *DRD1*. Результаты исследования функций логического мышления, памяти и внимания, полученные при тестировании по субтестам «Аналогии», «Числовые ряды», «Арифметический счёт», у пожарных были статистически значимо ниже относительно лиц с аналогичными генотипами из группы контроля. Среди пожарных в группах носителей генотипов *DRD1 T/T* и *DRD1 C/T* определялись статистически значимо более высокие показатели по всем методикам батареи тестов относительно пожарных с генотипом *DRD1 C/C*. Среди лиц контрольной группы показатели, полученные по результатам тестирования по субтестам «Аналогии», «Зрительная память», «Образное мышление», «Вербальная память» и «Установление закономерностей», также были статистически значимо выше у носителей генотипов *DRD1 T/T* и *DRD1 C/T*.

Результаты анализа подвижности нервных процессов свидетельствуют, что у пожарных показатели РДО и ПЗМР статистически значимо ниже, чем у лиц контрольной группы с соответствующими генотипами. В то же время изменений нейродинамических свойств центральной нервной

системы в зависимости от полиморфных вариантов гена *DRD1* не наблюдается.

Результаты третьего этапа исследования — анализ отдельных показателей (табл. 6) — свидетельствуют, что анализируемые показатели внимания, нейродинамических свойств центральной нервной системы и уровня логического математического мышления в подгруппе 1 основной группы с генотипами генов-регуляторов моноаминовой системы головного мозга были статистически значимо выше результатов, полученных в подгруппе 2 основной группы, а также показывают отсутствие статистически значимых различий относительно лиц с аналогичными генотипами из группы контроля. В то же время показатели оперативной и кратковременной памяти при исследовании функций логического мышления с помощью субтеста «Арифметический счёт» в подгруппе 1 основной группы были статистически значимо ниже, чем в контрольной группе с аналогичными генотипами. Необходимо также отметить, что по всем проанализированным показателям у лиц подгруппы 2 основной группы выявлены статистически значимые различия в сравнении с носителями аналогичных генотипов контрольной группы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов первого этапа исследования показал снижение функций познавательных психических процессов, нейродинамических свойств центральной

нервной системы, объёма, концентрации и устойчивости внимания у пожарных при длительной работе по специальности в сравнении как с аналогичной по стажу группой контроля, так и с пожарными со стажем работы 1 год. Необходимо также отметить, что статистически значимых различий в группах сравнения со стажем работы 1 год не установлено.

Данные, полученные рядом авторов [3, 11], свидетельствуют о важной роли метаболизма серотонина в регуляции эмоциональных реакций человека. Расположенный в гене *SLC6A4* ген *5HTT* кодирует белок-переносчик серотонина [8, 33]. Полиморфизм гена-транспортера серотонина, выраженный tandemными повторами (VNTR) в промоторном регионе гена, характеризуется повторяющимися последовательностями; короткий аллель S несет 14 повторов, а длинный L-аллель — 16 повторов. Короткий аллель S ассоциирован с меньшей степенью транскрипции, что сопровождается более низкой экспрессией белка-транспортера серотонина на пресинаптической мембране, чем длинный аллель L. Некоторые источники [35] свидетельствуют, что при экстремальных физических нагрузках носители аллеля S характеризуются лучшей подвижностью нервных процессов, но при этом устойчивость нейродинамических свойств центральной нервной системы у них ниже, чем у носителей аллеля L. Гомозиготные носители аллеля S в большей степени подвержены формированию посттравматического стрессового расстройства, при этом они отличаются меньшим уровнем агрессии и тревожности, чем носители аллеля L [35].

Ген *5HT2A*, расположенный на 13-й хромосоме, кодирует рецептор серотонина 2A, участвующий в контроле терморегуляции, циркадных ритмов, деятельности кардиоваскулярной системы и регуляции механизмов мышечных сокращений. Наиболее изучен полиморфизм T102C, представленный однонуклеотидной заменой (SNP) T/C в положении 102. Полиморфизм C102T является наиболее значимым для исследования в связи с ассоциацией аллеля *5HT2A* T с повышенной экспрессией гена, что проявляется повышенной агрессией, высокой утомляемостью при физических нагрузках, в то же время аллель *5HT2A* T ассоциирован с лучшей продуктивностью кратковременной памяти [36].

