ISSN 1728-0869 (Print)
ISSN 2949-1444 (Online)

Экология человека

EKOLOGIYA CHELOVEKA (HUMAN ECOLOGY)

Volume 32, Issue 3, 2025

3
Том 32
2025

ЭКО • ВЕКТОР

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: Россия, 191181, г. Санкт-Петербург, Аптекарский переулок, д. 3, литера А, помещение 1Н
E-mail: info@eco-vector.com
WEB: https://eco-vector.com

РЕДАКЦИЯ:
Адрес: Россия, 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51.
Тел. +7 (818) 220 6563;
E-mail: he-office@eco-vector.com

ИНДЕКСАЦИЯ:
– SCOPUS
– Белый список научных журналов
– 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
– КиберЛенинка

Оригинал-макет подготовлен в издательстве «Эко-Вектор».
Литературный редактор: И.Г. Шевченко
Корректор: И.Г. Шевченко
Вёрстка: О.В. Устинкова
Сдано в набор 06.07.2025.
Подписано в печать 28.07.2025.
Выход в свет 13.08.2025.
Формат 60 × 88⅛. Печать офсетная.
Заказ . Цена свободная.
Усл. печ. л. 8,8.
Тираж 300 экз.
Отпечатано в ООО «Типография Экспресс B2B»
Россия, 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 (968) 545 78 20
E-mail: adv2@eco-vector.com

Редакция не несёт 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+

ISSN 1728-0869 (Print)
ISSN 2949-1444 (Online)

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Ежемесячный научный рецензируемый журнал

Том 32 • № 3 • 2025

Основными направлениями публикаций являются вопросы взаимодействия человека и окружающей среды, физиология человека,влияние экологических факторов на здоровье населения, гигиена, эпидемиология и общественное здоровье.

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

В журнале публикуются оригинальные статьи, обзоры и протоколы исследований.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

Унгуряну Татьяна Николаевна, д-р мед. наук, доцент
Северный государственный медицинский университет
(Архангельск, Россия)
ORCID: 0000-0001-8936-7324

Заместители главного редактора

Гудков Андрей Борисович, д-р мед. наук, профессор (Архангельск, Россия)
ORCID: 0000-0001-5923-0941

Ушаков Игорь Борисович, д-р мед. наук, профессор (Москва, Россия)
ORCID: 0000-0002-0270-8622

Научный редактор

Марьяндышев Андрей Олегович, д-р мед.наук, профессор (Архангельск, Россия)
ORCID: 0000-0002-8485-5625

Ответственный секретарь

Постоев Виталий Александрович, канд. мед. наук (Архангельск, Россия)
ORCID: 0000-0003-4982-4169

ЭКО • ВЕКТОР

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Баранов Александр Васильевич, д.м.н.
(Сыктывкар, Россия)
ORCID: 0000-0002-3553-9001

Болотов Иван Николаевич, д.б.н.,
профессор (Архангельск, Россия)
ORCID: 0000-0002-3878-4192

Бузинов Роман Вячеславович, д.м.н.,
доцент (Санкт-Петербург, Россия)
ORCID: 0000-0002-8624-6452

Горбатова Любовь Николаевна, д.м.н.,
профессор (Архангельск, Россия)
ORCID: 0000-0003-0675-3647

Гржибовский Андрей Мечиславович,
PhD (Архангельск, Россия)
ORCID: 0000-0002-5464-0498

Доршакова Наталья Владимировна, д.м.н.,
профессор (Петрозаводск, Россия)
ORCID: 0000-0003-1072-9164

Зайцева Нина Владимировна, д.м.н.,
профессор (Пермь, Россия)
ORCID: 0000-0003-2356-1145

Ичитовкина Елена Геннадьевна, д.м.н.,
доцент (Москва, Россия)
ORCID: 0000-0001-8876-669X

Макарова Валерия Ивановна, д.м.н.,
профессор (Архангельск, Россия)
ORCID: 0000-0002-8150-9110
Scopus Author ID: 7005797378

Мордовский Эдгар Артурович, д.м.н.,
доцент (Архангельск, Россия)
ORCID: 0000-0002-2346-9763

Мосягин Игорь Геннадьевич, д.м.н.,
профессор (Архангельск, Россия)
ORCID: 0000-0002-9485-6584

Соловьев Андрей Горгоньевич, д.м.н.,
профессор (Архангельск, Россия)
ORCID: 0000-0002-0350-1359

Софронов Генрих Александрович, д.м.н.,
профессор (Санкт-Петербург, Россия)
ORCID: 0000-0002-8587-1328

Черешнев Валерий Александрович, д.м.н.,
профессор (Екатеринбург, Россия)
ORCID: 0000-0003-4329-147X

Yngve Agneta, профессор (Швеция)
ORCID: 0000-0002-7165-279X

Rautio Arja, профессор (Финляндия)
ORCID: 0000-0002-5816-533X

Rudge Marilza Vieira Cunha, профессор
(Бразилия)
ORCID: 0000-0002-9227-832X

Nieboer Evert, профессор (Канада)
ORCID: 0000-0001-5165-2832

Röllin Halina, профессор (ЮАР)
ORCID: 0000-0001-5247-6519

Ruiz Jonatan, профессор (Испания)
ORCID: 0000-0002-7548-7138

Ramune Kalediene, профессор (Литва)
ORCID: 0000-0003-3434-8091

Pärna Kersti, доцент (Эстония)
ORCID: 0000-0001-7677-9493

Per Magnus, профессор (Норвегия)
ORCID: 0000-0002-6427-4735

Gissler Mika, профессор (Финляндия)
ORCID: 0000-0001-8254-7525

Weihe Pal, профессор (Фарерские острова)
ORCID: 0000-0001-8174-3671

Johnson Rhonda, профессор (США)
ORCID: 0000-0002-7730-7452

Shi Zumin, профессор (Катар)
ORCID: 0000-0002-3099-3299

Yu Canqing, профессор (КНР)
ORCID: 0000-0002-0019-0014

FOUNDERS:
• Northern State Medical University;
• Eco-Vector

PUBLISHER:
Eco-Vector
Address: 3 liter A, 1H, Aptekarsky pereulok, 191181 Saint Petersburg, Russia
E-mail: info@eco-vector.com
WEB: 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:
compleated in Eco-Vector
Copyeditor: I.G. Shevchenko
Proofreader: I.G. Shevchenko
Layout editor: O.V. Ustinkova

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

ADVERTISMENT DEPARTMENT:
Phone: +7 (968) 545 78 20
E-mail: adv2@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 cheloveka (Human Ecology).
2025;32(3).

ISSN 1728-0869 (Print)
ISSN 2949-1444 (Online)

EKOLOGIYA CHELOVEKA (HUMAN ECOLOGY)

Monthly peer-reviewed journal

Volume 32 • Issue 3 • 2025

The journal publishes results of research in environmental health, human physiology, human ecology, hygiene, epidemiology and public health.

The primary audience of the journal includes health professionals, environmental specialists, biomedical researchers, biologists, social workers and university teachers.

The journal publishes original articles and reviews.

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

Tatiana N. Unguryanu, MD, Dr. Sci. (Med), Professor associate
North State Medical University (Arkhangelsk, Russia)
ORCID: 0000-0001-8936-7324

Deputy Editor-in-Chief

Andrey B. Gudkov, MD, Dr. Sci. (Med), Professor (Arkhangelsk, Russia)
ORCID: 0000-0001-5923-0941

Igor B. Ushakov, MD, Dr. Sci. (Med), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-0270-8622

Science editor

Andrey O. Maryandyshev, MD, Dr. Sci. (Med), Professor (Arkhangelsk, Russia)
ORCID: 0000-0002-8485-5625

Executive editor

Vitaly A. Postoev, MD, Cand. Sci. (Med) (Arkhangelsk, Russia)
ORCID: 0000-0003-4982-4169

ECO • VECTOR

EDITORIAL COUNCIL

Alexander V. Baranov,
MD, Dr. Sci. (Med), (Syktyvkar, Russia)
ORCID: 0000-0002-3553-9001

Ivan N. Bolotov, Dr. Sci. (Biol), Professor (Arkhangelsk, Russia)
ORCID: 0000-0002-3878-4192

Roman V. Buzinov, MD, Dr. Sci. (Med), Professor associate (St. Petersburg, Russia)
ORCID: 0000-0002-8624-6452

Valeriy A. Chereshnev, MD, Dr. Sci. (Med), Professor (Ekaterinburg, Russia)
ORCID: 0000-0003-4329-147X

Nataliya V. Dorshakova, MD, Dr. Sci. (Med), Professor (Petrozavodsk, Russia)
ORCID: 0000-0003-1072-9164

Mika Gissler, Professor (Finland)
ORCID: 0000-0001-8254-7525

Andrej M. Grjibovski,
MD, PhD (Arkhangelsk, Russia)
ORCID: 0000-0002-5464-0498

Lyubov N. Gorbatova, MD, Dr. Sci. (Med), Professor (Arkhangelsk, Russia)
ORCID: 0000-0003-0675-3647

Elena G. Ichitovkina, MD, Dr. Sci. (Med), Associate Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0001-8876-669X

Rhonda Johnson, Professor (USA)
ORCID: 0000-0002-7730-7452

Valeriya I. Makarova, MD, Dr. Sci. (Med), Professor (Arkhangelsk, Russia)
ORCID: 0000-0002-8150-9110
Scopus Author ID: 7005797378

Edgar A. Mordovsky, MD, Dr. Sci. (Med), Associate Professor (Arkhangelsk, Russia)
ORCID: 0000-0002-2346-9763

Igor G. Mosyagin, MD, Dr. Sci. (Med), Professor (Arkhangelsk, Russia)
ORCID: 0000-0002-9485-6584

Evert Nieboer, Professor (Canada)
ORCID: 0000-0001-5165-2832

Kersti Pärna, Professor associate (Estonia)
ORCID: 0000-0001-7677-9493

Magnus Per, Professor (Norway)
ORCID: 0000-0002-6427-4735

Kalediene Ramune, Professor (Lithuania)
ORCID: 0000-0003-3434-8091

Arja Rautio, Professor (Finland)
ORCID: 0000-0002-5816-533X

Halina Röllin, Professor (South Africa)
ORCID: 0000-0001-5247-6519

Marilza Vieira Cunha Rudge,
Professor (Brazil)
ORCID: 0000-0002-9227-832X

Jonatan Ruiz, Professor (Spain)
ORCID: 0000-0002-7548-7138

Zumin Shi, Professor (Qatar)
ORCID: 0000-0002-3099-3299

Genrikh A. Sofronov, MD, Dr. Sci. (Med), Professor (St. Petersburg, Russia)
ORCID: 0000-0002-8587-1328

Andrey G. Soloviev, MD, Dr. Sci. (Med), Professor (Arkhangelsk, Russia)
ORCID: 0000-0002-0350-1359

Pal Weihe, Professor (Faroe Islands)
ORCID: 0000-0001-8174-3671

Agneta Yngve, Professor (Sweden)
ORCID: 0000-0002-7165-279X

Canqing Yu, Professor (China)
ORCID: 0000-0002-0019-0014

Nina V. Zaytseva, MD, Dr. Sci. (Med), Professor (Perm, Russia)
ORCID: 0000-0003-2356-1145

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОРЫ

Г.А. Умарова, Г.А. Батырова, А.С. Жубаниязова
Связь элементного статуса населения пожилого и старческого возраста с саркопенией: научный обзор 151

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

С.В. Андронов, Е.Н. Богданова, О.М. Шадуйко, А.А. Лобанов
Прогностические модели заболеваемости артериальной гипертензией у населения Западной Сибири в условиях климатических изменений 160

Е.А. Сарф, Л.В. Бельская
Дисбаланс содержания бария, стронция и марганца в организме человека при раке молочной железы 172

О.А. Фролова, Е.П. Бочаров, Е.А. Тафеева
Риск развития неканцерогенных эффектов от воздействия химических веществ, поступающих с продуктами питания 182

А.В. Ермолаев, А.В. Лямин, Д.О. Горбачев
Взаимосвязь потребления пищевых продуктов животного происхождения и микробиоты кишечника 195

А.А. Максименко, А.А. Золотарева, Д.В. Каширский
От экранов к бессоннице: как цифровые стрессоры связаны с характеристиками сна россиян? 207

CONTENTS

REVIEWS

Gulmira A. Umarova, Gulnara A. Batyrova, Ayagul S. Zhubaniyazova
The relationship between the elemental status of the elderly and senile population and sarcopenia: a review 151

ORIGINAL STUDY ARTICLES

Sergei V. Andronov, Elena N. Bogdanova, Olga M. Shaduyko, Andrey A. Lobanov
Predictive models for hypertension incidence in the population of Western Siberia under climate change conditions 160

Elena A. Sarf, Lyudmila V. Bel'skaya
Imbalance of barium, strontium, and manganese levels in the human body in breast cancer.....172

Oksana A. Frolova, Evgeniy P. Bocharov, Elena A. Tafeeva
Risk of non-carcinogenic effects from exposure to chemical substances found in food products..... 182

Alexander V. Ermolaev, Artem V. Lyamin, Dmitrii O. Gorbachev
Animal-source food consumption and gut microbiota 195

Aleksander A. Maksimenko, Alena A. Zolotareva, Dmitry V. Kashirsky
From screens to sleeplessness: how digital stressors are linked to sleep characteristics in the Russian population 207

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco643345 EDN: XVVJYG

Связь элементного статуса населения пожилого и старческого возраста с саркопенией: научный обзор

Г.А. Умарова, Г.А. Батырова, А.С. Жубаниязова

Западно-Казахстанский медицинский университет имени Марата Оспанова, Актобе, Республика Казахстан

АННОТАЦИЯ

Элементный статус организма играет ключевую роль в поддержании физиологического гомеостаза, а его нарушения могут способствовать развитию различных патологических состояний. Саркопения — возраст-ассоциированное атрофическое дегенеративное изменение скелетной мускулатуры, характеризующееся снижением мышечной массы, силы и функциональной активности, — представляет значимую медико-социальную проблему в условиях стареющего населения. Одним из потенциальных, но недостаточно изученных факторов, влияющих на её развитие, является обеспеченность макро- и микроэлементами у лиц пожилого и старческого возраста. Такие элементы, как цинк, магний, селен, железо, кальций, участвуют в регуляции процессов мышечного метаболизма, обеспечивают антиоксидантную защиту, поддерживают противовоспалительные механизмы. Их дефицит может способствовать ускоренной утрате мышечной ткани, снижению физической работоспособности и увеличению риска функциональных нарушений и инвалидизации. Установление взаимосвязей между содержанием жизненно важных микроэлементов и клиническими проявлениями саркопении открывает перспективы для более точной диагностики и целенаправленной нутритивной коррекции. Актуальность исследований в этой области обусловлена необходимостью разработки персонализированных профилактических и лечебных подходов, направленных на замедление прогрессирования саркопении и повышение качества жизни. Таким образом, изучение взаимосвязи между элементным статусом пожилого населения и саркопенией является важной областью современной геронтологии, диетологии и общественного здравоохранения.

Ключевые слова: макроэлементы; микроэлементы; саркопения; пожилой и старческий возраст.

Как цитировать:
Умарова Г.А., Батырова Г.А., Жубаниязова А.С. Связь элементного статуса населения пожилого и старческого возраста с саркопенией: научный обзор // Экология человека. 2025. Т. 32, № 3. С. 151–159. DOI: 10.17816/humeco643345 EDN: XVVJYG

Рукопись поступила: 23.12.2024 **Рукопись одобрена:** 09.06.2025 **Опубликована online:** 10.07.2025

ЭКО • ВЕКТОР

Распространяется на условиях лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco643345 EDN: XVVJYG

The Relationship Between the Elemental Status of the Elderly and Senile Population and Sarcopenia: A Review

Gulmira A. Umarova, Gulnara A. Batyrova, Ayagul S. Zhubaniyazova

West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University, Aktobe, Republic of Kazakhstan

ABSTRACT

The elemental status plays a key role in maintaining the vital balance in the body and deviations in which lead to the development of a particular pathology. Sarcopenia—an age-related condition characterized by a decrease in muscle mass, strength, and functionality, is a serious public health problem, especially against the background of global population aging. One of the significant but little-studied factors influencing the development of sarcopenia is the elemental status of the body of elderly and senile people. Macro- and microelements such as zinc, magnesium, selenium, iron, and calcium play an important role in regulating muscle metabolism, antioxidant protection, and anti-inflammatory activity. Deficiency of these elements can significantly accelerate the development of sarcopenia, worsen the general condition of elderly patients and increase the risk of disability. Studying the relationship between the level of vital trace elements and the manifestations of sarcopenia allows us to better understand the pathogenesis of this condition, develop methods for early diagnosis and reasonably apply nutritional correction. Conducting research in this area is an important step towards developing personalized prevention and treatment strategies that help improve quality of life and reduce the burden of chronic age-related diseases.

Keywords: macronutrients; trace elements; sarcopenia; elderly and senile age.