Ген *COMT*, расположенный на 22-й хромосоме в локусе q11, кодирует катехол-О-метилтрансферазу — цитоплазматический фермент, участвующий в распаде моноаминов головного мозга [37]. В литературных источниках [37–39] отмечается, что некоторые полиморфизмы связаны с нарушениями регуляции дофаминергической системы мозга, формированием когнитивной дисфункции и с рядом психических заболеваний. Известно более чем 134 SNP полиморфизмов гена *COMT*. Большинство этих полиморфизмов находятся в интронах, поэтому не проявляются фенотипически, из-за чего мало изучены. Наиболее изучен полиморфизм rs4680, который связан с заменой валлина на метионин в аминокислотной последовательности

белка в положении 158 мембраносвязанной (Val158Met) [38]. Результаты, полученные рядом исследователей [40], свидетельствуют о снижении активности фермента у носителей аллеля Met, что приводит к повышению концентрации дофамина в префронтальной коре. Частота встречаемости аллеля Met для популяции европейской части России составляет 52%. По мнению авторов [38], аллель Val ассоциирован с высокой стрессоустойчивостью, в то время как носители аллеля Met демонстрируют лучшие показатели в решении когнитивных задач при спокойной обстановке. Другие авторы [39] отмечают, что при влиянии физических нагрузок и стрессогенных факторов, наоборот, носители генотипа Val/Val демонстрируют большую когнитивную гибкость при неизменной рабочей памяти.

Дофамин, гормон и нейромедиатор, обеспечивающий когнитивные функции и отвечающий за чувство удовольствия, любви и привязанности, называют «молекулярным пряником» из-за его связи с формированием целенаправленного поведения. Дофаминовые рецепторы разделяют на 5 главных подтипов, к которым относят рецепторы D1, D2, D3, D4 и D5. Представленные 5 подтипов по фармакогенетическому механизму делят на D1-подобные, к которым относят рецепторы D1 и D5, и D2-подобные (D2, D3, D4). Различие в механизмах обусловлено тем, что D1-подобные рецепторы активируют аденилатциклазу, а рецепторы группы D2, наоборот, ингибируют.

Расположенный на 5-й хромосоме в локусе q35.1 ген *DRD1* кодирует белок подтипа D1 дофаминового рецептора, который стимулирует аденилатциклазу и киназы цАМФ [40]. Наиболее изученным SNP полиморфизмом rs686 является замена C/T. Хронический стресс способен уменьшать экспрессию D1-рецепторов, что может приводить к нарушениям нервно-эмоциональной регуляции и влиять на когнитивные способности за счёт снижения экспрессии ряда нейропластических факторов. Авторы [40] отмечают ассоциированные с поведенческими расстройствами мутации гена *DRD1*. По их мнению, существует взаимосвязь мутаций гена *DRD1* и возникновения патологических аддикций, проявляющихся никотиновой, кокаиновой и алкогольной зависимостью, а также вовлечением в этиологию различных психоневрологических заболеваний. Есть мнение о связи мутаций гена *DRD1* с регуляцией артериального давления и формированием атеросклероза [41, 42].

Расположенный на 11-й хромосоме ген *DRD2* кодирует и регулирует экспрессию белка дофаминового рецептора второго типа (D2-рецептор), который в сопряжении с G-белками ингибирует аденилатциклазу под воздействием дофамина и принимает участие в регуляции процессов синтеза и высвобождения дофамина. Его стимуляция приводит к торможению передачи нервного импульса в симпатических ганглиях, снижая выделение дофамина и норадреналина из симпатических окончаний.

На регуляцию экспрессии гена *DRD2* оказывает влияние ген *ANKK1*, локализующийся с ним рядом. Полиморфизм гена *ANKK1* (TaqI A), в котором цитозин (C) заменяется на тимин (T) — генетический маркер C2137T, в результате чего происходит замена аминокислоты глутамин на лизин (Glu713Lys) в позиции 713 аминокислотной последовательности белка ANKK1 (dopamine D2 receptor TaqIA C > T polymorphism), определяет плотность рецепторов дофамина второго типа в синаптической щели. Основной аллель гена *ANKK1* с азотистым основанием C обозначается как A2 или по названию аминокислоты Glu, а изменённый аллель T — как A1 или Lys. Результаты исследования [41] свидетельствуют о снижении сродства рецепторов к дофамину у носителей аллеля Lys, при этом плотность дофаминовых рецепторов D2 во всех участках полосатого тела снижается на 30%, что влияет на поведение человека при стрессовых ситуациях.

Результаты, полученные с помощью молекулярно-генетического анализа для носителей различных генотипов 5 кандидатных генов, показали следующее.

Пожарные — носители генотипов 5HTT L/L, 5HT2A C/C, COMT Val/Val, DRD2/ANKK1 Glu/Glu — отличаются статистически значимо более высокими показателями внимания, чем пожарные — носители генотипов 5HTT S/S, 5HT2A T/T, COMT Met/Met, DRD2/ANKK1 Lys/Lys. При этом у лиц группы контроля с аналогичным генотипом показатели внимания по всем методикам были статистически значимо выше. Необходимо отметить, что изменений уровня внимания в зависимости от полиморфных вариантов гена DRD1 не наблюдалось.

По интерпретации методик РДО и ПЗМР, лучшая подвижность нервных процессов определялась в основных группах носителей генотипов 5HTT L/L, DRD2/ANKK1 Glu/Glu, 5HT2A C/C и 5HT2A C/T, по отдельным показателям — в основных группах носителей генотипов COMT Val/Val. Изменений нейродинамических свойств центральной нервной системы в зависимости от полиморфных вариантов гена DRD1 не наблюдалось. В то же время показатели нейродинамических свойств центральной нервной системы свидетельствовали о лучшей подвижности нервных процессов у лиц из группы контроля относительно пожарных с аналогичными генотипами генов 5HTT, DRD2/ANKK1, DRD1, по отдельным показателям — гена COMT. Необходимо отметить отсутствие статистически значимых различий в подвижности нервных процессов у исследуемых контрольной группы относительно пожарных с аналогичными генотипами гена 5HT2A.

Данные анализа познавательных психических процессов свидетельствуют, что по результатам тестирования с применением батареи тестов КР 3-85 оцениваемые показатели были статистически значимо выше у пожар-

ных — носителей генотипов 5HTT L/L, 5HT2A C/C, DRD2/ANKK1 Glu/Glu и Glu/Lys, DRD1 T/T и DRD1 C/T, COMT Val/Val (по большинству субтестов), но статистически значимо ниже, чем в контрольной группе с аналогичными генотипами (по отдельным субтестам).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют о целесообразности практического применения исследований генов 5HTT, 5HT2A и DRD2/ANKK1. Изменений уровня внимания и нейродинамических свойств центральной нервной системы в зависимости от полиморфных вариантов гена DRD1 не наблюдалось, а показатели познавательных психических процессов у лиц контрольной и основной групп различались в зависимости от полиморфных вариантов гена COMT.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

Вклад авторов. В.Е. Крийт — концепция и дизайн исследования, получение и анализ данных; М.В. Санников — анализ данных и подготовка первого варианта статьи; А.Б. Гудков — интерпретация данных, окончательное утверждение присланной в редакцию рукописи; Ю.Н. Сладкова — анализ данных и подготовка первого варианта статьи; А.Н. Никанов — анализ и интерпретация данных; А.О. Пятибрат — анализ данных, подготовка окончательного варианта статьи. Все авторы внесли существенный вклад в планирование и проведение исследования, анализ и интерпретацию результатов, подготовку рукописи и публикацию статьи.

Authors' contributions. V.E. Kriyt made a significant contribution to the concept and design of the study, data acquisition and analysis; M.V. Sannikov participated in the data analysis and preparation of the initial draft of the article; A.B. Gudkov took part in the data interpretation, approved finally the manuscript sent to the editorial office; Yu.N. Sladkova participated in the data analysis and preparation of the initial draft of the article; A.N. Nikanov made a significant contribution to the data analysis and interpretation; A.O. Pyatibrat participated in data analysis, and preparation of the final version of the article. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have contributed significantly to the development of the concept, research, and preparation of the article, read, and approved the final version before publication).

Финансирование исследования. Исследование не имело финансовой поддержки.

Funding. The study had no external funding.