To cite this article:
Umarova GA, Batyrova GA, Ayagul Zhubaniyazova AS. The relationship between the elemental status of the elderly and senile population and sarcopenia: a review. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(3):151–159. DOI: 10.17816/humeco643345 EDN: XVVJYG

Submitted: 23.12.2024 **Accepted:** 09.06.2025 **Published online:** 10.07.2025

ECO•VECTOR

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco643345 EDN: XVVJYG

老年及高龄人群元素状况与肌少症的关系：科学综述

Gulmira A. Umarova, Gulnara A. Batyrova, Ayagul S. Zhubaniyazova

West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University, Aktobe, Republic of Kazakhstan

摘要

机体的元素状况在维持生理稳态中起着关键作用，其紊乱可能促发多种病理状态。肌少症是一种与年龄相关的骨骼肌萎缩性退行性变化，表现为肌肉质量、肌力及功能活动水平的下降，随着人口老龄化的加剧，已成为一项重要的医学和社会问题。老年及高龄人群中宏量元素和微量元素的供给水平，是影响其发生和发展的潜在但尚未被充分研究的因素之一。锌、镁、硒、铁、钙等元素参与肌肉代谢过程的调控，具有抗氧化活性，并支持抗炎机制。上述元素的缺乏可能加速肌肉组织的流失，降低身体功能水平，并增加功能障碍与致残的风险。明确关键微量元素含量与肌少症临床表现之间的关系，有助于实现更为精准的诊断与有针对性的营养干预。该领域研究的现实意义在于推动个体化的预防和治疗策略开发，以延缓肌少症的进展、改善生活质量。因此，探讨老年人元素状况与肌少症之间的关联，已成为当前老年医学、营养学与公共卫生研究的重要方向。

关键词：宏量元素；微量元素；肌少症；老年及高龄人群。

引用本文：
Umarova GA, Batyrova GA, Ayagul Zhubaniyazova AS. 老年及高龄人群元素状况与肌少症的关系：科学综述. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(3):151–159. DOI: 10.17816/humeco643345 EDN: XVVJYG

收到: 23.12.2024 **接受:** 09.06.2025 **发布日期:** 10.07.2025

ECO•VECTOR
The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

ВВЕДЕНИЕ

В Казахстане наблюдают стабильное увеличение численности пожилого населения. Прогнозируют, что к 2050 году доля людей в возрасте 60 лет и старше возрастёт с текущих 12 до 20%. Процесс старения населения в стране будет обусловлен постепенным снижением показателей рождаемости и ростом продолжительности жизни. Соотношение людей трудоспособного возраста (25–64 лет) к лицам старше 65 лет снизится вдвое — с 7,0 до 3,5 к 2050 году. Увеличение продолжительности жизни требует обеспечения высокого её качества, развития мер по профилактике заболеваний и создания условий для активного и здорового старения[1] [1]. С возрастом в организме происходят сложные метаболические и эпигенетические изменения, сопровождающиеся ухудшением состояния здоровья [2]. Известно, что в процессе старения нарушается контроль поддержания биоэлементного гомеостаза, что связано со снижением обеспеченности некоторыми макро- и микроэлементами. Однако данные о возрастной динамике содержания биоэлементов в организме человека неоднозначны: не все исследования подтверждают гипотезу об универсальном и линейном снижении их концентрации с возрастом. Анализ данных литературы свидетельствует о разнонаправленных возрастных изменениях в системе элементного гомеостаза, которые в пожилом возрасте могут проявляться как дефицитом, так и избытком отдельных биоэлементов [3].

Оценка обеспеченности микро- и макроэлементами у лиц пожилого возраста является актуальной задачей общественного здравоохранения, особенно в условиях экологически неблагоприятных регионов, таких как Западный Казахстан. Здесь отмечен не только риск дефицита эссенциальных элементов, но и избыточного поступления токсичных и потенциально токсичных веществ, способствующих неблагоприятным последствиям для здоровья пожилых людей. Учитывая значимость данной проблемы для гериатрической практики, анализ публикаций, посвящённых изучению элементного статуса лиц старших возрастных группу и его связи с саркопенией, является актуальным и обоснованным.

МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА

Поиск актуальной литературы выполняли с использованием поисковых систем PubMed и Google Scholar, баз данных MEDLINE и Cochrane Library, а также официальных административных интернет-ресурсов. Всего найдено 292 публикации, их которых отобраны 32 источника, соответствующие изучаемой проблеме и критерию глубины анализа за последние 5 лет. Метод исследования — информационно-аналитический (рис. 1).

ЗНАЧЕНИЕ БИОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА В ПОЖИЛОМ ВОЗРАСТЕ

Во многих исследованиях, проведённых в популяциях пожилого и старческого возраста, подчёркивают значимость макро- и микроэлементов в поддержании здоровья [4]. Установлены возрастные изменения в содержании таких элементов, как селен, железо, марганец и свинец [5]. Колебания концентраций микроэлементов у пожилых могут влиять на активность ферментов и ключевые биохимические пути, способствуя развитию различных патологических состояний, включая хронические и онкологические заболевания [6]. Доказано, что более высокое содержание селена, магния и железа в плазме крови снижает риск преждевременной смерти у пожилых людей [7]. При оценке связи между концентрацией макро- и микроэлементов в волосах и риском заболеваний сердечно-сосудистой системы в течение 10 лет у здоровых людей в возрасте старше 60 лет установлено, что низкое содержание натрия в волосах характерно для группы с низким риском, а также выявлена отрицательная корреляция содержания кобальта, урана и ртути со степенью риска [8]. Описана роль цинка в регуляции процесса гемопоэза в пожилом и старческом возрасте. Кроме того, микроэлементы играют важную роль в модуляции когнитивной функции у пожилых. Так, выявлены ассоциации между содержанием меди [9], мышьяка, алюминия, ванадия, бария [10], кадмия, селена [11] и риском развития когнитивной дисфункции.

В Казахстане на микроэлементный статус в большей степени влияет питание. Диетические модели, наблюдаемые среди пожилых людей, характеризуются чрезмерным потреблением калорий и дисбалансом в составе макронутриентов, с преимущественным акцентом на продукты с высоким содержанием углеводов. Данные свидетельствуют о снижении с возрастом потребления натрия, кальция и магния [12]. При этом, факторы риска и причины недостаточного поступления микроэлементов у пожилых людей разнообразны и комплексны. Среди них — социально-экономические трудности, включая бедность, снижение аппетита, возрастные метаболические и сенсорные изменения (вкус и обоняние), проблемы с жеванием, обусловленные плохо подогнанными зубными протезами, ограниченная подвижность, а также полипрагмазия (приём большого количества лекарственных препаратов) [13]. В совокупности эти факторы представляют серьёзные препятствия для поддержания оптимального баланса микроэлементов у пожилых людей.

Традиционные подходы к профилактике или лечению саркопении преимущественно ориентированы на физическую активность, адекватное потребление

[1] Демографические тренды в Казахстане и их влияние на экономику (презентация). Режим доступа: https://www.enpf.kz/upload/iblock/51e/86nhwoamp5h2plcb3bt3f2lakqngb4nu.pdf? Дата обращения: 24.09.2024.

Рис. 1. Стратегия поиска и отбора источников.
Fig. 1. The strategy of search and selection of sources.

белка и применение добавок аминокислот. При этом роль макро- и микроэлементов в патогенезе саркопении изучена в меньшей степени. Однако современные данные свидетельствуют о значимости железа, магния и селена в её развитии, а также в изменении массы, силы и функционального состояния скелетной мускулатуры [14]. Доказано, что нарушения микроэлементного статуса, в частности снижение сывороточного железа и цинка, ассоциированы с потерей мышечной массы, снижением мышечной силы и ухудшением функциональных показателей у лиц пожилого возраста [15]. Их недостаток рассматривают как один из факторов, способствующих развитию и прогрессированию саркопении [16]. Кроме того, дефицит железа может быть вовлечён в её патогенез, снижая синтез гемоглобина и миоглобина, вызывая уменьшение количества митохондрий скелетных мышц и нарушая регуляцию митохондриальной дыхательной цепи. Предполагают, что роль кальция в саркопении заключается в его модуляции кальпаинов, которые являются цистеиновыми протеазами, ответственными за регуляцию ключевых процессов в миогенезе [17]. В скелетных мышцах цинк влияет на миогенез и регенерацию мышц посредством его воздействия на активацию, пролиферацию и дифференцировку мышечных клеток [18]. Его недостаточное потребление рассматривают как предиктор возрастной потери скелетной мышечной массы у пожилых людей [19]. В свою очередь, дефицит цинка широко распространён в этой возрастной группе. Снижение содержания селена связано с нарушением антиоксидантной защиты и усилением окислительного стресса с последующим развитием мышечного воспаления. Исследования с участием животных показали, что применение селенсодержащих добавок улучшают мышечную производительность за счёт модуляции метаболизма кальция и биогенеза митохондрий [20]. F. Petermann-Rocha и соавт. [21] выявили, что высокое потребление кальция ассоциировано с более низкими шансами саркопении, кроме того, авторы установили наличие обратной связи между потреблением магния и данной патологией. S. ter Borg и соавт. [22] провели исследование, результаты которого продемонстрировали, что у пожилых люди с саркопенией отмечено низкое потребление магния. Исследование по оценке связи между концентрацией марганца в крови и риском развития саркопении выявило U-образную зависимость с точкой перегиба при его содержании в крови 13,45 мкг/л [23]. C. van Dronkelaar и соавт. [24] изучали роль фосфора и калия в развитии саркопении, однако получены неоднозначные результаты. Выявление потенциальной роли микро- и макроэлементов в профилактике и лечении саркопении у пожилых людей, в том числе путём увеличения их потребления до рекомендуемых суточных норм, представляет перспективное направление для разработки эффективных стратегий, направленных на поддержание мышечной функции, улучшение качества жизни и содействие здоровому старению [24]. Кроме того, исследователи отмечают использование микроэлементного анализа волос в качестве доступного и информативного метода оценки элементного статуса пожилого

населения [5, 8].

ПИТАНИЕ ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ И ФАКТОРЫ РИСКА САРКОПЕНИИ

Недостаточную обеспеченность микронутриентами у пожилых людей рассматривают как один из факторов, способствующих развитию саркопении. По мере увеличения продолжительности жизни возрастные изменения, такие как утрата мышечной массы и силы, а также снижение физической функции, становятся более актуальной медико-социальной проблемой. Саркопения — гериатрический синдром, характеризующийся прогрессирующим снижением силы, массы и функции мускулатуры, что связано с повышенным риском инвалидизации, госпитализаций, летальности и ухудшением качества жизни пожилых пациентов [25].

Множество исследований посвящено изучению распространённости факторов риска саркопении [26–28]. Азиатская рабочая группа по саркопении (AWGS) в своём консенсусе 2019 года рекомендовала различные меры для выявления пациентов с возможной саркопенией [26]. J. Sun и соавт. [27] оценивали её распространённость и факторов риска среди пожилых людей, проживающих в доме престарелых, на основе критериев AWGS 2019 года. В поперечное исследование включили 583 участника. Согласно результатам многофакторного анализа, к предикторам, ассоциированным с повышенным риском саркопении, относят:

- пожилой возраст;
- риск недоедания;
- высокий уровень ухода;
- низкую физическую активность (упражнения менее трёх раз в неделю);
- остеопороз.

При этом приём биологически активных добавок снижал риск её развития.

B.G. Dorhout и соавт. [28] изучали распространённость саркопении и её связь с потреблением белка у мужчин и женщин в многоэтнической популяции. Использованы поперечные данные исследования HELIUS (Healthy Life in an Urban Setting: Здоровая жизнь в городских условиях), включающего около 25 тыс. участников в возрасте от 18 до 70 лет голландского, южноазиатского суринамского, африканского суринамского, турецкого, марокканского и ганского этнического происхождения. В исследовании участвовали 5161 человек в возрасте 55 лет и старше. Установлено, что распространённость саркопении зависит от пола и этнической принадлежности:

- от 29,8% у турецких мужчин до 61,3% у южноазиатских суринамских;
- от 2,4% у турецких женщин до 30,5% у южноазиатских суринамских.

Более высокое потребление белка связано со снижением вероятности саркопении на 4% [отношение шансов — 0,96 (95% доверительный интервал 0,92–0,99)], причём статистическая значимость отмечена только для южноазиатской суринамской подгруппы. Полученные данные подчёркивают необходимость этнически ориентированных подходов к профилактике и лечению саркопении.

В поперечном исследовании N. Hua и соавт. [29], проведённом в домах престарелых в провинции Хунань (Китай), изучали взаимосвязь между состоянием питания и развитием саркопении у 386 пожилых людей. Анализ включал краткую форму нутритивного скрининга для выявления риска недоедания, оценку пищевого разнообразия, а также психического состояния для определения когнитивного статуса. Кроме того, собирали социально-демографические данные (возраст, пол и уровень образования), сведения о здоровье (особенности питания, уровень самообслуживания, приём лекарств), данные состава тела (индекс массы тела, содержание белка, жировая масса тела, процент жира в организме, индекс скелетных мышц и общее содержание воды в организме) и антропометрические параметры (окружность голени, окружность плеча, сила хвата и скорость походки). Согласно результатам исследования, 32,4% участников подвержены риску недоедания, а 49,7% страдали саркопенией. Пищевой статус положительно связан с:

- возрастом [коэффициент риска (КР) — 1,03];
- саркопенией (КР=1,88);
- потерей зубов, влияющей на потребление пищи (КР=1,45);
- низким уровнем самообслуживания (КР=1,82);
- умеренным/недостаточным разнообразием рациона (КР=2,04).

Отрицательная связь установлена с:

- наличием одного ребёнка (КР=0,27);
- индексом массы тела (КР=0,82);
- содержанием белка (КР=0,76);
- жировой массой тела (КР=0,91);
- процентом жира в организме (КР=0,94);
- индексом скелетных мышц (КР=0,65);
- общим содержанием воды в организме (КР=0,94);
- окружностью голени (КР=0,89);
- окружностью плеча (КР=0,86).

Таким образом, среди пожилых людей домов престарелых факторами, ассоциированными с риском недоедания, были: возраст, количество детей, наличие саркопении, особенности питания, уровень самообслуживания, разнообразие рациона и состав тела. Для выявления уязвимых групп рекомендуется сосредоточить своё внимание на использовании показателей состава тела в качестве доступного и информативного инструмента скрининга [29].

Социально-демографические факторы, образ жизни и сопутствующие заболевания, ассоциированные с саркопенией, согласно текущей классификации Европейской рабочей группы по саркопении у пожилых людей 2

(EWGSOP2), до настоящего времени остаются недостаточно изученными. Именно поэтому F. Petermann-Rocha и соавт. [21] анализировали факторы, связанные с риском её развития, с учётом критериев EWGSOP2. В поперечное исследование включены 396 283 участника (52,8% женщин) в возрасте 38–73 лет. Факторы, потенциально влияющие на риск саркопении, классифицировали на четыре группы:

- социально-демографические (пол, возраст, образование, доход и профессиональная квалификация);
- антропометрические (состояние питания, абдоминальное ожирение, жировая прослойка и масса тела при рождении);
- образ жизни (физическая активность, курение, сон, время, проводимое в сидячем положении, просмотр телевизора, алкоголь и рацион питания);
- состояние здоровья (наличие хронических заболеваний по самоотчётам).

Результаты анализа показали, что возраст, женский пол, низкий уровень образования, неблагоприятные социально-экономические условия, дефицит массы тела, низкая масса тела при рождении, а также наличие хронических заболеваний (ревматоидный артрит, хронический бронхит и остеопороз) статистически значимо связаны с более высокой вероятностью развития саркопении. В то же время избыточная масса тела, ожирение, а также высокое потребление энергии, белка, витаминов (B12 и B9) и минеральных веществ (калий, кальций и магний) ассоциированы с её низкой вероятностью. Таким образом, наибольшую уязвимость к развитию саркопении демонстрируют женщины старше 65 лет, лица с дефицитом массы тела и пациенты с хроническими воспалительными заболеваниями. Учитывая прогнозируемый рост доли пожилого населения, саркопения может стать более значимой проблемой здравоохранения. Выявление факторов риска открывает возможности для раннего выявления предрасположенных к заболеванию лиц и проведения профилактических мероприятий [21].

Организация медицинской помощи пациентам с саркопенией сталкивается с рядом таких проблем, как [30]:

- недостаточная осведомлённость медицинских работников о современных диагностических критериях и методах лечения;
- отсутствие чётких стандартов оказания помощи;
- ограниченное использование мультидисциплинарного подхода, который является ключевым в лечении и реабилитации пожилых пациентов.

В свою очередь, она требует системного подхода и включает следующие ключевые аспекты [31]:

- ранняя диагностика;
- мультидисциплинарный подход;
- социальная поддержка;
- обучение персонала, организация информационных программ для медработников и родственников пациентов.

Интеграция научно обоснованных подходов позволяет оптимизировать ресурсы здравоохранения за счёт снижения частоты осложнений, связанных с саркопенией (падений, госпитализаций), и повышения функциональной независимости пациентов. Таким образом, пожилые люди с саркопенией, как правило, имеют более низкое качество жизни, в основном из-за снижения их физических функциональных способностей [32].