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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексанин С.С., Санников М.В., Астафьев О.М. Медицинские последствия влияния производственных факторов на пожарных // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2008. № 3. С. 158–160.
2. Дранников А.А., Мандрыка В.С., Бутенко Ю.Л. Методы корректировки психологического состояния пожарного при тушении пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 2. С. 136–139.
3. Карапетян Л.В. Психологические детерминанты профессиональной успешности спасателей МЧС России // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2019. № 3. С. 106–115. doi: 10.25016/2541-7487-2019-0-3-106-115
4. Фуфаева И.Г., Гудилина В.А. Анализ влияния стресса на развитие соматогенной патологии у пожарных-спасателей МЧС // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2019. № 1. С. 274–278.
5. Картавенко М.В., Чекина А.Д. Определение уровней психоэмоциональной напряженности и стресса // Известия ЮФУ. Технические науки. 2008. № 6. С. 80–83.
6. Панин Л.Е., Соколов В.П. Психосоматические взаимоотношения при хроническом эмоциональном напряжении. Новосибирск : Новосибирское отделение издательства «Наука», 1981. 179 с.
7. Кошкарлов В.С., Трошунин А.В. Влияние стресс-факторов на психику пожарных // I международная научная конференция «Актуальные вопросы современной психологии»; март 20–23, 2011; Челябинск. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25405003&selid=25405319>.
8. Чермянин С.В., Решетников М.М., Корзунин В.А. Динамика процессов адаптации у военнослужащих — участников боевых действий // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы повышения работоспособности и восстановления здоровья военнослужащих и гражданского населения в условиях чрезвычайных ситуаций»; Декабрь 6–7, 2006; Санкт-Петербург : ВМедА.
9. Черкесов В.В., Ермак В.А. Профессионально-важные качества пожарных-спасателей МЧС // Вестник гигиены и эпидемиологии. 2020. Т. 24, № 2. С. 207–209.
10. Han M., Park S., Park J.H., et al. Do police officers and firefighters have a higher risk of disease than other public officers? A 13-year nationwide cohort study in South Korea // BMJ Open. 2018. Vol. 8, N 1. P. e019987. doi: 10.1136/bmjopen-2017-019987
11. Marco T., Marco C.M., Aristide S. Stress, psychological disease, psychological well-being and personality in Italian firefighters compared to other working categories // Cogent Psychology. 2021. Vol. 8, N 1. P. 1–20. doi: 10.1080/23311908.2021.1912249
12. Северов Н.В., Байков А.В., Носков С.С., и др. Основы спасательной робототехники. Химки : АГЗ МЧС РФ, 2017. 99 с.
13. Кондаурова О.П., Горбунова Я.А. Особенности показателей стрессоустойчивости у сотрудников государственной противопожарной службы МЧС России // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 62. С. 72–75. doi: 10.18411/lj-06-2020-446
14. Куликова Т.И. Влияние профессионального стресса на психическое здоровье специалистов пожарной службы МЧС // Научно-методический электронный журнал Концепт. 2017. № Т43. С. 34–38.
15. Паниотова Д.Ю., Красавин Н.Э. К вопросу об особенностях стресса и стрессоустойчивости пожарных // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 2. С. 312–314.
16. Тимчук И.А., Соколов К.Е. Стрессовые состояния пожарных // Научный электронный журнал Меридиан. 2019. № 15. С. 495–497.
17. Травникова Е.Е. Уровень адаптивности и нервно-психическая устойчивость у пожарных на примере сотрудников пожарной службы ФГКУ «2 отряд ФПС» (по Приморскому краю) // Молодой ученый. 2016. № 11. С. 1785–1790.
18. Линдлей П. Государственные и международные подходы к стандартам качества в тестировании: позиция Великобритании // Вестник ЮУрГУ. Серия «Психология». 2011. № 18. С. 60–65.
19. Бертрам Д. Стандарты тестов, квалификация и сертификация пользователей тестов // Психология. Психофизиология. 2011. № 5. С. 15–24.
20. Kwaske I., Morris S. The validity of individual psychological assessments for entry-level police and firefighter positions // Personnel assessment and decisions. 2015. Vol. 1, N 1. P. 18–29. doi: 10.25035/pad.2015.003
21. Барташ В.А. Пути повышения эффективности системы профессионального отбора сотрудников спецподразделений силовых структур // Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур. 2012. № 5. С. 18.
22. Гусева И. В. Психологические детерминанты успешности профессиональной деятельности пожарных МЧС // European Social Science Journal. 2016. № 8. С. 237–239.
23. Гудков А.Б., Небученных А.А., Попова О.Н. Показатели деятельности сердечно-сосудистой системы у военнослужащих учебного центра Военно-морского флота России в условиях Европейского Севера // Экология человека. 2008. № 1. С. 39–43.
24. Дерягина Л.Е., Цыганок Т.В., Рувинова Л.Г., Гудков А.Б. Психофизиологические свойства личности и особенности регуляции сердечного ритма под влиянием трудовой деятельности // Медицинская техника. 2001. Т. 35, № 3. С. 40–44.
25. Рыбников В.Ю., Бобрищев А.А., Голуб Я.В., и др. Аудиовизуальная коррекция функционального состояния спортсменов: теория и практика. Санкт-Петербург : Политехника-сервис, 2009. 48 с.
26. Бруннер Е.Ю. Новые возможности диагностики внимания по корректурной пробе на основе офтальмологических колец Е. Ландольта // Проблемы современного педагогического образования. 2015. № 48. С. 364–372.
27. Дьяконов И.Ф., Овчинников Б.В. Психологическая диагностика в практике врача. Санкт-Петербург : СпецЛит, 2008. 143 с.
28. Решетников М.М., Кулагин Б.В. Исследование общего уровня развития познавательных психических процессов // Ленинград : ВМедА, 1987.