Организация медицинской помощи пациентам с саркопенией должна основываться на принципах доказательной медицины и учитывать особенности пациентов. Повышение осведомлённости и понимание механизмов возникновения этого заболевания имеет важное значение для дальнейшей разработки стандартизированного лечения, а также диагностических вариантов, что, в свою очередь, приведёт к лучшему уходу и повышению качества жизни для гериатрических пациентов [33].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Саркопения — это прогрессирующее дегенеративное изменение скелетной мулкулатуры, сопровождающееся снижением массы, силы и функциональных возможностей. Она признана одной из ведущих причин инвалидизации, ухудшения качества жизни и повышенной смертности среди пожилых людей. На фоне глобального старения общества и роста доли лиц старше 60 лет проблема саркопении приобретает особую актуальность, требуя пересмотра подходов к её профилактике и лечению. Одним из ключевых, но недостаточно изученных факторов, влияющих на развитие саркопении, является элементный статус организма — содержание жизненно важных макро- и микроэлементов. Цинк, магний, селен, железо, кальций, и витамин D играют важную роль в обеспечении мышечной функции, белкового обмена и поддержании антиоксидантной защиты. Нарушения элементного баланса, характерные для пожилых людей, могут способствовать снижению синтеза мышечного белка, нарушению нервно-мышечной передачи, усилению окислительного стресса и хроническому системному воспалению. Возрастные изменения в обмене веществ, ухудшение аппетита, изменение вкусовых ощущений, наличие хронических заболеваний и полипрагмазия способствуют дефициту микронутриентов. В этих условиях возрастает потребность в персонализированном подходе к диагностике и коррекции нарушений элементного статуса. Растёт интерес к возможностям диетотерапии и нутритивной поддержки как части комплексной стратегии профилактики и замедления прогрессирования саркопении. Исследования, направленные на выявление специфического дефицита микроэлементов у пожилых людей, способствуют лучшему пониманию патогенеза заболевания и формированию индивидуальных лечебно-профилактических программ. Ранняя диагностика элементного дисбаланса может служить предиктором риска развития саркопении

и способствовать снижению частоты инвалидизации, уменьшению затрат на медицинскую помощь, а также повышению функциональной независимости и социальной активности пожилых людей.

Таким образом, изучение взаимосвязи между элементным статусом пожилого населения и саркопенией является важной областью современной геронтологии, диетологии и общественного здравоохранения. Эти данные могут лечь в основу обновления клинических рекомендаций, включающих оценку и коррекцию элементного статуса как неотъемлемую часть профилактики возрастных изменений и повышения качества жизни пожилых людей.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Г.А. Умарова — сбор и анализ литературных данных, написание и редактирование текста рукописи; Г.А. Батырова, А.С. Жубаниязова — сбор и анализ литературных данных, подготовка и написание текста рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Неприменимо.

Источники финансирования. Данное исследование финансирует Комитет науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (ИРН № AP26199833).

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: G.A. Umarova: investigation, formal analysis, writing—original draft, writing—review & editing; G.A. Batyrova: investigation, formal analysis, writing—original draft; A.S. Zhubaniyazova: investigation, formal analysis, writing—original draft. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that issues related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: Not applicable.

Funding sources: This study is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Unique Record No. AP26199833).

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously published material (text, images, or data) was used in this work.

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.

Generative AI: No generative AI technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Chugunova NI, Sirotina TV. Social protection of elderly citizens in the Republic of Kazakhstan. *Sociologija v sovremennom mire: nauka, obrazovanie, tvorchestvo*. 2021;1(13):222–224. EDN: HDMYEP
2. Lima FDS, Gonçalves CEDS, Fock RA. Zinc and aging: a narrative review of the effects on hematopoiesis and its link with diseases. *Nutrition Reviews.* 2023;82(8):1125–1137. doi: 10.1093/nutrit/nuad115 EDN: PSLBQU
3. Gorbachev AL, Skalnyj AV. Features of the microelement status of elderly and old people. // *Mikrojelementy v medicine*. 2009;10(1-2):17–26. EDN: NELLZF
4. Baudry J, Kopp JF, Boeing H, et al. Changes of trace element status during aging: results of the EPIC-Potsdam cohort study. *European Journal of Nutrition.* 2019;59(7):3045–3058. doi: 10.1007/s00394-019-02143-w EDN: UTIWFB
5. Zhu Q, Yao Y, Ning CX, Zhao YL. Trace Element Levels in the Elders over 80 from the Hainan Province of China. *The Journal of Nutrition, Health and Aging.* 2019;23(9):883–889. doi: 10.1007/s12603-019-1239-1
6. Bjørklund G, Shanaida M, Lysiuk R, et al. Selenium: An Antioxidant with a Critical Role in Anti-Aging. *Molecules.* 2022;27(19):6613. doi: 10.3390/molecules27196613 EDN: HBQZIR
7. Ye X, Xu T, Yang L, et al. Association between plasma metal exposure and health span in very elderly adults: a prospective cohort study with mixture statistical approach. *BMC Geriatrics.* 2024;24(1):388. doi: 10.1186/s12877-024-05001-5 EDN: EDQHYD
8. Choi HI, Ko HJ, Kim AS, Moon H. The Association between Mineral and Trace Element Concentrations in Hair and the 10-Year Risk of Atherosclerotic Cardiovascular Disease in Healthy Community-Dwelling Elderly Individuals. *Nutrients.* 2019;11(3):637. doi: 10.3390/nu11030637 EDN: OFJKTM
9. Li S, Sun W, Zhang D. Association of Zinc, Iron, Copper, and Selenium Intakes with Low Cognitive Performance in Older Adults: A Cross-Sectional Study from National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). *Journal of Alzheimer's Disease.* 2019;72(4):1145–1157. doi: 10.3233/JAD-190263
10. Gu L, Yu J, Fan Y, et al. The Association Between Trace Elements Exposure and the Cognition in the Elderly in China. *Biological Trace Element Research.* 2020;199(2):403–412. doi: 10.1007/s12011-020-02154-3 EDN: CJQQYP
11. Kazemi T, Moodi M, Rajabi S, et al. Trace Element Concentration and Cognitive Dysfunction in Elderly Residents in Birjand. *Current Alzheimer Research.* 2022;19(9):674–680. doi: 10.2174/1567205019666220913114154 EDN: ERHFVM
12. Zhanalina G, Plyasovskaya S, Mkhitaryan X, et al. The Assessment of the Nutritional Status among the Young-Old and Old-Old Population with Alimentary-Dependent Diseases. *Medicina.* 2024;60(6):923. doi: 10.3390/medicina60060923 EDN: GGESOQ
13. Yilmaz K, Wirth R, Daubert D, Pourhassan M. Prevalence and determinants of micronutrient deficiencies in malnourished older hospitalized patients. *The Journal of Nutrition, Health and Aging.* 2024;28(2):100039. doi: 10.1016/j.jnha.2024.100039 EDN: SDZSDH

14. Welch AA, Hayhoe RPG. Nutritional Approaches for Sarcopenia. In: *Veronese N, Beaudart C, Sabico S, editors. Sarcopenia. Practical Issues in Geriatrics.* Cham: Springer; 2021. P. 163–180. doi: 10.1007/978-3-030-80038-3_13
15. Xu B, Guo Z, Jiang B, et al. Factors affecting sarcopenia in older patients with chronic diseases. *Annals of Palliative Medicine.* 2022;11(3):972–983. doi: 10.21037/apm-22-201 EDN: EHCHKV
16. Ganapathy A, Nieves JW. Nutrition and Sarcopenia-What Do We Know? *Nutrients*. 2020;12(6):1755. doi: 10.3390/nu12061755 EDN: MAELIZ
17. Dargelos E, Poussard S, Brulé C, et al. Calcium-dependent proteolytic system and muscle dysfunctions: A possible role of calpains in sarcopenia. *Biochimie.* 2008;90(2):359–368. doi: 10.1016/j.biochi.2007.07.018 EDN: MHRJEF
18. Hernández-Camacho JD, Vicente-García C, Parsons DS, Navas-Enamorado I. Zinc at the crossroads of exercise and proteostasis. *Redox Biology.* 2020;35:101529. doi: 10.1016/j.redox.2020.101529 EDN: GYFFQI
19. Scott D, Blizzard L, Fell J, et al. Associations Between Dietary Nutrient Intake and Muscle Mass and Strength in Community-Dwelling Older Adults: The Tasmanian Older Adult Cohort Study. *Journal of the American Geriatrics Society.* 2010;58(11):2129–2134. doi: 10.1111/j.1532-5415.2010.03147.x
20. White SH, Wohlgemuth S, Li C, Warren LK. Rapid Communication: Dietary selenium improves skeletal muscle mitochondrial biogenesis in young equine athletes. *Journal of Animal Science.* 2017;95(9):4078. doi: 10.2527/jas2017.1919
21. Petermann-Rocha F, Chen M, Gray SR, et al. Factors associated with sarcopenia: A cross-sectional analysis using UK Biobank. *Maturitas.* 2020;133:60–67. doi: 10.1016/j.maturitas.2020.01.004 EDN: OGZVWK
22. ter Borg S, de Groot LCPGM, Mijnarends DM, et al. Differences in Nutrient Intake and Biochemical Nutrient Status Between Sarcopenic and Nonsarcopenic Older Adults—Results From the Maastricht Sarcopenia Study. *Journal of the American Medical Directors Association.* 2016;17(5):393–401. doi: 10.1016/j.jamda.2015.12.015
23. Xu B, Chen Z, Zhou W, et al. Associations between blood manganese levels and sarcopenia in adults: insights from the National Health and Nutrition Examination Survey. *Frontiers in Public Health.* 2024;12:1351479. doi: 10.3389/fpubh.2024.1351479 EDN: FQQQWX
24. van Dronkelaar C, Fultinga M, Hummel M, et al. Minerals and Sarcopenia in Older Adults: An Updated Systematic Review. *Journal of the American Medical Directors Association.* 2023;24(8):1163–1172. doi: 10.1016/j.jamda.2023.05.017 EDN: IKTVNW
25. van Dronkelaar C, van Velzen A, Abdelrazek M, et al. Minerals and Sarcopenia; The Role of Calcium, Iron, Magnesium, Phosphorus, Potassium, Selenium, Sodium, and Zinc on Muscle Mass, Muscle Strength, and Physical Performance in Older Adults: A Systematic Review. *Journal of the American Medical Directors Association.* 2018;19(1):6–11.e3. doi: 10.1016/j.jamda.2017.05.026
26. Chen LK, Woo J, Assantachai P, et al. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 Consensus Update on Sarcopenia Diagnosis and Treatment. *J Am Med Dir Assoc*. 2020;21(3):300–307.e2. doi: 10.1016/j.jamda.2019.12.012
27. Sun J, Yuan W, Chen M, et al. Possible sarcopenia and its risk factors in a home for seniors in Shanghai. *Asia Pac J Clin Nutr*. 2023;32(1):70–76. doi: 10.6133/apjcn.202303_32(1).0011
28. Dorhout BG, Overdevest E, Tieland M, et al. Sarcopenia and its relation to protein intake across older ethnic populations in the Netherlands: the HELIUS study. *Ethnicity & Health.* 2020;27(3):705–720. doi: 10.1080/13557858.2020.1814207 EDN: RYEXLB
29. Hua N, Zhang Y, Tan X, et al. Nutritional Status and Sarcopenia in Nursing Home Residents: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2022;19(24):17013. doi: 10.3390/ijerph192417013 EDN: OSEAMN
30. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al; Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing.* 2018;48(1):16–31. doi: 10.1093/ageing/afy169 EDN: OIPUXJ
31. Morley JE, Abbatecola AM, Argiles JM, et al. Sarcopenia With Limited Mobility: An International Consensus. *Journal of the American Medical Directors Association.* 2011;12(6):403–409. doi: 10.1016/j.jamda.2011.04.014
32. Rolland Y, Czerwinski S, van Kan GA, et al. Sarcopenia: Its Assessment, Etiology, Pathogenesis, Consequences and Future Perspectives. *The Journal of nutrition, health and aging.* 2008;12(7):433–450. doi: 10.1007/bf02982704 EDN: RDMICK
33. Papadopoulou S. Sarcopenia: A Contemporary Health Problem among Older Adult Populations. *Nutrients.* 2020;12(5):1293. doi: 10.3390/nu12051293 EDN: GATHWE

ОБ АВТОРАХ

*** Умарова Гульмира Арыстангалиевна;**
адрес: Республика Казахстан, 030019, Актобе, ул. Маресьева, д. 68;
ORCID: 0000-0001-7637-113X;
eLibrary SPIN: 9146-3959;
e-mail: uga_80@mail.ru

Батырова Гульнара Арыстангалиевна;
ORCID: 0000-0001-7970-4059;
eLibrary SPIN: 8584-5024;
e-mail: g.batyrova@zkmu.kz

Жубаниязова Аягуль Саясатовна;
ORCID: 0000-0002-0285-5462;
eLibrary SPIN: 6337-1280;
e-mail: a.zhubaniyazova@zkmu.kz

AUTHORS' INFO

*** Gulmira A. Umarova,** PhD;
address: 68 Maresyev st, Aktobe, Republic of Kazakhstan, 030019;
ORCID: 0000-0001-7637-113X;
eLibrary SPIN: 9146-3959;
e-mail: uga_80@mail.ru

Gulnara A. Batyrova, PhD;
ORCID: 0000-0001-7970-4059;
eLibrary SPIN: 8584-5024;
e-mail: g.batyrova@zkmu.kz

Ayagul S. Zhubaniyazova;
ORCID: 0000-0002-0285-5462;
eLibrary SPIN: 6337-1280;
e-mail: a.zhubaniyazova@zkmu.kz

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco635354 EDN: HIOESZ

Прогностические модели заболеваемости артериальной гипертензией у населения Западной Сибири в условиях климатических изменений

С.В. Андронов[1,2], Е.Н. Богданова[1,3], О.М. Шадуйко[1], А.А. Лобанов[1]

[1] Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия;
[2] Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, Россия;
[3] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Проблема развития артериальной гипертензии очень актуальна, особенно на территориях высоких широт, в плане сохранения трудоспособности населения, так как нередко приводит к длительной временной нетрудоспособности, повышению рисков инвалидизации и смертности. Изменение климата, в первую очередь сопряжённое с повышенной изменчивостью температуры, отрицательно связано с состоянием сердечно-сосудистой системы.

Цель. Построение прогностических моделей заболеваемости артериальной гипертензией на территории Западной Сибири (в Ямало-Ненецком автономном округе — ЯНАО и Тюменской области) в условиях климатических изменений.

Методы. Проведён мониторинг данных по первичной заболеваемости артериальной гипертензией на 1000 населения в ЯНАО и Тюменской области за 2010–2020 гг. Данные получены из ежегодных отчётов по первичной заболеваемости взрослого трудоспособного населения с официального сайта Минздрава России и среднегодовых значений температуры воздуха на основании данных Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Для исследования временно́го ряда использовали критерии Дики–Фуллера. Прогнозирование осуществляли на основе методологии Бокса–Дженкинса (АРПСС). Прогноз рассчитывали в подмодуле «Временны́е ряды/прогнозирование» с использованием модели авторегрессии и скользящего среднего АРПСС.

Результаты. Прогностические модели подтвердили наличие тенденции роста первичной заболеваемости артериальной гипертензией среди населения Арктической зоны Западной Сибири с учётом климатических изменений в течение 5 лет.

Заключение. С целью предотвращения роста артериальной гипертензии на региональном уровне следует разработать комплекс профилактических мероприятий, который позволит компенсировать влияние климатических изменений и обеспечит устойчивое формирование адаптационных механизмов для сохранения здоровья населения.

Ключевые слова: сердечно-сосудистые заболевания; физиологическая адаптация; прогнозирование; Арктический регион; изменение климата.

Как цитировать:
Андронов С.В., Богданова Е.Н., Шадуйко О.М., Лобанов А.А. Прогностические модели заболеваемости артериальной гипертензией у населения Западной Сибири в условиях климатических изменений // Экология человека. 2025. Т. 32, № 3. С. 160–171. DOI: 10.17816/humeco635354 EDN: HIOESZ

Рукопись поступила: 23.08.2024 **Рукопись одобрена:** 23.05.2025 **Опубликована online:** 27.06.2025

ЭКО • ВЕКТОР

Распространяется на условиях лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco635354 EDN: HIOESZ

Predictive Models for Hypertension Incidence in the Population of Western Siberia Under Climate Change Conditions

Sergei V. Andronov[1,2], Elena N. Bogdanova[1,3], Olga M. Shaduyko[1], Andrey A. Lobanov[1]

[1] Tomsk State University, Tomsk, Russia;
[2] Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia;
[3] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The development of arterial hypertension is a highly relevant issue, especially in high-latitude regions, due to its significant impact on the working population. It often leads to prolonged temporary incapacity to work, increasing the risks of disability and mortality. Climate change, primarily associated with increased temperature variability, has a negative impact on the cardiovascular system.

AIM: The work aimed to develop predictive models for hypertension incidence in Western Siberia (Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, YNAO and Tyumen Oblast) under climate change conditions.

METHODS: Monitoring of primary incidence rates of hypertension per 1000 population in YNAO and the Tyumen Oblast for the period 2010–2020 was conducted. The data were obtained from the annual reports on primary morbidity in the working-age adult population from the official website of the Ministry of Health of the Russian Federation, and from the average annual air temperature provided by the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. The Dickey–Fuller test was used for time series analysis. Forecasting was performed using the Box–Jenkins method (ARIMA). The forecast was calculated using the Time Series/Forecasting submodule based on the autoregressive integrated moving average (ARIMA) model.

RESULTS: The predictive models confirmed a growing trend the primary of hypertension in the Arctic zone of Western Siberia over the next five years, taking into account climate change.

CONCLUSION: To prevent the increase in hypertension at the regional level, a comprehensive set of preventive measures should be developed to mitigate the impact of climate change and support the sustainable formation of adaptive mechanisms for preserving public health.

Keywords: cardiovascular diseases; physiological adaptation; forecasting; Arctic region; climate change.

To cite this article:
Andronov SV, Bogdanova EN, Shaduyko OM, Lobanov AA. Predictive models for hypertension incidence in the population of Western Siberia under climate change conditions. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2025;32(3):160–171. DOI: 10.17816/humeco635354 EDN: HIOESZ

Received: 23.08.2024 **Accepted:** 23.05.2025 **Published online:** 27.06.2025

ECO•VECTOR

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco635354 EDN: HIOESZ

气候变化背景下西西伯利亚居民高血压发病率的预测模型

Sergei V. Andronov[1,2], Elena N. Bogdanova[1,3], Olga M. Shaduyko[1], Andrey A. Lobanov[1]

[1] Tomsk State University, Tomsk, Russia;
[2] Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia;
[3] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

摘要

论证。高血压发病问题在高纬度地区尤为严峻，对于劳动人口工作能力的维持具有重要意义。高血压常导致长期暂时性丧失劳动能力，并显著增加致残和死亡的风险。气候变化，首要特征为气温变异性增加，其与心血管系统的健康状况呈负相关关系。

目的。在气候变化条件下，建立适用于西西伯利亚地区(Yamalo-Nenets Autonomous Okrug,YNAO 和 Tyumen Oblast) 高血压发病率的预测模型。

材料与方法。对2010—2020年YNAO和Tyumen Oblast每千人口高血压初发病率进行了动态监测。数据来源包括：Ministry of Health of the Russian Federation官方网站发布的劳动年龄人口高血压初发病率年度报告，以及Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring提供的年平均气温数据。时间序列的研究采用了迪基－富勒检验。预测是基于Box–Jenkins方法（ARIMA）进行的。预测计算在“时间序列/预测”子模块中，使用自回归整合滑动平均模型（ARIMA）完成。

结果。所构建的预测模型证实，考虑气候变化因素后，西西伯利亚北极地区居民的高血压初发率在未来5年内存在增长趋势。

结论。为在地区层面遏制高血压发病率上升趋势，有必要制定综合性预防策略，以减弱气候变化对人群健康的不利影响，促进适应性机制的稳定建立，从而保障公众健康水平。

关键词：心血管疾病；生理适应；预测；北极地区；气候变化。

引用本文：
Andronov SV, Bogdanova EN, Shaduyko OM, Lobanov AA. 气候变化背景下西西伯利亚居民高血压发病率的预测模型. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2025;32(3):160–171. DOI: 10.17816/humeco635354 EDN: HIOESZ

收到: 23.08.2024 **接受:** 23.05.2025 **发布日期:** 27.06.2025

ECO•VECTOR
The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

ОБОСНОВАНИЕ

Согласно данным рабочей группы по объединённым моделям Всемирной программы исследования климата (WCRP), наиболее значительные изменения климата Земли происходят в области высоких широт Северного полушария. Если линейный тренд среднегодовой температуры воздуха с 1976 по 2019 г. для земного шара составил +0,16 °C/10 лет, то для Северного полушария скорость потепления в два раза выше — +0,32 °C/10 лет[1]. Ещё более высокие темпы потепления характерны для российского сектора Арктики, где линейный рост среднегодовой температуры достигает около 2,43 °C за 30 лет (или 0,81 °C/10 лет) [1]. Значительно ускоренное потепление Арктики отмечается с 1990-х гг.: быстрое потепление зим в 1970–1995 гг. и последующее похолодание — до 2010 г. [2].

Состояние внешней среды, природные условия вносят значительный вклад в формирование антропоэкологической ситуации. Согласно выводам, представленным в шестом докладе по итогам оценки Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), климатические риски растут опережающими темпами, что усложняет адаптацию к усилению глобального потепления[2]. Ещё в 2009 г. комиссия «Ланцет по вопросам здравоохранения и изменения климата» (The Lancet Health and Climate Change Commission) предупредила, что изменение климата является самой большой угрозой для здоровья населения планеты в XXI в. [3]. Одна из групп риска, уязвимая к последствиям изменений климата, — это лица, страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями, так как экстремальные температуры повышают риск неблагоприятных сердечно-сосудистых исходов [4, 5].

Современные тенденции глобального потепления и изменения климата оказывают глубокое влияние на эпидемиологию гипертонии и сердечно-сосудистых заболеваний, поскольку могут существенно повлиять как на вариабельность артериального давления, так и на сердечно-сосудистые заболевания, особенно у лиц с высоким сердечно-сосудистым риском и пожилых людей [6]. Вместе с тем Всемирная организация здравоохранения недооценивает влияние изменения климата на развитие артериальной гипертензии (АГ), по-прежнему отмечая среди ключевых факторов риска нездоровое питание, недостаточную физическую активность, употребление табака и алкоголя, избыточную массу тела, ожирение и загрязнение воздуха[3]. Однако исследования учёных с 1990-х гг. [7] подтверждают взаимосвязь повышения среднегодовой температуры воздуха из-за климатических изменений и развития риска АГ у пациентов групп риска [6, 8, 9].

Несмотря на наметившуюся в Российской Федерации устойчивую тенденцию к снижению смертности от болезней системы кровообращения, на территории страны эти показатели остаются одними из самых высоких в мире [10] и являются ведущей причиной смертности населения (более 50%). Значительное число исследований в России посвящено выявлению зависимости смертности от температуры воздуха, в частности, от волн тепла и холода. Некоторые подходы к изучению рисков температурных волн для здоровья были предложены российскими учёными в начале 2010-х гг. [11]. Также строились модели и разрабатывались прогнозы дополнительной смертности при повышении среднегодовой температуры воздуха как для отдельных городов [12, 13], так и для регионов России [14, 15]. Однако специфических работ о влиянии повышения температуры воздуха на развитие АГ, основанных на долговременном мониторинге в привязке к регионам с дискомфортными климатическими характеристиками, пока недостаточно [16].

Проблема развития АГ особенно актуальна на территориях высоких широт в плане сохранения трудоспособности, так как нередко приводит к длительной временной нетрудоспособности, повышению рисков инвалидизации и смертности населения. Соответственно, панели наблюдений, содержащих сведения о чувствительности пациентов к таким колебаниям, обеспечат формирование ценной базы знаний, которая необходима для своевременной корректировки адаптационных планов в Арктическом регионе, который весьма сензитивно реагирует на изменения климата.

Цель

Построение прогностических моделей заболеваемости АГ на территории Западной Сибири (в Ямало-Ненецком автономном округе — ЯНАО и Тюменской области) в условиях климатических изменений.

МЕТОДЫ

Проведён мониторинг данных о заболеваемости АГ на 1000 человек взрослого трудоспособного населения в ЯНАО и Тюменской области за 2010–2020 гг. и построена прогностическая модель заболеваемости АГ в зависимости от изменения климата. Материалом исследования являются статистические данные по первичной заболеваемости взрослого трудоспособного населения из ежегодных отчётов Минздрава Российской Федерации[4] и среднегодовые значения температуры воздуха

[1] World Climate Research Programme. Режим доступа: https://www.wcrp-climate.org Дата обращения: 12.08.2024.

[2] Изменение климата. Режим доступа: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health Дата обращения: 24.06.2024.

[3] Гипертония. Режим доступа: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/hypertension Дата обращения: 24.06.2024.

[4] Министерство здравоохранения Российской Федерации. Режим доступа: https://minzdrav.gov.ru/ru Дата обращения: 24.06.2024.

в Салехарде и Тюмени на основании данных Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды[5].

Выбор территории для изучения тенденции развития АГ обусловлен тем, что Сибирь является модульным регионом для исследования изменений климата. Пережившая катастрофические волны жары в 2010 и 2012 гг., она является одним из регионов, где в последнее время повысилась частота экстремальных климатических явлений [17]. Прогностические модели первичной заболеваемости АГ в ЯНАО и Тюменской области позволяют выявить тренды адаптации к повышению среднегодовых температур воздуха населения Арктической зоны Западной Сибири (ЯНАО), по сравнению с её более южным регионом — Тюменской областью.

Для анализа временны́х рядов выбрана пошаговая методика, которая включала пять этапов [18]:

1) построение временно́го ряда;

2) проверка ряда на стационарность, в результате чего определяется класс используемой модели — ARMA или ARIMA;

3) подбор параметров модели;

4) оценка достоверности и адекватности построенной модели;

5) прогноз на основе исследуемого временно́го ряда.

Прогнозирование осуществляли на основе методологии Бокса–Дженкинса (АРПСС). Для стационарного временно́го ряда была использована модель, которая структурно включала комбинации авторегрессии порядка *p* и скользящую среднюю порядка *q*. Для нестационарных данных Боксом и Дженкинсом предложена модель ARIMA (*p, d, q*), где *p, d, q* — структурные параметры, характеризующие порядок для соответствующих частей модели (авторегрессионной, интегрированной и скользящего среднего) [19].

В итоге работы построены среднесрочные (5 лет) модели прогноза развития АГ. Для оценки связи между временны́ми рядами температуры и заболеваемостью АГ применили кросс-корреляционный анализ, включая создание моделей с распределённым лагом [20]. Для снижения вероятности мультиколлинеарности использовали методику Альмона [21].

Для исследования временно́го ряда использовали критерии Дики–Фуллера [22]. Проверку адекватности модели проводили с помощью критерия Акаике (AIC) [23]. Прогноз построен путем расчёта в подмодуле «Временны́е ряды/прогнозирование» с использованием модели авторегрессии и скользящего среднего АРПСС.

Обработку полученных результатов выполняли с помощью пакета программ Statistica for Windows, v. 8.0 (StatSoft Inc., США) и Microsoft Excel (Microsoft, США). Достоверность различий считали установленной при $p < 0{,}05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 1 представлены временны́е ряды по динамике заболеваемости АГ на 1000 человек населения и среднегодового значения температуры воздуха в ЯНАО до преобразования, на рис. 2 — временно́й ряд по первичной заболеваемости АГ на 1000 человек населения в Тюменской области и среднегодового значения температуры воздуха в Тюменской области до преобразования.

Далее провели кросс-корреляционный анализ между временны́ми рядами температуры и заболеваемости АГ в ЯНАО и Тюменской области, для поиска связи изменяли длину лага и степень полинома Альмона. Нашли,

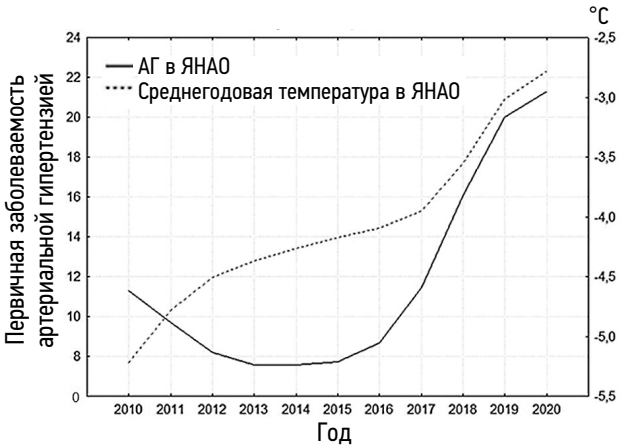

Рис. 1. Временны́е ряды первичной заболеваемости артериальной гипертензией (АГ) на 1000 человек населения и среднегодового значения температуры воздуха (°C) в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО) до преобразования.

Fig. 1. Time series of primary incidence of hypertension per 1000 population and average annual air temperature (°C) in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (YNAO) prior to transformation.

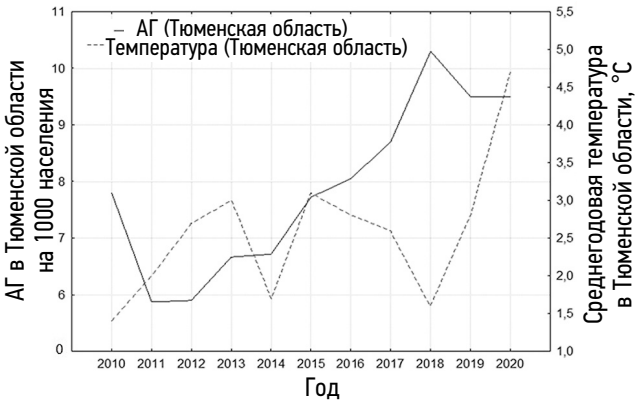

Рис. 2. Временны́е ряды первичной заболеваемости артериальной гипертензией (АГ) на 1000 человек населения и среднегодового значения температуры воздуха (°C) в Тюменской области до преобразования.

Fig. 2. Time series of primary incidence of hypertension per 1000 population and average annual air temperature(°C) in the Tyumen Oblast before transformation.

[5] Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Режим доступа: https://www.meteorf.gov.ru/ Дата обращения: 24.06.2024.

Almon Polyn. Distr.Lags; Regression Coefficients (Анализ ЯНАО1.sta)
Indep: АГ в ЯНАО Dep: Среднегодовая температура ЯНАО Салехард
Lag: 3 Polyn. order: 2 R= ,9886 R-square= ,9773 N: 8

Lag	Regressn Coeff.	Standard Error	t(4)	p
0	-0,325919473584	0,094989413173	-3,43111366515	0,026508568726
1	0,401889511736	0,079732124464	5,04049671872	0,007279526161
2	0,262204624396	0,087473805767	2,99752162488	0,040039724917
3	-0,744974135605	0,088968513587	-8,37345826705	0,001112567941

Almon Polyn. Distr.Lags; Analysis of Variance
Indep: АГ в ЯНАО Dep: Среднегодовая темп
Lag: 3 Polyn. order: 2 R= ,9886 R-square= ,97

Effect	Sums of Squares	df	Mean Square	F	p
Regress.	137,3758	4	34,34396	43,14358	0,001516
Residual	3,1842	4	0,79604		
Total	140,5600				

Almon Polyn. Distr.Lags; Alpha Coefficients (Анализ ЯНАО1.sta)
Indep: АГ в ЯНАО Dep: Среднегодовая температура ЯНАО Салехард
Lag: 3 Polyn. order: 2 R= ,9886 R-square= ,9773

poly-nomial	**Alpha Coeff.**	Standard Error	t(5)	p
0	-0,325919473584	0,094989413173	-3,43111366515	0,018613136327
1	1,161555921651	0,244521724648	4,75031788412	0,005103080977
2	-0,433746936330	0,079002220943	-5,49031319819	0,002736168573

Рис. 3. Расчётные статистики модели с распределёнными лагами между температурой и первичной заболеваемостью артериальной гипертензией для Ямало-Ненецкого автономного округа.
Fig. 3. Estimation statistics of the distributed lag model between temperature and hypertension incidence in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug.

что для описания зависимости между температурой и заболеваемостью в ЯНАО наилучшим качеством приближения коэффициента детерминации (0,97) обладает модель со степенью полинома 2. Наивысший уровень статистической значимости при этом соответствует длине лага 3 (рис. 3).

Полученные расчётные статистики позволят написать модель зависимости показателя первичной заболеваемости АГ от среднегодовой температуры для ЯНАО в явном виде (первичная заболеваемость АГ измеряется как число случаев на 1000 населения, температура — в градусах Цельсия):

Заболеваемость_АГ(t)=–0,32592×Температура(t)+ 1,162×Температура(t–1)–0,434×Температура(t–2).

После необходимых преобразований и проверки их адекватности выполнен прогноз на основе исследуемого временнóго ряда. Модель ARIMA (p, d, q) «АГ в ЯНАО» можно описать как (0, 0, 1) (0, 1, 0), начальный SS=87,2, окончательный SS=43,9, MS остатков=5,5. Критерий Акаике равен 8. Параметры модели: d=1; q=1; константа модели равна 0,998±1,51; рассчитанный программой Statistica q равен –0,99±0,025 (рис. 4).

Таким образом, итоговая модель приняла следующий вид:

$$\Delta X=0{,}998-0{,}99\Delta X_{t-1}+1\Delta X_{t-2}+\varepsilon_t.$$

При помощи полученной модели спрогнозированы значения первичной заболеваемости АГ в ЯНАО на 5 лет вперёд. Результаты прогноза приведены в табл. 1.