29. Ларионова О.В., Дравица Л.В. Нейродинамические показатели сенсомоторного реагирования детей младшего школьного возраста с ортофорией и гетеротропией // Проблемы здоровья и экологии. 2020. № 2. С. 85–90.
30. Розенталь С.Г., Яковлев А.В., Яфарова Г.Г. Практикум по дифференциальной психофизиологии. Казань : Казанский университет, 2015. 84 с.
31. Фамильникова Н.В., Полевщиков М.М., Роженцов В.В. Оценка точности реакции человека на движущийся объект // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 2. Часть 1. С. 176–179.
32. Халфина Р.Р., Галин М.Р., Минуллин А.З. Психофизиологические особенности сенсомоторных качеств сотрудников, обеспечивающих государственную защиту // Успехи современного естествознания. 2014. № 11. С. 99–102.
33. Игнатова Ю.П., Макарова И.И., Яковлева К.Н., Аксенова А.В. Зрительно-моторные реакции как индикатор функционального состояния центральной нервной системы // Ульяновский медико-биологический журнал. 2019. № 3. С. 38–51. doi: 10.34014/2227-1848-2019-3-38-51
34. Унгуряну Т.Н., Гржибовский А.М. Сравнение трех и более независимых групп с использованием непараметрического критерия Краскела–Уоллиса в программе STATA // Экология человека. 2014. Т. 21, № 6. С. 55–58. doi: 10.17816/humeco17232
35. Murdoch J.D., Speed W.C., Pakstis A.J., et al. Worldwide population variation and haplotype analysis at the serotonin transporter gene SLC6A4 and implications for association studies // Biol Psychiatry. 2013. Vol. 74, N 12. P. 879–889. doi: 10.1016/j.biopsych.2013.02.006
36. Sigmund J.C., Vogler C., Huynh K.D., et al. Fine-mapping at the HTR2A locus reveals multiple episodic memory-related variants // Biol Psychol. 2008. Vol. 79, N 2. P. 239–242. doi: 10.1016/j.biopsycho.2008.06.002
37. Hosák L. Role of the COMT gene Val158Met polymorphism in mental disorders: a review // Eur Psychiatry. 2007. Vol. 22, N 5. P. 276–281. doi: 10.1016/j.eurpsy.2007.02.002
38. Ronkainen P., Pöllänen E., Törmäkangas T., et al. Catechol-O-methyltransferase gene polymorphism is associated with skeletal muscle properties in older women alone and together with physical activity // PLoS One. 2008. Vol. 3, N 3. P. e1784. doi: 10.1371/journal.pone.0001819
39. Papaleo F., Crawley J.N., Song J., et al. Genetic dissection of the role of catechol-O-methyltransferase in cognition and stress reactivity in mice // J Neurosci. 2008. Vol. 28, N 35. P. 8709–8723. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2077-08.2008
40. Jiménez K.M., Pereira-Morales A.J., Forero D.A. A functional polymorphism in the DRD1 gene, that modulates its regulation by miR-504, is associated with depressive symptoms // Psychiatry Investig. 2018. Vol. 15, N 4. P. 402–406. doi: 10.30773/pi.2017.10.16.1
41. Krushkal J., Xiong M., Ferrell R., et al. Linkage and association of adrenergic and dopamine receptor genes in the distal portion of the long arm of chromosome 5 with systolic blood pressure variation // Hum Mol Genet. 1998. Vol. 7, N 9. P. 1379–1383. doi: 10.1093/hmg/7.9.1379
42. Yasunari K., Kohno M., Kano H., et al. Anti-atherosclerotic action of vascular D1 receptors // Clin Exp Pharmacol Physiol Suppl. 1999. N 26. P. 36–40.