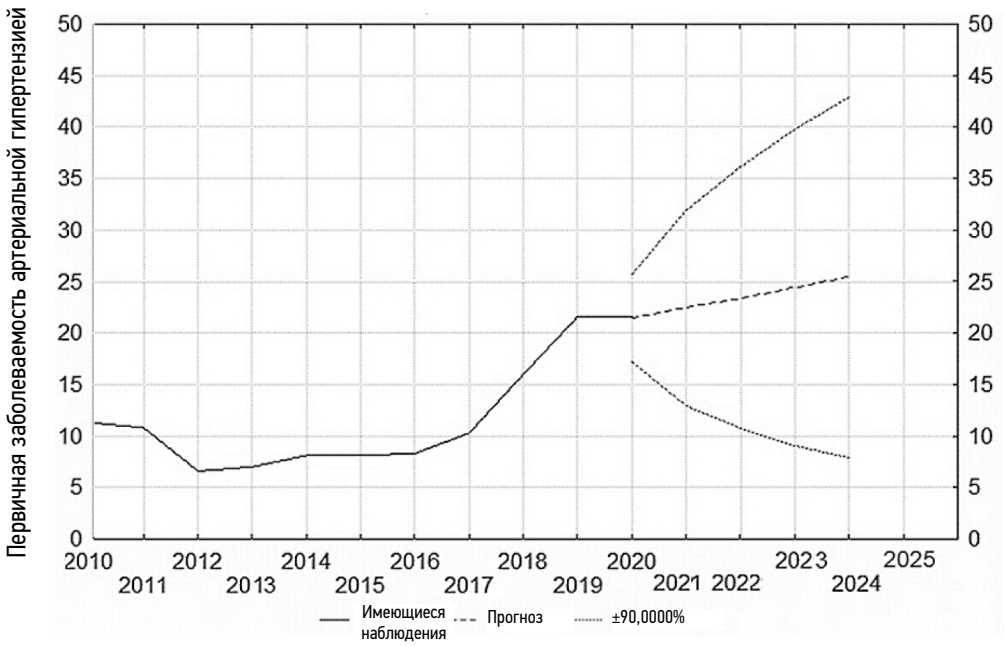

Рис. 4. ARIMA-модель прогноза первичной артериальной гипертензии в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО).
Fig. 4. ARIMA forecast of hypertension incidence in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (YNAO).

Таблица 1. Прогностические значения первичной заболеваемости артериальной гипертензией (на 1000 трудоспособного населения) в Ямало-Ненецком автономном округе на 5 лет

Table 1. Predictive values of incidence of hypertension (per 1000 working-age population) in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug for a 5-year period

Год наблюдения	Прогностическое значение	–90,0%	+90,0%	Стандартная ошибка	Наблюдаемые значения	Остатки
2020	21,44	17,2	25,7	2,302	21,6	0,16
2021	22,44	12,9	31,96	5,12	**23,65**	1,2
2022	23,44	10,7	36,2	6,9	**24,5**	1,1
2023	24,44	9,1	39,8	8,25	–	–
2024	25,43	7,9	42,97	9,43	–	–

Примечание. Выделены преобразованные данные согласно постановлению и сборнику с сайта департамента здравоохранения Ямало-Ненецкого автономного округа за 2022 г.

Almon Polyn. Distr.Lags; Regression Coefficients (Тюм область.sta)
Indep: АГ Dep: Температура
Lag: 1 Polyn. order: 0 R= ,9532 R-square= ,9086 N: 10

Lag	Regressn Coeff.	Standard Error	t(8)	p
0	0,169906812795	0,017963321029	9,458541242187	0,000012841711
1	0,169906812795	0,017963321029	9,458541242187	0,000012841711

Almon Polyn. Distr.Lags; Analysis of Variance (T
Indep: АГ Dep: Температура
Lag: 1 Polyn. order: 0 R= ,9532 R-square= ,9086

Effect	Sums of Squares	df	Mean Square	F	p
Regress.	72,57865	2	36,28933	39,76178	0,000070
Residual	7,30135	8	0,91267		
Total	79,88000				

Almon Polyn. Distr.Lags; Alpha Coefficients (Тюм область.sta)
Indep: АГ Dep: Температура
Lag: 1 Polyn. order: 0 R= ,9532 R-square= ,9086 N: 10

poly-nomial	Alpha Coeff.	Standard Error	t(9)	p
0	0,169906812795	0,017963321029	9,458541242187	0,00000567

Рис. 5. Расчётные статистики модели с распределёнными лагами между температурой и первичной заболеваемостью артериальной гипертензией для Тюменской области.

Fig. 5. Estimation statistics of the distributed lag model between temperature and hypertension incidence in the Tyumen Oblast.

Достоверность и адекватность полученных результатов подтверждены сопоставлением фактических и прогностических параметров, а также на основании высокого значения коэффициента детерминации. Итак, в соответствии с полученными прогнозными оценками динамика значения первичной заболеваемости АГ в ЯНАО на 5 лет примет положительный тренд (см. рис. 4).

Провели кросс-корреляционный анализ между временны́ми рядами температуры и заболеваемости АГ в Тюменской области, для поиска связи изменяли длину лага и степень полинома Альмона и нашли, что для описания зависимости между температурой и заболеваемостью в Тюменской области наилучшим качеством приближения коэффициента детерминации (0,91) обладает модель со степенью полинома 0. Наивысший уровень статистической значимости при этом соответствует длине лага 1 (рис. 5).

Полученные расчётные статистики позволят написать модель зависимости показателя первичной заболеваемости АГ от среднегодовой температуры для Тюменской области в явном виде (первичная заболеваемость АГ измеряется как число случаев на 1000 населения, температура – в градусах Цельсия):

$$\text{Заболеваемость_АГ}(t)=0{,}1699\times\text{Температура}(t)+0{,}1699\times\text{Температура}(t-1).$$

После необходимых преобразований и проверки их адекватности выполнен прогноз на основе исследуемого временно́го ряда. Модель ARIMA (p, d, q) «АГ в Тюменской области» можно описать как (0, 1, 1) (0, 0, 1), начальный SS=21,01, окончательный SS=9,37, MS остатков=0,52. Критерий Акаике равен 5. Параметры модели: d=1; q=1; Qs=1 (сезонный лаг 7); константа модели равна 0,43±0,14; рассчитанный программой Statistica q равен –0,13±0,2; рассчитанный программой Statistica Qs равен 1,0±0,008 (рис. 6).

Таким образом, итоговая модель приняла следующий вид:

$$Y=0{,}43+(1+0{,}13\times L)\,(1-0{,}99\times L7)\times\varepsilon t.$$

При помощи полученной модели были спрогнозированы значения первичной заболеваемости АГ в Тюменской области на 5 лет вперёд. Результаты прогноза приведены в табл. 2. Достоверность и адекватность полученных результатов подтверждены сопоставлением фактических и прогностических параметров, а также на основании высокого значения коэффициента детерминации.

Согласно данным департамента здравоохранения Тюменской области, в 2021–2022 гг. зафиксирован рост болезни, характеризующейся повышенным кровяным

Таблица 2. Прогностические значения первичной заболеваемости артериальной гипертензией в Тюменской области (на 1000 трудоспособного населения) на 5 лет

Table 2. Predictive values of incidence of hypertension in the Tyumen Oblast (per 1000 working-age population) for a 5-year period

Год наблюдения	Прогностическое значение	–90,0%	+90,0%	Стандартная ошибка	Наблюдаемые значения	Остатки
2020	9,48	8,22	10,74	0,73	9,5	0,024
2021	9,51	7,61	11,41	1,1	–	–
2022	9,54	7,16	11,92	1,37	–	–
2023	9,57	6,8	12,35	1,6	–	–
2024	9,63	6,51	12,75	1,8	–	–

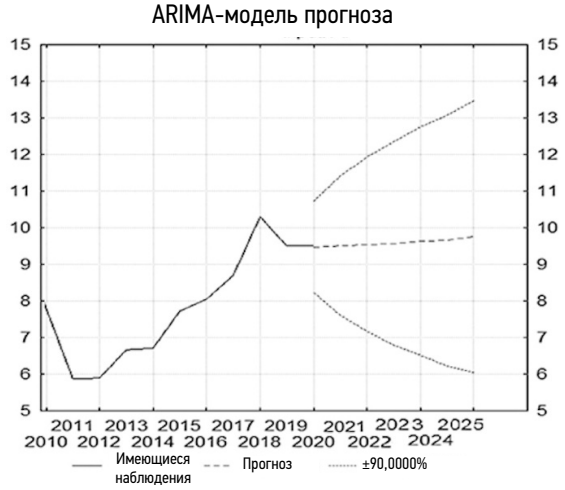

Рис. 6. ARIMA-модель прогноза артериальной гипертензии в Тюменской области.
Fig. 6. ARIMA forecast of hypertension incidence in the Tyumen Oblast.

давлением: с 11 тыс. случаев в 2021 г. до 15 тыс. в 2022 г. по Тюменской области без автономных округов[6].

Достоверность и адекватность полученных результатов подтверждены сопоставлением фактических и прогностических параметров, а также на основании высокого значения коэффициента детерминации.

Итак, в соответствии с полученными прогнозными оценками динамика значения первичной заболеваемости АГ в Тюменской области на 5 лет примет медленно восходящий тренд. Полученные результаты во многом свидетельствуют о перспективности выбранного инструментария прогнозирования, основанного на использовании алгоритмов авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

Прогностические модели подтвердили наличие тенденции роста первичной заболеваемости АГ среди населения арктической зоны Западной Сибири с учётом климатических изменений в течение пяти лет. Мы исходили из гипотезы, что изменение распространённости заболевания АГ в арктической зоне Западной Сибири будет соответствовать динамике распространённости заболеваний в более южных регионах при достижении близких значений среднегодовой температуры. Западная Сибирь является удобным регионом для апробации данной гипотезы, так как территория, расположенная в Арктике (ЯНАО), и южная часть (Тюменская область) близки по этническому, социальному, половозрастному составу и уровню эффективности здравоохранения, не разделены горными системами и находятся в зоне влияния западного переноса воздушных масс, но отличаются среднегодовой температурой.

Обсуждение основного результата исследования

Известно, что изменение климата усилит тепловое воздействие летом, предполагается, что более высокие температуры зимой в значительной степени компенсируют эти неблагоприятные последствия в летнее время, но данное исследование является важным примером того, как вызванная климатом повышенная изменчивость температуры может отрицательно сказаться на здоровье человека даже в холодное время года. В целом исследование дополняет накопленные доказательства того, что изменение климата негативно сказывается на здоровье (в том числе сердечно-сосудистой системы) не только из-за экстремальной жары, но и оказывает значительное круглогодичное неблагоприятное воздействие на человека [24].

В последние годы в научных исследованиях всё чаще отмечается неблагоприятное воздействие погоды и климата на частотность различных симптомов сердечно-сосудистых заболеваний [25, 26], выявлена их связь с «тепловым стрессом». Внезапные изменения метеорологических параметров потенциально влияют на уровень смертности из-за сердечно-сосудистых заболеваний [27]. Например, с понижением температуры в Норвегии отмечен рост заболеваемости и летальных исходов от ишемической болезни сердца [28]. Вместе с тем, по данным

[6] Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru Дата обращения: 24.06.2024.

финских учёных [29], была предположена связь между волнами жары и возникновением определённых сердечно-сосудистых заболеваний: подтвердилась взаимосвязь между повышенной температурой воздуха и увеличением числа госпитализаций в больницы Хельсинки по причине цереброваскулярных заболеваний. В другом исследовании подтверждено, что при прогнозе изменения климата с высоким содержанием парниковых газов в большинстве регионов произойдет резкое увеличение смертности, связанной с жарой, которое не будет сопровождаться снижением смертности, связанной с холодом, и приведёт к значительному положительному увеличению смертности [30].

Предыдущие исследования также показали, что воздействие чрезвычайно высоких температур может увеличить потоотделение и приток крови к коже, а также вызвать потерю воды и обезвоживание, увеличить сердечный выброс [31]. Когда происходит нарушение терморегуляции, повышается основная температура тела, что может привести к системному воспалению, окислительному стрессу, эндотелиальной дисфункции и цитотоксическим эффектам, а также потенциально провоцирует ишемию миокарда [32].

Стоит отметить, что вопрос о связи между высокой температурой окружающей среды и госпитализацией по поводу гипертонии требует более детального изучения. В настоящее время подтверждено снижение риска госпитализации, связанной с жарой, но не изучался возможный эффект воздействия холода [33–46]. В более ранних исследованиях отмечалось повышение диастолического и систолического артериального давления в зимний период [37]. Однако есть ряд исследований, которые отрицают очевидную связь между температурным режимом (и его изменчивостью) и риском развития сердечно-сосудистых заболеваний [38], в том числе по причине повышенных температур воздуха (жара) [39, 40].

Механизмы, которые могут привести к развитию сердечно-сосудистых заболеваний: в зимний сезон с низкими температурами повышаются систолическое и диастолическое артериальное давление, концентрация холестерина липопротеидов низкой плотности в сыворотке крови, частота сердечных сокращений, концентрация фибриногена в плазме крови, вязкость тромбоцитов и сужение периферических сосудов, а также снижается уровень холестерина липопротеидов высокой плотности, что повышает риск осложнений у людей с заболеваниями сердца [41–44].

Возраст идентифицируется как возможный фактор риска, поскольку лица старше 65 лет чаще посещают врачей или госпитализируются по поводу сердечно-сосудистых заболеваний [40, 45, 46], что согласуется с результатами более ранних исследований [47, 48]. Это может быть связано с физиологическими изменениями, вызванными старением: пожилые люди испытывают центральную нагрузку на сердечно-сосудистую систему в дополнение к снижению способности к терморегуляции и перераспределению кровотока, тем самым повышается их уязвимость к высоким температурам. Таким образом, влияние высоких температур на количество специфических сердечно-сосудистых заболеваний может варьировать в зависимости от возраста из-за факторов, выходящих за рамки физиологических, включая социально-демографические условия и окружающую среду [49].

Современные представления о взаимосвязи температуры с заболеваемостью и смертностью включают U- или V-образную зависимости между воздействием и исходом. То есть заболеваемость и смертность продолжают расти за пределами как высокого, так и низкого температурного порога [50, 51]. Можно предположить, что особенности природной и социальной среды, уникальные для каждого района, могут изменять воздействие высоких температур на здоровье в разных географических регионах.

Вся территория ЯНАО, включённого в настоящее исследование, климатически расположена в абсолютно и резко дискомфортной зоне, что оказывает влияние на здоровье человека. Изменение климата наиболее динамично происходит в Арктике, что влияет на распространённость заболеваний сердца и сосудов как непосредственно через увеличение частоты экстремальных погодных явлений, так и опосредованно, через изменение условий оленеводства и местного рыболовства, обеспечивающих население традиционными продуктами питания, которые имеют значительную профилактическую активность. Увеличение среднегодовой температуры может влиять на здоровье арктического населения как через увеличение периодов нестабильного атмосферного давления, инверсию слоев холодного и тёплого воздуха, ветрового режима, так и через изменение экологических условий для промысловых видов рыб, млекопитающих, дикоросов. Волны жары, маловодные периоды, ветровые устьевые сгоны воды могут не только снизить продуктивность традиционных мест лова, но и влиять на видовой состав вылова и изменения времени лова. Данные изменения неизбежно будут влиять на жирно-кислотный и микроэлементный состав рациона, на формирование дефицита омега-3 жирных кислот, магния, снижение доли белковых продуктов и увеличение потребления легкоусвояемых углеводов. Это закономерно будет приводить к увеличению распространённости заболеваемости АГ [52].

Ограничения исследования

Как и другие методы анализа временны́х рядов, текущее исследование имеет ограничения. Во-первых, не учитывалась подробная персональная информация о социально-экономическом статусе пациентов, статусе курения, приёме лекарств, питании или наличии сопутствующих заболеваний, так как исследование основано на анализе агрегированных статистических данных. Это также ограничило нашу способность исключать некоторые причины сердечно-сосудистых заболеваний, которые

не связаны исключительно с температурой, что может привести к ошибке и, вероятно, приведёт к смещению оценок эффекта в сторону нуля. Кроме того, на результаты исследования могут повлиять факторы, которые изменяют влияние температуры на кардиологическую заболеваемость (например, социальные факторы, демография, инфраструктурные факторы, характеристики жилья и доступ к кондиционированию воздуха) [53].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема изучения влияния природно-климатических изменений как одного из значимых факторов риска на развитие сердечно-сосудистых заболеваний требует особого внимания, мониторинга и прогнозирования. Колебания температурных режимов и повышение частотности экстремальных природных явлений оказывают негативное влияние на здоровье человека и, что важно, будут сохранять круглогодичное неблагоприятное воздействие, особенно на состояние сердечно-сосудистой системы у лиц с высоким сердечно-сосудистым риском. Повышение температуры воздуха, волн жары в связи с изменением климата становится дополнительной нагрузкой на организм людей в Арктике, который уже адаптирован к низким температурам. При этом, как показали предыдущие исследования, механизмы адаптации к данным климатическим изменениям не совсем эффективно работают у одной из ключевых групп риска развития сердечно-сосудистых заболеваний — у лиц старше 65 лет.

С учётом того, что частотность экстремальных природно-климатических явлений в Арктическом регионе стала наиболее очевидной на протяжении последних 30 лет, а эпидемиологическая картина в мире значительно изменилась по сравнению с предыдущим столетием, допускаем, что произойдет расширение потенциальных групп риска. Этот вопрос остался за рамками нашего исследования, но представляет интерес для будущих научных изысканий. Перспективным направлением станет и прогнозирование развития АГ у населения, проживающего в различных климатических поясах, а также анализ моделей адаптации к климатическим изменениям.