REFERENCES

1. Aleksanin SS, Sannikov MV, Astaf'ev OM. Medical consequences of occupational factors influence for firefighters. *Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii [Bulletin of the Russian military medical academy]*. 2008;(3):158–160. (In Russ).
2. Drannikov AA, Mandryka VS, Butenko YL. Methods for adjusting the psychological state of a firefighter during fire-fighting and emergency response. *Pozharnaya i tekhnosfernaya bezopasnost': problemy i puti sovershenstvovaniya [Civil defence academy journal]*. 2020;(2):136–139. (In Russ).
3. Karapetyan LV. Psychological determinants of professional success of rescuers of emercom of Russia. *Medico-biological and socio-psychological problems of safety in emergency situations*. 2019;(3):106–115. (In Russ). doi: 10.25016/2541-7487-2019-0-3-106-115
4. Fufaeva IG, Gudilina VA. Analysis of the stress effect on the development of somatogenic pathology in firemen-rescuers of emercom DPR. *Pozharnaya i tekhnosfernaya bezopasnost': problemy i puti sovershenstvovaniya [Civil defence academy journal]*. 2019;(1):274–278. (In Russ).
5. Kartavenko MW, Chekina AD. Definition of levels psychoemotional of intensity and stress. *Izvestiya SFedU. Engineering sciences*. 2008;(6):80–83. (In Russ).
6. Panin LE, Sokolov VP. *Psychosomatic relationships in chronic emotional stress*. Novosibirsk: Novosibirskoe otделение izdatel'stva «Nauka»; 1981. 179 p. (In Russ).
7. Koshkarov VS, Troshunin AV. *The influence of stress factors on the psyche of firefighters*. In: International scientific conference "Topical issues of contemporary psychology". 2011 March 20–23; Chelyabinsk. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25405003&selid=25405319>. (In Russ).
8. Chermeyanin SV, Reshetnikov MM, Korzunin VA. *The dynamics of adaptation processes among military personnel — participants in hostilities*. In: All-Russian scientific and practical conference "Topical issues of increasing the working capacity and recovering the health of servicemen and civilians in emergency situations"; 2006 Dec 6–7; Saint Petersburg: VMedA. (In Russ).
9. Cherkesov VV, Ermak VA. Professionally important qualities fire and rescue workers of the ministry of emergency situations. *Bulletin of hygiene and epidemiology*. 2020;24(2):207–209. (In Russ).
10. Han M, Park S, Park JH, et al. Do police officers and firefighters have a higher risk of disease than other public officers? A 13-year nationwide cohort study in South Korea. *BMJ Open*. 2018;8(1):e019987. doi: 10.1136/bmjopen-2017-019987
11. Marco T, Marco CM, Aristide S. Stress, psychological disease, psychological well-being and personality in Italian firefighters compared to other working categories. *Cogent Psychology*. 2021;8(1):1–20. doi: 10.1080/23311908.2021.1912249
12. Severov NV, Baikov AV, Noskov SS, et al. *Rescue robotics fundamentals*. Himki: AGZ MCHS RF; 2017. 99 p. (In Russ).