Прогностическая модель зависимости распространённости заболеваний сердца и сосудов от увеличения среднегодовой температуры воздуха показала, что заболеваемость будет увеличиваться. Метод сравнения прогностических моделей распространённости заболеваний сердца и сосудов в регионах, расположенных на территории Западно-Сибирской равнины, близких по этническому, социальному составу населения и уровню медицинской помощи, но отличающихся среднегодовой температурой, показывает, что при достижении среднегодовой температуры выше 1,5 °C линейная зависимость заболеваемости от среднегодовой температуры будет ослабевать, увеличиваться амплитуда циклических изменений, повышаться влияние на процесс неклиматических факторов. Положительное влияние среднегодовой температуры может реализоваться через появление практики культивирования более южных сельскохозяйственных растений и животных, снижение климатической, адаптационной нагрузки.

Это свидетельствует о необходимости комплексного подхода к профилактике сердечно-сосудистых заболеваний (в том числе предотвращения роста развития АГ) и важности реализации на региональном уровне превентивных мероприятий, которые позволят компенсировать влияние климатических изменений и обеспечить устойчивое формирование адаптационных механизмов для сбережения здоровья населения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. С.В. Андронов — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи; Е.Н. Богданова — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; О.М. Шадуйко — редактирование статьи; А.А. Лобанов — курация, редактирование статьи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Настоящее исследование не требует получения одобрения этического комитета, поскольку данные о случаях заболевания получены из открытых официальных статистических источников, клинические исследования не проводили.

Источники финансирования. Исследования частично финансировались в рамках проекта № НУ 2.2.1.24 ОНГ программы ТГУ «Приоритет-2030».

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: S.V. Andronov: sources review, writing—original draft, writing—review & editing; E.N. Bogdanova: sources review, writing—original draft; O.M. Shaduyko: writing—review & editing; A.A. Lobanov: supervision, writing—review & editing. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: Ethics approval was not required for this study, as it used publicly available official statistical data and did not involve any clinical study.

Funding sources: The research was partially funded under Project No. NU

2.2.1.24 ONG of the Tomsk State University "Priority 2030" program.
Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.
Statement of originality: No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work, as no new data was collected or created.
Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Provenance and peer-review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Report on the peculiarities of the climate in the territory of the Russian Federation for 2019. Moscow: Rosgidromet; 2020. 97 p. (In Russ.) ISBN 978-5-906099-58-7
2. Report on the peculiarities of the climate in the territory of the Russian Federation for 2022. Moscow: Rosgidromet; 2023. 104 p. (In Russ.) ISBN 978-5-906099-58-7
3. Romanello M, Di Napoli C, Drummond P, et al. The 2022 report of the Lancet Countdown on health and climate change: health at the mercy of fossil fuels. *Lancet*. 2022;400(10364):1619–1654. doi: 10.1016/S0140-6736(22)01540-9
4. Khraishah H, Alahmad B, Ostergard RL Jr, et al. Climate change and cardiovascular disease: implications for global health. *Nat Rev Cardiol*. 2022;19(12):798–812. doi: 10.1038/s41569-022-00720-x
5. Bennett MT, Gagnon D, Reeves F. Not for the faint of heart: environmental influences on cardiovascular health. Can J Cardiol. 2023;39(9):1163–1165. doi: 10.1016/j.cjca.2023.07.026
6. Park S, Kario K, Chia YC, et al. The influence of the ambient temperature on blood pressure and how it will affect the epidemiology of hypertension in Asia. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2020;22(3):438–444. doi: 10.1111/jch.13762
7. Kunes J, Tremblay J, Bellavance F, Hamet P. Influence of environmental temperature on the blood pressure of hypertensive patients in Montréal. *Am J Hyperten*. 1991;4(5 Pt 1):422–426. doi: 10.1093/ajh/4.5.422
8. Reeves F, Potter BJ. Toward a cardio-environmental risk model: environmental determinants of cardiovascular disease. *Can J Cardiol*. 2023:39(9):1166–1181. doi: 10.1016/j.cjca.2023.06.419
9. Rios FJ, Montezano AC, Camargo LL, Touyz RM. Impact of environmental factors on hypertension and associated cardiovascular disease. *Can J Cardiol*. 2023:39(9):1229–1243. doi: 10.1016/j.cjca.2023.07.002
10. Evdakov VA, Starodubov VI, Oleynik BA, et al. Correlation between regular medical check-up indicators and mortality from coronary heart disease in Kursk, Kurgan regions and in the Russian Federation. *Russian Journal of Preventive Medicine and Public Health*. 2023;26(8):22–30. doi: 10.17116/profmed20232608122 EDN: UYGOVI
11. Shaposhnikov DA, Revich BA. On some approaches to calculation of health risks caused by temperature waves. *Health Risk Analysis*. 2018;(1):22–31. doi: 10.21668/health.risk/2018.1.03 EDN: YUOPGR
12. Shaposhnikov DA, Revich BA, Meleshko VP, et al. Experience of predicting of expected excess mortality due to climate change: a case study in Arkhangelsk. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2013;20(8):17–23. EDN: RAHIWP
13. Shaposhnikov DA, Revich BA. Heat waves and their imdact on mortality risk in Arctic and Subarctic cities. Scientific Proceedings: Institute of Economic Forecasting RAS. 2019;17:269–283. doi: 10.29003/m821.sp_ief_ras2019/269-283 EDN: ZWJQZP
14. Revich BA. Heat-wave, air quality and mortality in European Russia in summer 2010: preliminary assessment. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2011;18(7):3–9. EDN: NXVVRJ
15. Revich BA, Shaposhnikov DA. Influence features of cold and heat waves to the population mortality — the city with sharply continental climate. *Siberian Medical Review*. 2017;(2):84–90. doi: 10.20333/2500136-2017-2-84-90 EDN: YUBVVH
16. Rastokina TN, Kudryavtsev AV, Unguryanu TN. Association between atmospheric air temperature and blood pressure among adult population in different seasons. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(6):417–427. doi: 10.17816/humeco456483 EDN: GLERDV
17. Watanabe T, Matsuyama H, Kuzhevskaia I, et al. Long-term trends of extreme climate indexes in the southern part of siberia in comparison with those of surrounding regions. *Atmosphere*. 2023;14(7):1131. doi: 10.3390/atmos14071131
18. Dubrovskaya LI. *Forecasting of time series in the Statistica package: methodological guidelines*. Tomsk: Tomskij gosudarstvennyj universitet; 2012. 36 p. (In Russ.) URL: https://core.ac.uk/download/pdf/287482535.pdf
19. Box J, Jenkins G. *Time series analysis, forecasting and management*. Issue 1. Moscow: Mir; 1974. 406 p. (In Russ.)
20. Afanasyev VN, Voronov EV. Statistical analysis of budget assignments for socio-economic purposes dependence on the general tariff rates established on account of the distributed lag. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2005;(4):117–119. EDN: MUJCWT
21. Ratner SV, Ratner MD. Evaluation of efficiency of regional ecologic management systems. *Izvestia Volgograd State Technical University*. 2017;(7):8–16. EDN: ZGQRJV
22. Dickey DA, Fuller WA. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*. 1979;74(366):427–431. doi: 10.1080/01621459.1979.10482531
23. Akaike H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*. 1974;19(6):716–723. doi: 10.1109/TAC.1974.1100705
24. Rahman M, Garcia E, Lim CC, et al. Temperature variability associations with cardiovascular and respiratory emergency department visits in Dhaka, Bangladesh. *Environ Int*. 2022;164:107267. doi: 10.1016/j.envint.2022.107267
25. Rusticucci, M, Bettolli L.M, Harris MLA. Association between weather conditions and the number of patients at the emergency room in an Argentine hospital. *Int J Biometeorol*. 2002;46(1):42–51. doi: 10.1007/s00484-001-0113-z
26. Lecha Estela LB. Biometeorological classification of daily weather types for the humid tropics. *Int J Biometeorol*. 1998;42(2):77–83. doi: 10.1007/s004840050088
27. Plavcová E, Kysel J. Effects of sudden air temperature and pressure changes on mortality in the Czech Republic. *Epidemiol Mikrobiol Imunol*. 2009;58(2):73–83.
28. Tollefsen NH, Dickstein K. Are emergency admissions to medical departments dependent on weather? *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2000;120(30):3678–3679.
29. Sohail H, Kollanus V, Tiittanen P, et al. Heat, heatwaves and cardiorespiratory hospital admissions in Helsinki, Finland. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21):7892. doi: 10.3390/ijerph17217892
30. Gasparrini A, Guo Y, Sera F, et al. Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *Lancet Planet Health*. 2017;1(9):e360–e367. doi: 10.1016/S2542-5196(17)30156-0
31. Liu C, Yavar Z, Sun Q. Cardiovascular response to thermoregulatory challenges. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2015;309(11):H1793–H1812. doi: 10.1152/ajpheart.00199.2015
32. Alahmad B, Khraishah H, Shakarchi AF, et al. Cardiovascular mortality and exposure to heat in an inherently hot region: implications for climate change. *Circulation*. 2020;141(15):1271–1273. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.119.044860
33. Lin S, Luo M, Walker RJ, et al. Extreme high temperatures and hospital admissions for respiratory and cardiovascular diseases. *Epidemiology*. 2009;20(5):738–746. doi: 10.1097/EDE.0b013e3181ad5522

34. Zhang M, Zhang Ya, Zhang J, Lin Sh. Time series analysis of the impact of meteorological conditions and air quality on the number of medical visits for hypertension in Haikou City, China. *Atmosphere*. 2024:15(3):370. doi: 10.3390/atmos15030370
35. Drapkina OM, Zyryanov SK, Shepel RN, et al. Meteoropathy: myth or reality? assessment of the relationship between cardiovascular diseases and weather conditions according to data from a Moscow hospital. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2024;23(5):45–54. doi: 10.15829/1728-8800-2024-4002 EDN: DVOFQR
36. Skutecki R, Jalali R, Dragańska E, et al. UTCI as a bio-meteorological tool in the assessment of cold-induced stress as a risk factor for hypertension. *Sci Total Environ*. 2019:688:970–975. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.06.28
37. Barnett AG, Sans S, SalomaaV, et al. The effect of temperature on systolic blood pressure. *Blood Press Monit*. 2007;12(3):195–203. doi: 10.1097/MBP.0b013e3280b083f4
38. Turner LR, Barnett AG, Connell D, Tong S. Ambient temperature and cardiorespiratory morbidity: a systematic review and meta-analysis. *Epidemiology*. 2012;23(4):594–606. doi: 10.1097/EDE.0b013e3182572795
39. Gronlund CJ, Zanobetti A, Schwartz JD, et al. Heat, heat waves, and hospital admissions among the elderly in the United States, 1992–2006. *Environ Health Perspect*. 2014;122(11):1187–1192. doi: 10.1289/ehp.1206132
40. Martínez-Solanas È, Basagaña X. Temporal changes in the effects of ambient temperatures on hospital admissions in Spain. *PLoS ONE*. 2019;14(6):e0218262. doi: 10.1371/journal.pone.0218262
41. Rocklov J, Forsberg B. The effect of temperature on mortality in Stockholm 1998–2003: a study of lag structures and heatwave effects. *Scand J Public Health*. 2008;36(5):516–523. doi: 10.1177/1403494807088458
42. Baccini M, Biggeri A, Accetta G, et al. Heat effects on mortality in 15 European cities. *Epidemiology*. 2008;19(5):711–719. doi: 10.1097/EDE.0b013e318176bfcd
43. Hong YC, Kim H, Oh SY, et al. Association of cold ambient temperature and cardiovascular markers. *Sci Total Environ*. 2012;435–436:74–79. doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.02.070
44. Lavigne E, Gasparrini A, Wang X, et al. Extreme ambient temperatures and cardiorespiratory emergency room visits: assessing risk by comorbid health conditions in a time series study. *Environmental Health*. 2014;13(1):5. doi: 10.1186/1476-069X-13-5
45. Ha S, Talbott EO, Kan H, et al. The effects of heat stress and its effect modifiers on stroke hospitalizations in Allegheny County, Pennsylvania. *Int Arch Occup Environ Health*. 2014;87(5):557–565. doi: 10.1007/s00420-013-0897-2
46. Isaksen TB, Yost MG, Hom EK, et al. Increased hospital admissions associated with extreme-heat exposure in King County, Washington, 1990–2010. *Rev Environ Health*. 2015;30(1):51–64. doi: 10.1515/reveh-2014-0050
47. Kenney WL, Craighead DH, Alexander LM. Heat waves, aging, and human cardiovascular health. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(10):1891–1899. doi: 10.1249/MSS.0000000000000325
48. Revich B, Shaposhnikov D. Excess mortality during heat waves and cold spells in Moscow, Russia. *Occup Environ Med*. 2008:65(10):691–696. doi: 10.1136/oem.2007.033944
49. Bayentin L, El Adlouni S, Ouarda TB, et al. Spatial variability of climate effects on ischemic heart disease hospitalization rates for the period 1989–2006 in Quebec, Canada. *Int J Health Geogr*. 2010;9:5. doi: 10.1186/1476-072X-9-5
50. Ye X, Wolff R, Yu W, et al. Ambient temperature and morbidity: A review of epidemiological evidence. *Environ Health Perspect*. 2012;120(1):19–28. doi: 10.1289/ehp.1003198
51. Rowland ST, Boehme AK, Rush J, et al. Can ultra short-term changes in ambient temperature trigger myocardial infarction? *Environ Int*. 2020;143:105910. doi: 10.1016/j.envint.2020.105910
52. Bogdanova E, Andronov S, Lobanov A, et al. The impact of climate change on the food (in)security of the siberian indigenous peoples in the Arctic: environmental and health risks. *Sustainability*. 2021;13(5):1–23. doi: 10.3390/su13052561
53. Hajat S, Kosatky T. Heat-related mortality: a review and exploration of heterogeneity. *J Epidemiol Community Health*. 2010;64(9):753–760. doi: 10.1136/jech.2009.087999

ОБ АВТОРАХ

*** Богданова Елена Николаевна,** канд. экон. наук, доцент;
адрес: Россия, 163002, Архангельск,
наб. Северной Двины, д. 17;
ORCID: 0000-0001-9610-4709;
eLibrary SPIN: 8898-1379;
e-mail: bogdanova.en@yandex.ru

Андронов Сергей Васильевич, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-5616-5897;
eLibrary SPIN: 6926-4831;
e-mail: sergius198010@mail.ru

Шадуйко Ольга Михайловна, канд. ист. наук;
ORCID: 0000-0002-2031-4248;
eLibrary SPIN: 8042-6815;
e-mail: dolcezzamia@mail.ru

Лобанов Андрей Александрович, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0002-6615-733X;
eLibrary SPIN: 5793-4055;
e-mail: alobanov89@gmail.com

AUTHORS' INFO

*** Elena N. Bogdanova,** MD, Cand. Sci. (Economics), Associate Professor;
address: 17 Severnaya Dvina emb, Arkhangelsk, Russia, 163002;
ORCID: 0000-0001-9610-4709;
eLibrary SPIN: 8898-1379;
e-mail: bogdanova.en@yandex.ru

Sergei V. Andronov, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-5616-5897;
eLibrary SPIN: 6926-4831;
e-mail: sergius198010@mail.ru

Olga M. Shaduyko, Dr. Sci. (History);
ORCID: 0000-0002-2031-4248;
eLibrary SPIN: 8042-6815;
e-mail: dolcezzamia@mail.ru

Andrey A. Lobanov, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-6615-733X;
eLibrary SPIN: 5793-4055;
e-mail: alobanov89@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco678136 EDN: OIITDG

Дисбаланс содержания бария, стронция и марганца в организме человека при раке молочной железы

Е.А. Сарф, Л.В. Бельская

Омский государственный педагогический университет, Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Среди многофакторного характера загрязнений одной из важных проблем является воздействие тяжёлых металлов, поскольку их дисбаланс в организме является потенциально опасным, а высокие концентрации могут привести к развитию серьёзных заболеваний, в том числе онкологических.

Цель. Проанализировать взаимосвязь содержания тяжёлых металлов (стронция, марганца, бария) в слюне с профессиональными условиями труда и наличием онкологического заболевания на примере рака молочной железы.

Методы. Проведено наблюдательное одноцентровое одномоментное исследование. Среди критериев включения в основную группу исследования выделяли: женский пол; возраст 30–70 лет; наличие подтверждённого диагноза инвазивного рака молочной железы (1-я подгруппа) либо доброкачественного заболеваниям молочных желёз (2-я подгруппа); отсутствие какого-либо лечения на момент проведения исследования, в том числе хирургического, химиотерапевтического или лучевого; отсутствие признаков активной инфекции, включая гнойные процессы; проведённая санация полости рта. Критерии включения: в контрольную группу — здоровые женщины без профессиональных вредностей, группу сравнения — женщины, работающие на теплоэлектроцентрали. У всех женщин в образцах слюны определяли содержание стронция, бария и марганца методом капиллярного электрофореза.

Результаты. В 1-ю подгруппу основной группы включено 110 пациенток с раком молочной железы в возрасте 58,4±9,38 года. Во 2-ю — 62 пациентки с фиброаденомой молочной железы (46,7±13 лет). Контрольная группа включала 97 здоровых женщин (48,2±7,95 года), группа сравнения — 41 женщину (47,5±9,88 года), работающую на теплоэлектроцентрали. В слюне пациенток 1-й подгруппы наблюдали повышение содержания стронция и марганца. Увеличение концентрации марганца статистически значимо в 1-й подгруппе по сравнению с контрольной (+117%, p=0,045) и группой сравнения (+105,2%). Стронций в слюне женщин контрольной группы не обнаружен, тем не менее его концентрация в слюне пациенток 1-й подгруппы превышала содержание в группе сравнения в 3,5 раза (p <0,001). Для бария не показано различий в содержании между сравниваемыми группами. Установлен значимый рост концентрации марганца и стронция в слюне при увеличении стадии и степени агрессивности рака молочной железы.

Заключение. Сравнение с образцами слюны женщин, работающих во вредных профессиональных условиях, позволяет предположить, что источником поступления тяжёлых металлов является не окружающая среда, а внутренний дисбаланс микроэлементов в организме. В результате этого именно в слюне наблюдают накопление стронция и марганца при прогрессировании рака молочной железы.

Ключевые слова: слюна; рак молочной железы; тяжёлые металлы; стронций; барий; марганец; капиллярный электрофорез.

Как цитировать:
Сарф Е.А., Бельская Л.В. Дисбаланс содержания бария, стронция и марганца в организме человека при раке молочной железы // Экология человека. 2025. Т. 32, № 3. С. 172–181. DOI: 10.17816/humeco678136 EDN: OIITDG

Рукопись поступила: 04.04.2025 **Рукопись одобрена:** 01.06.2025 **Опубликована online:** 26.06.2025

ЭКО • ВЕКТОР

Распространяется на условиях лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco678136 EDN: OIITDG

Imbalance of Barium, Strontium, and Manganese Levels in the Human Body in Breast Cancer

Elena A. Sarf, Lyudmila V. Bel'skaya

Omsk State Pedagogical University, Omsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Among the multifactorial nature of environmental pollution, one of the significant concerns is the impact of heavy metals, as their imbalance in the body is potentially hazardous, and elevated concentrations may lead to the development of serious diseases, including cancer.

AIM: The work aimed to analyze the association between salivary levels of heavy metals (strontium, manganese, and barium) and occupational conditions, as well as the presence of cancer, using breast cancer as a model.

METHODS: A single-center, cross-sectional, observational study was conducted. Inclusion criteria for the main study group included female sex; age 30–70 years; confirmed diagnosis of invasive breast cancer (subgroup 1) or benign breast disease (subgroup 2); no prior treatment at the time of study, including surgery, chemotherapy, or radiotherapy; absence of signs of active infection, including purulent processes; and completed oral cavity sanitation. The inclusion criteria: healthy women without occupational hazards for the control group, and women working at a thermal power plant for the comparison group. The concentrations of strontium, barium, and manganese in saliva were determined in all women using capillary electrophoresis.

RESULTS: Subgroup 1 of the main group included 110 patients with breast cancer (mean age 58.4±9.38 years). Subgroup 2 comprised 62 patients with fibroadenoma (46.7 ± 13 years). The control group consisted of 97 healthy women (48.2±7.95 years), and the comparison group included 41 women employed at a thermal power plant (47.5±9.88 years). Elevated salivary levels of strontium and manganese were observed in subgroup 1. Manganese levels were significantly higher in subgroup 1 compared with the control group (+117%, p=0.045) and the comparison group (+105.2%). Strontium was not detected in the saliva of the control group, whereas its concentration in subgroup 1 was 3.5 times higher than in the comparison group (p <0.001). No significant differences in barium levels were found between the groups. A significant increase in salivary manganese and strontium concentrations was observed with advancing stage and aggressiveness of breast cancer.

CONCLUSION: Comparison with saliva samples from women exposed to occupational hazards suggests that the source of heavy metal accumulation is not environmental exposure but an internal imbalance of trace elements. Consequently, salivary accumulation of strontium and manganese appears to be associated with breast cancer progression.

Keywords: saliva; breast cancer; heavy metals; strontium; barium; manganese; capillary electrophoresis.

To cite this article:
Sarf EA, Belskaya LV. Imbalance of barium, strontium, and manganese levels in the human body in breast cancer. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2025;32(3):172–181. DOI: 10.17816/humeco678136 EDN: OIITDG

Submitted: 04.04.2025 **Accepted:** 01.06.2025 **Published online:** 26.06.2025

ECO•VECTOR

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco678136 EDN: OIITDG

乳腺癌背景下人体钡、锶和锰含量失衡

Elena A. Sarf, Lyudmila V. Bel'skaya

Omsk State Pedagogical University, Omsk, Russia

摘要

论证。在多种污染因素中，重金属对人体的影响是一项重要问题，因为其在体内的失衡可能具有潜在危害，而高浓度则可能导致包括肿瘤在内的严重疾病。

目的。以乳腺癌为例，分析唾液中重金属（锶、锰、钡）含量与职业条件及肿瘤性疾病之间的关系。

方法。本研究为单中心横断面观察性对照研究。主研究组纳入标准包括：女性；年龄为30－70岁；确诊为浸润性乳腺癌（第1亚组）或良性乳腺疾病（第2亚组）；研究时未接受任何治疗，包括手术、化疗或放疗；无活动性感染迹象，包括化脓性疾病；已完成口腔卫生处理。纳入标准如下：对照组为无职业性有害暴露的健康女性；比较组为在热电厂工作的女性。所有受试者的唾液样本均采用毛细管电泳法测定锶、钡和锰的含量。

结果。在主研究组的第1亚组中共纳入110名乳腺癌患者，平均年龄为58.4±9.38岁。第2亚组包括62名乳腺纤维腺瘤患者（46.7±13岁）。对照组包括97名健康女性（48.2±7.95岁），比较组包括41名热电厂工作人员（47.5±9.88岁）。在第1亚组患者的唾液中观察到锶和锰含量升高。第1亚组中锰浓度的升高与对照组（+117%，p=0.0452）和比较组（+105.2%）相比具有统计学意义。在对照组女性的唾液中未检测到锶，而在第1亚组患者唾液中的锶浓度是比较组的3.5倍（$p<0.001$）。各组间唾液中钡含量无显著差异。乳腺癌分期和侵袭性程度越高，唾液中锰和锶的浓度也随之显著升高。

结论。与在职业性有害环境中工作的女性唾液样本相比，本研究结果提示，重金属的来源可能并非外部环境，而是体内微量元素的内源性失衡所致。在乳腺癌进展过程中，锶和锰正是在唾液中被观察到积累。

关键词：唾液；乳腺癌；重金属；锶；钡；锰；毛细管电泳。

引用本文：
Sarf EA, Belskaya LV. 乳腺癌背景下人体钡、锶和锰含量失衡. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2025;32(3):172–181.
DOI: 10.17816/humeco678136 EDN: OIITDG

收到: 04.04.2025 **接受:** 01.06.2025 **发布日期:** 26.06.2025

ECO•VECTOR
The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

ОБОСНОВАНИЕ

Антропогенное загрязнение окружающей среды создаёт серьёзную проблему своими негативными последствиями для здоровья человека [1]. Одной из актуальных задач биомониторинга является установление связей между состоянием окружающей среды и здоровьем населения. Среди многофакторного характера загрязнений ключевой проблемой является воздействие тяжёлых металлов, поскольку их дисбаланс в организме является потенциально опасным. Тяжёлые металлы присутствуют в составе земной коры, а также в воздухе, воде, почве и растениях [2, 3]. Кроме того, источником поступления металлов в организм являются медикаменты, продукты питания, напитки и пищевые добавки [4]. Тяжёлые металлы имеют свойство избирательно накапливаться в определённых органах и тканях, структурно и функционально нарушая их [5]. Избыточные концентрации данных микроэлементов могут оказывать угнетающее токсическое действие, а также вызывать серьёзные нарушения функций на уровне клетки и ткани, приводя к патологическим изменениям в организме и развитию серьёзных заболеваний, в том числе онкологических [6, 7].

В городах с неблагополучной экологической ситуацией и при наличии крупных промышленных предприятий отмечают более высокий онкологический риск для населения [8, 9]. Одним из наиболее распространённых злокачественных заболеваний женщин во всём мире является рак молочной железы (РМЖ) [10]. Как известно, помимо генетических факторов, курения и образа жизни, повышающих риск его развития, многие загрязнители окружающей среды также обладают канцерогенным эффектом [11, 12]. В последние годы обнаружено, что метаболизм некоторых тяжёлых металлов связан с возникновением РМЖ [8, 13–15]. Одним из важных последствий техногенной нагрузки на организм является возникновение окислительного стресса, что приводит к образованию активных форм кислорода и свободных радикалов, снижающих энергетический потенциал клеток. Для защиты клеток от радикалов активируется система антиоксидантных ферментов, в том числе супероксиддисмутазы (СОД). В организме человека ионы марганца (Mn^{2+} и Mn^{3+}) являются наиболее распространёнными окислёнными состояниями. Они входят в состав фермента марганцевой СОД, которая отвечает за детоксикацию активных форм кислорода в митохондриях при окислительном стрессе. Именно поэтому при избыточном поступлении марганца вероятны нарушения многих ферментных систем с развитием серьёзных токсических эффектов [16]. Токсическое действие тяжёлых металлов приводит к вытеснению эссенциальных элементов из металлсодержащих комплексов. За счёт близости атомных радиусов стронций может замещать кальций в минеральном матриксе костей, а также в важнейших регуляторных процессах, обусловливая его аккумуляцию в организме [17]. При этом стронций влияет на динамику иммунных клеток, а также выработку противовоспалительных цитокинов. Барий в низких концентрациях является важнейшим эссенциальным элементом, обеспечивая корректное функционирование нервной системы [18]. Имея с калием практически одинаковые размеры радиуса, барий может конкурировать с ним в биохимических процессах [19]. При высоких концентрациях он способен блокировать калиевые каналы нейронов, меняя при этом баланс натрия и калия, что приводит к нарушению функций клеточной мембраны.

В качестве биологических индикаторов содержания тяжёлых металлов в организме используют кровь, волосы, мочу, слюну и др. [5, 20]. Исследование крови для регулярного мониторинга является затруднительным в виду инвазивности методик отбора биоматериала. Моча и волосы не отражают действующую нагрузку, а показывают интенсивность элиминации тяжёлых металлов из организма. Использование слюны человека в качестве биосубстрата имеет преимущества по сравнению с венозной или капиллярной кровью, а именно: неинвазивность сбора и отсутствие риска инфицирования при получении биоматериала [21, 22]. При этом слюна объективно демонстрирует влияние как различных внешних факторов окружающей среды, так и внутренних биохимических процессов, а также отражает системное действие заболеваний на организм человека [23]. Ранее мы установили повышенное содержание бария, стронция и марганца в слюне работников теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) [23]. Согласно литературным данным, перечисленные металлы могут быть вовлечены в процесс канцерогенеза при РМЖ [8, 13]. Однако остаётся неясным, какие тяжёлые металлы можно использовать в качестве предикторов развития РМЖ и увеличение концентрации каких из них связано с загрязнением окружающей среды или профессиональными вредностями [11].

Цель

Проанализировать взаимосвязь содержания тяжёлых металлов (стронция, марганца, бария) в слюне с профессиональными условиями труда и наличием онкологического заболевания на примере РМЖ.

МЕТОДЫ

Дизайн исследований

Проведено наблюдательное одноцентровое одномоментное исследование.

Критерии соответствия

Среди *критериев включения* в основную группу выделяли:

- женский пол;
- возраст 30–70 лет;

- наличие подтверждённого диагноза инвазивного рака молочной железы либо доброкачественного заболевания молочных желёз;
- отсутствие какого-либо лечения на момент проведения исследования, в том числе хирургического, химиотерапевтического или лучевого;
- отсутствие признаков активной инфекции, включая гнойные процессы;
- проведённая санация полости рта.

Дополнительные *критерии включения*: в контрольную группу — здоровые женщины без профессиональных вредностей, группу сравнения — женщины, работающие на ТЭЦ.

Критерии невключения:

- отсутствие гистологической верификации диагноза;
- наличие хронических, воспалительных и инфекционных заболеваний;
- наличие воспалительных заболеваний полости рта, способных повлиять на результаты анализа слюны.

Условия проведения исследования

Пациенты основной группы набраны на базе приёмного отделения БУЗОО «Клинический онкологический диспансер» г. Омска, пациенты контрольной группы — на базе отделения переливания крови БУЗОО «Клинический онкологический диспансер» г. Омска в 2023–2024 гг. Группу сравнения набирали при проведении плановой диспансеризации сотрудников ТЭЦ в 2017–2018 гг.

Сбор и анализ образцов слюны

Образцы слюны собирали путём сплёвывания без дополнительной стимуляции в интервале 8–10 часов утра (время максимальной секреции слюны), натощак после предварительного полоскания полости рта водой. Непосредственно после сбора образцы центрифугировали при 10 000×g в течение 10 мин с использованием медицинской центрифуги ЦЛн-16® (Xiangzhi Centrifuge, Китай). Отбирали 1 мл верхнего слоя, переносили в пробирки типа Эппендорф и хранили в морозильной камере при температуре –80 °C до проведения анализа.

Основной исход исследования

Содержание стронция, марганца, бария в слюне женщин в зависимости от профессиональных условий труда и наличия онкологического заболевания на примере РМЖ.

Дополнительный исход исследования

Сравнение концентрации стронция и марганца в слюне у женщин с РМЖ в зависимости от его стадии и молекулярно-биологического подтипа.

Методы регистрации исходов

Определение стронция, бария и марганца проводили методом капиллярного электрофореза с использованием системы КАПЕЛЬ-105М® (Люмэкс, Россия) в соответствии с ранее описанной методикой [23].

Этическая экспертиза

Исследование одобрено на заседаниях комитета по этике Омского государственного педагогического университета (протоколы № 46/04-2 от 20.03.2024 и № 46-04/3 от 17.04.2024). У всех участниц предварительно получено информированное добровольное согласие.

Статистический анализ

Принципы расчёта размера выборки: размер выборки предварительно не рассчитывали.

Методы статистического анализа данных. Статистический анализ выполнен при помощи программ Statistica® 10.0 (StatSoft, Соединённые Штаты Америки) непараметрическим методом с использованием в зависимых группах критерия Вилкоксона, в независимых — U-критерия Манна–Уитни после предварительной проверки характера распределения и гомогенности дисперсий в группах. Результаты представлены в виде Me [Q25; Q75], где Me — медиана, Q25 и Q75 — 25-й и 75-й процентиль соответственно. Различия считали статистически значимыми при p <0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Формирование и характеристики выборки

Мы использовали образцы слюны женщин-добровольцев, разделённых на следующие группы и подгруппы:

- 1-я подгруппа основной группы — пациентки с гистологически подтверждённым диагнозом инвазивного РМЖ в возрасте 58,4±9,38 года (n=110);
- 2-я подгруппа основной группы — пациентки с доброкачественными заболеваниями молочных желёз в возрасте 46,7±13 лет (фиброаденомы, n=62);
- контрольная группа — здоровые женщины без профессиональных вредностей в возрасте 48,2±7,95 года (n=97).

Статистически значимых различий между группами по возрасту не выявлено.

Дополнительно сформирована группа сравнения, включающая женщин-добровольцев (n=41), работающих на ТЭЦ г. Омска, где воздействие тяжёлых металлов рассматривают как вредный производственный фактор. Средний возраст участниц этой группы составил 47,5±9,88 года.

У всех пациенток 1-й подгруппы гистологически и цитологически подтверждена инвазивная карцинома молочных желёз следующих стадий:

- стадия I — 30 (27,3%);
- стадия II — 55 (51,8%);
- стадии III и IV — 23 (20,9%).

Кроме того, выборка включала пациенток с разными молекулярно-биологическими подтипами РМЖ:

- тройной негативный РМЖ (ТНРМЖ) — 16 (14,5%);
- люминальный А — 36 (32,7%);
- люминальный В [отрицательный по рецепторам эпидермального фактора роста 2 (HER2)] — 34 (30,9%);
- люминальный В (HER2-положительный) — 12 (10,9%);
- нелюминальный — 12 (10,9%).

У женщин контрольной группы не выявлено патологий молочных желёз по данным плановых маммографии и ультразвукового исследования.

Основные результаты исследования

В слюне у женщин 1-й подгруппы отмечено повышение содержания стронция и марганца (табл. 1). Концентрация марганца статистически значимо увеличилась на 117% (p=0,045), он обнаружен в 84,5% образцов по сравнению с 7,2% в контрольной группе. Стронций в слюне у женщин контрольной группы не обнаружен, тогда как у пациенток 1-й подгруппы его концентрация выше предела обнаружения в 38 образцах из 110 (34,5%). У пациенток 2-й подгруппы стронций и марганец также присутствовали в слюне (19,4 и 64,5% соответственно), однако увеличение их концентраций не было статистически значимым (см. табл. 1). Для стронция установлено статистически значимое повышение концентрации в слюне пациенток 1-й подгруппы по сравнению со 2-й подгруппой (p=0,032). Различий в содержании бария между исследуемыми группами не выявлено.

Показано, что концентрация стронция в слюне у пациенток 2-й подгруппы и женщин группы сравнения не имеет статистически значимых различий. Однако его чаще выявляли у женщин группы сравнения, чем в остальных группах. Тем не менее концентрация стронция в слюне пациенток 1-й подгруппы превышала его содержание в группе сравнения в 3,5 раза (p <0,001) и в 3,3 раза — по сравнению с пациентками 2-й подгруппы (p=0,032). Содержание бария не демонстрировало зависимости ни от условий труда, ни от наличия патологии молочных желёз. Для марганца установлены схожие концентрации у пациенток 1-й и 2-й подгрупп, при этом в обеих подгруппах его содержание было выше, чем у женщин группы сравнения на 105,2 и 57,9% соответственно.