13. Kondaurova OP, Gorbunova YaA. Features of stress resistance indicators among employees of the state fire service EMERCOM of Russia. *Trends in the development of science and education*. 2020;(62):72–75. (In Russ). doi: 10.18411/lj-06-2020-446
14. Kulikova TI. The impact of occupational stress on the mental health of fire department specialists of the Ministry of Emergency Situations. *The periodical scientific and methodological electronic journal "Koncept"*. 2017;(T43):34–38. (In Russ).
15. Paniotova DU, Krasavin NA. To the issue of stress and stress resistance of firefighters. *Pozharnaya i tekhnosfernaya bezopasnost': problemy i puti sovershenstvovaniya [Civil defence academy journal]*. 2020;(2):312–314. (In Russ).
16. Timchuk IA, Sokolov KE. Stress states of firemen. *Scientific electronic journal Meridian*. 2019;(15):495–497. (In Russ).
17. Travnikova EE. The level of adaptability and neuropsychic stability in firefighters by the example of the fire service employees of the FGKU "2nd detachment of the FPS" (across the Primorsky Territory). *Young Scientist*. 2016;(11):1785–1790. (In Russ).
18. Lindley P. National and international approaches to quality standards in testing: position of Great Britain. *Bulletin of the South Ural state university. Series "Psychology"*. 2011;(18):60–65.
19. Bartram D. Test standards, test user qualification and certification. *Psychology. Psychophysiology*. 2011;(5):15–24. (In Russ).
20. Kwaskie I, Morris S. The validity of individual psychological assessments for entry-level police and firefighter positions. *Personnel assessment and decisions*. 2015;1(1):18–29. doi: 10.25035/pad.2015.003
21. Bartash VA. Ways to improve the efficiency of the system of professional selection of employees of special forces of power structures. *Actual problems of physical and special training of law enforcement agencies*. 2012;(5):18. (In Russ).
22. Guseva IV. Psychological determinants if the professional activity of emercom firemen. *European Social Science Journal*. 2016;(8):237–239. (In Russ).
23. Gudkov AB, Nebuchennykh AA, Popova ON. Indices of cardiovascular system activity in military men from Russian navy training center in conditions of European North. *Ekologiya cheloveka [Human ecology]*. 2008;(1):39–43. (In Russ).
24. Deryagina LE, Tsyganok TV, Ruvinova LG, Gudkov AB. Psychophysiological traits of personality and specific features of cardiac rhythm regulation during occupational activity. *Biomedical Engineering*. 2001;35(3):166–170. (In Russ).
25. Rybnikov VYu, Bobrishchev AA, Golub YaV, et al. *Audiovisual correction of the functional state of athletes: theory and practice*. Saint Petersburg: Politehnika-servis; 2009. 48 p. (In Russ).
26. Brunner EY. New opportunities for the attention diagnostics with the help of a proof-reading test based on e.landolt's ophthalmological rings. *Problems of modern pedagogical education*. 2015;(48):364–372. (In Russ).
27. D'yakov IF, Ovchinnikov BV. *Psychological diagnostics in the practice of a doctor*. Saint Petersburg: SpecLit; 2008. 143 p. (In Russ).
28. Reshetnikov MM, Kulagin BV. *Study of the general level of development of cognitive mental processes*. Leningrad: VMedA; 1987. (In Russ).
29. Larionova OV, Dravitsa LV. Neurodynamic indicators of the sensorimotor response of primary school age children with orthophoria and heterotropia. *Health and ecology issues*. 2020;(2):85–90. (In Russ).
30. Rozental' SG, YAKovlev AV, YAFarova GG. *Workshop on differential psychophysiology*. Kazan': Kazanskij universitet; 2015. 84 p. (In Russ).
31. Familnikova NV, Polevshchikov MM, Rozhentsov VV. Accuracy evaluation of a human's reaction to a moving object. *Modern high technologies*. 2016;(2Pt 1):176–179. (In Russ).
32. Khalfina RR, Galin MR, Minullin AZ. Physiological characteristics of sensorimotor skills of the employees providing state protection. *Advances in current natural sciences*. 2014;11:99–102. (In Russ).
33. Ignatova YuP, Makarova II, Yakovleva KN, Aksenova AV. Visual-motor reactions as an indicator of cns functional state. *Ulyanovsk medico-biological journal*. 2019;(3):38–51. (In Russ). doi: 10.34014/2227-1848-2019-3-38-51
34. Unguryanu TN, Grzhibovskij AM. Comparison of three or more independent groups using the nonparametric Kruskal–Wallis test in the STATA program. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2014;21(6):55–58. (In Russ). doi: 10.17816/humeco17232
35. Murdoch JD, Speed WC, Pakstis AJ, et al. Worldwide population variation and haplotype analysis at the serotonin transporter gene SLC6A4 and implications for association studies. *Biol Psychiatry*. 2013;74(12):879–889. doi: 10.1016/j.biopsych.2013.02.006
36. Sigmund JC, Vogler C, Huynh KD, et al. Fine-mapping at the HTR2A locus reveals multiple episodic memory-related variants. *Biol Psychol*. 2008;79(2):239–242. doi: 10.1016/j.biopsycho.2008.06.002
37. Hosák L. Role of the COMT gene Val158Met polymorphism in mental disorders: a review. *Eur Psychiatry*. 2007;22(5):276–81. doi: 10.1016/j.eurpsy.2007.02.002
38. Ronkainen PH, Pöllänen E, Törmäkangas T, et al. Catechol-o-methyltransferase gene polymorphism is associated with skeletal muscle properties in older women alone and together with physical activity. *PLoS One*. 2008;3(3):e1819. doi: 10.1371/journal.pone.0001819
39. Papaleo F, Crawley JN, Song J, et al. Genetic dissection of the role of catechol-O-methyltransferase in cognition and stress reactivity in mice. *J Neurosci*. 2008;28(35):8709–8723. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2077-08.2008
40. Jiménez KM, Pereira-Morales AJ, Forero DA. A functional polymorphism in the DRD1 gene, that modulates its regulation by miR-504, is associated with depressive symptoms. *Psychiatry Investig*. 2018;15(4):402–406. doi: 10.30773/pi.2017.10.16.1
41. Krushkal J, Xiong M, Ferrell R, et al. Linkage and association of adrenergic and dopamine receptor genes in the distal portion of the long arm of chromosome 5 with systolic blood pressure variation. *Hum Mol Genet*. 1998;7(9):1379–1383. doi: 10.1093/hmg/7.9.1379
42. Yasunari K, Kohno M, Kano H, et al. Antiatherosclerotic action of vascular D1 receptors. *Clin Exp Pharmacol Physiol Suppl*. 1999;(26):36–40.

ОБ АВТОРАХ

***Владимир Евгеньевич Крийт**, к.х.н.;

адрес: Россия, 191036, Санкт-Петербург, 2-я Советская ул., 4;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1530-4598>;

eLibrary SPIN: 8249-9420;

e-mail: vladimirkriit@list.ru

Максим Валерьевич Санников;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3969-9501>;

eLibrary SPIN: 3663-4650;

e-mail: smakv@mail.ru

Андрей Борисович Гудков, д.м.н., профессор;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5923-0941>;

eLibrary SPIN: 4369-3372;

e-mail: gudkovab@nsmu.ru

Юлия Николаевна Сладкова;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1745-2663>;

eLibrary SPIN: 1892-2912;

e-mail: Sladkova.julia@list.ru

Александр Николаевич Никанов;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721>;

eLibrary SPIN: 6838-5002;

e-mail: a.nikanov@s-znc.ru

Александр Олегович Пятибрат, д.м.н., доцент;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6285-1132>;

eLibrary SPIN: 9812-4780;

e-mail: a5brat@yandex.ru

AUTHORS INFO

***Vladimir E. Kriyt**, Cand. Sci. (Chem.);

address: 4, 2-ja Sovetskaj street, 191036,

Saint Petersburg, Russia;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1530-4598>;

eLibrary SPIN: 8249-9420; e-mail: vladimirkriit@list.ru

Maksim V. Sannikov;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3969-9501>;

eLibrary SPIN: 3663-4650;

e-mail: smakv@mail.ru

Andrey B. Gudkov, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5923-0941>;

eLibrary SPIN: 4369-3372;

e-mail: gudkovab@nsmu.ru

Yuliya N. Sladkova;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1745-2663>;

eLibrary SPIN: 1892-2912;

e-mail: Sladkova.julia@list.ru

Aleksandr N. Nikanov;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721>;

eLibrary SPIN: 6838-5002;

e-mail: a.nikanov@s-znc.ru

Alexander O. Pyatibrat, MD, Dr. Sci. (Med.), associate professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6285-1132>;

eLibrary SPIN: 9812-4780;

e-mail: a5brat@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author