Дополнительные результаты исследования

На следующем этапе проведено сравнение концентрации стронция и марганца в слюне в зависимости от стадии РМЖ (рис. 1).

Содержание стронция в слюне повышается на:

- I стадии РМЖ в 2,6 раза (p=0,013);
- II стадии — в 4,1 раза (p <0,001);
- III–IV стадии — в 4,6 раза (p <0,001) (см. рис. 1, *a*).

При этом частота обнаружения стронция в слюне растёт при переходе от ранних стадий РМЖ к распространённым: 40 и 47,8% на I и III–IV стадии соответственно. Аналогичная ситуация характерна для марганца (см. рис. 1, *b*). Его содержание в слюне увеличивается с прогрессированием стадии РМЖ, а именно:

- на I стадии РМЖ в 1,9 раза;
- на II стадии — в 2,2 раза;
- на III–IV стадии — в 2,6 раза (p=0,015) (см. рис. 1, *b*).

Частота обнаружения ионов марганца в слюне также увеличена с 86,7 до 91,3% на I и III–IV стадии РМЖ соответственно.

Дополнительно мы проанализировали изменение концентрации стронция и марганца в зависимости от молекулярно-биологического подтипа РМЖ (рис. 2). Для стронция показано статистически значимое увеличение концентрации при HER2-положительных подтипах [люминальном В (+) и нелюминальном — в 8,4 и 8,1 раза соответственно]. Минимальное изменение концентрации стронция показано для люминальных HER2-отрицательных подтипов РМЖ [люминальном А и В (–) — в 3,6 и 2,3 раза соответственно] (см. рис. 2, *a*). Кроме того, отмечено статистически значимое увеличение концентрации стронция при HER2-положительных подтипах по сравнению с люминальным В (–) РМЖ и группой сравнения (p <0,001). При ТНРМЖ концентрация стронция также увеличена в 9,3 раза относительно группы сравнения (p <0,001). Для марганца повышение концентрации выявлено только при нелюминальном и ТНРМЖ — в 2,6 и 2,8 раза соответственно (см. рис. 2, *b*). Отличия от контрольной группой статистически значимы для нелюминального (p=0,031) и ТНРМЖ

Таблица 1. Содержание стронция, бария и марганца в слюне женщин в группах

Table 1. Salivary concentrations of strontium, barium, and manganese in women from the study groups

Содержание	Основная группа		Группа сравнения, n=41	Контрольная группа, n=97
	1-я подгруппа, n=110	2-я подгруппа, n=62		
Sr^{2+}, мг/л	7,50 [3,35; 24,2]	2,24 [1,68; 5,42][1]	2,14 [1,37; 3,56][2]	—
Ba^{2+}, мг/л	0,59 [0,41; 0,84]	0,55 [0,34; 0,87]	0,52 [0,35; 0,77]	0,48 [0,34; 0,65]
Mn^{2+}, мг/л	0,78 [0,44; 1,26]	0,60 [0,40; 0,98]	0,38 [0,23; 0,51]	0,36 [0,29; 0,47][3]

Примечание. Результаты представлены в виде Me [Q25; Q75], где Me — медиана, Q25 и Q75 — 25-й и 75-й процентиль соответственно. [1] — статистически значимые отличия от показателя 1-й подгруппы, p=0,0327; [2] — статистически значимые отличия от показателя 1-й подгруппы, p <0,0001; [3] — статистически значимые отличия от показателя 1-й подгруппы, p=0,0452.

(*p*=0,013).

ОБСУЖДЕНИЕ

Показано, что концентрация исследуемых тяжёлых металлов статистически значимо выше у пациенток с РМЖ по сравнению с остальными группами. Так, содержание марганца в слюне пациенток с РМЖ статистически значимо выше, чем женщин контрольной и сравнения групп (см. табл. 1). Поступление марганца из окружающей среды, даже при условии повышенных концентраций, процесс очень медленный. Для достижения хронической интоксикации марганцем требуется несколько лет [16]. Он обладает большой

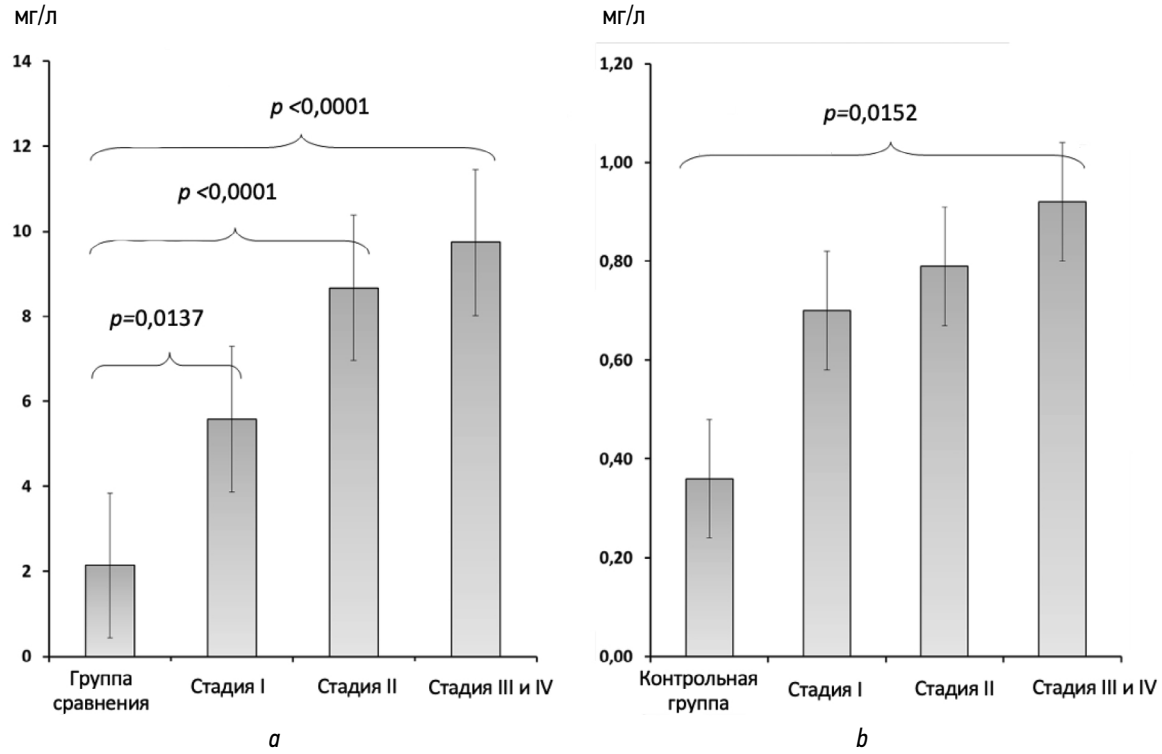

Рис. 1. Концентрация стронция (*a*) и марганца (*b*) в слюне женщин с раком молочной железы в зависимости от его стадии.
Fig. 1. Salivary concentrations of strontium (*a*) and manganese (*b*) in women with breast cancer, depending on disease stage.

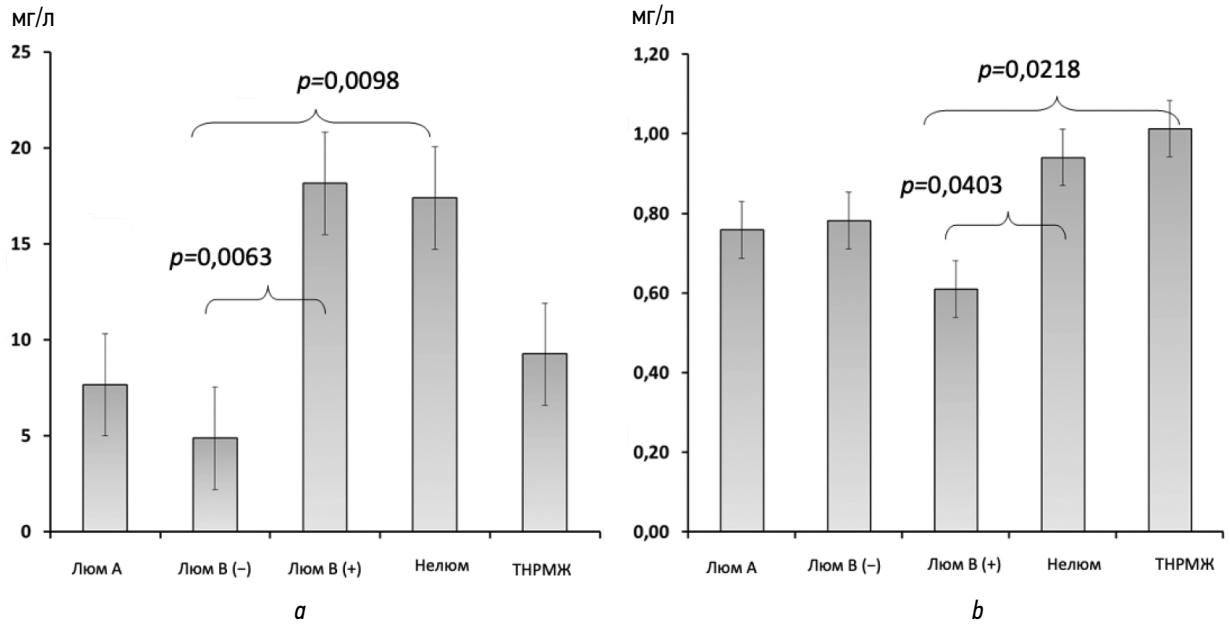

Рис. 2. Концентрация стронция (*a*) и марганца (*b*) в слюне женщин с раком молочной железы в зависимости от его молекулярно-биологического подтипа. Люм А — люминальный А; Люм В (–) — люминальный В (–); Люм В (+) — люминальный В (+); Нелюм — нелюминальный; ТНРМЖ — тройной негативный рак молочной железы.
Fig. 2. Salivary concentrations of strontium (*a*) and manganese (*b*) in women with breast cancer, depending on molecular subtype. Lum A, luminal A; Lum B (–), luminal B (–); Lum B (+), luminal B (+); Non-lum, non-luminal; TNBC, triple-negative breast cancer.

комплексообразующей способностью, служит кофактором многих ферментов (СОД, каталазы, аргиназы) [23]. В исследуемых группах без РМЖ концентрация марганца находится в пределах нормы. Развитие злокачественной опухоли в организме человека может сопровождаться дисбалансом микро- и макроэлементов. Одним из ключевых механизмов, вовлечённых в канцерогенез, является окислительный стресс, вызывающий повреждение мембран клеток и митохондрий, липидов, белков, нарушение водно-ионного гомеостаза и нуклеотидной последовательности дезоксирибонуклеиновых кислот, а также вегетативно-медиаторную дисфункцию клетки [24]. В ответ на окислительный стресс возрастает активность фермента СОД. Марганцевая СОД является основным ферментом, который отвечает за детоксикацию активных форм кислорода в митохондриях [25]. Вероятно, увеличение содержания марганца в слюне женщин с РМЖ связано с реакцией организма в виде повышения активности данного фермента. Полученные данные свидетельствуют о том, что не всегда повышение концентрации тяжёлых металлов, в частности марганца, является результатом техногенной нагрузки и следствием работы на вредных производствах. Кроме того, установлено, что с увеличением стадии заболевания и ростом опухолевой массы концентрация марганца увеличивается. Именно поэтому его накопление можно рассматривать как специфический маркёр опухолевого процесса. При этом, по данным литературы, содержание марганца в сыворотке при РМЖ может снижаться, тогда как в слюне, напротив, повышаться, что обусловлено системным дисбалансом и нарушением метаболических путей [13, 26].

Установлено, что концентрация стронция статистически значимо выше в слюне пациенток с РМЖ по сравнению с женщинами группы сравнения. Его распределение и метаболизм в организме человека аналогичны кальцию: около 99% стронция депонируется в костной и соединительной ткани, а также в зубах. При этом он участвует в постоянном обмене между костной тканью и кровью, поддерживая динамический баланс [26]. Стронций способен замещать кальций в минеральном матриксе костной ткани и относительно быстро обмениваться с ним в плазме или костной массе, нарушая регуляцию внутриклеточных сигнальных каскадов [18, 28]. Ранее установлено, что при РМЖ наблюдают снижение концентрации кальция [29]. Отмечено увеличение содержания стронция при переходе от ранних к более распространённым стадиям РМЖ, что, вероятно, обусловлено системным воздействием заболевания. Именно поэтому при снижении концентрации кальция закономерно наблюдают рост содержания стронция. Его повышение в слюне женщин с РМЖ можно связать с разрушением мембран клеток крови и выходом ионов стронция из внутриклеточного пространства. Он имеет способность опосредованно модифицировать транскрипцию некоторых генов, контролирующих апоптоз, что поясняет увеличение содержания стронция именно у пациенток с РМЖ [29]. В слюне здоровых женщин контрольной группы он не обнаружен. Таким образом, наличие стронция в организме можно связать как с определёнными вредными условиями труда, так и с наличием системного заболевания, включая РМЖ. Результаты настоящего исследования демонстрируют, что на содержание тяжёлых металлов в слюне в большей степени влияет системное воздействие основного заболевания.

Дополнительно показано, что увеличение концентрации марганца и стронция зависит от молекулярно-биологического подтипа РМЖ, что подтверждено и в другом исследовании [30]. Так, повышение концентрации марганца наблюдали для таких подтипов, как нелюминальный, люминальный B (HER2-положительный) и ТНРМЖ, которые характеризуются агрессивным течением и неблагоприятным прогнозом. Для стронция выявлено увеличение концентрации при нелюминальном и ТНРМЖ. Эти подтипы объединяет отсутствие рецепторов эстрогена и прогестерона, что также является прогностически неблагоприятным признаком РМЖ. Таким образом, наблюдают повышение концентрации тяжёлых металлов в слюне как при увеличении стадии заболевания, так и при росте агрессивности молекулярного подтипа РМЖ. Результаты многих исследований говорят о сложном характере нарушений обмена металлов в организме при развитии онкологических заболеваний [9, 14, 25]. Некоторые элементы могут находиться в дефиците, тогда как избыток других способен оказывать токсическое воздействие, способствуя развитию онкопатологии. Полученные на данный момент результаты позволяют оценить степень риска развития онкологических заболеваний при нарушении обмена конкретных металлов в организме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что при РМЖ происходит увеличение содержания марганца и стронция в слюне, прямо пропорциональное стадии заболевания и степени агрессивности опухоли. Для бария подобных закономерностей не выявлено. Сравнение с образцами слюны женщин с вредными профессиональными условиями труда позволяет предположить, что источником поступления тяжёлых металлов является не окружающая среда, а внутренний дисбаланс микроэлементов в организме. В результате этого именно в слюне наблюдают накопление стронция и марганца при прогрессировании РМЖ.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Е.А. Сарф — проведение исследования, сбор и анализ литературных данных, подготовка и написание текста рукописи; Л.В. Бельская — концепция исследования, сбор и анализ литературных данных, проведение исследования, анализ данных, написание и редактирование текста рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию

для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом Омского государственного педагогического университета (протоколы № 46/04-2 от 20.03.2024 и № 46-04/3 от 17.04.2024). Все участники исследования до включения в исследование добровольно подписали форму информированного согласия, утверждённую в составе протокола исследования этическим комитетом.

Источники финансирования. Научное исследование проведено за счёт гранта Российского научного фонда «Диагностическая и прогностическая значимость аминокислотного профиля слюны при раке молочной железы» (грант РНФ № 23-15-00188).

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Все данные, полученные в настоящем исследовании, доступны в статье.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: E.A. Sarf: investigation, data curation, writing—original draft; L.V. Bel'skaya: conceptualization, data curation, investigation, formal analysis, writing—original draft, writing—review & editing. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: The study was approved by the Local Ethics Committee of Omsk State Pedagogical University (Protocols No. 46/04-2 dated March 20, 2024, and No. 46-04/3 dated April 17, 2024). All participants provided written informed consent, approved by the Ethics Committee as part of the study protocol, prior to inclusion in the study.

Funding sources: The study was supported by the Russian Science Foundation grant: Diagnostic and Prognostic Significance of the Salivary Amino Acid Profile in Breast Cancer (RSF Grant No. 23-15-00188).

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously published material (text, images, or data) was used in this work.

Data availability statement: All data generated during this study are available in this article.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Shilov VV, Markova OL, Kuznetsov AV. Biomonitoring of influence of harmful chemicals on the basis of the modern biomarkers. literature review. *Hygiene and sanitation.* 2019;98(6):591–596. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-591-596 EDN: QLAQMS
2. Kumar S, Prasad S, Yadav KK, et al. Hazardous heavy metals contamination of vegetables and food chain: Role of sustainable remediation approaches – A review. *Environmental Research.* 2019;179:108792. doi: 10.1016/j.envres.2019.108792
3. Malofeevskaja NA, Rubcova OV. Environmental situation as a factor in the formation of malignant neoplasms in Russia. *Society. Environment. Development*. 2016;41(4):158–264. (In Russ.) EDN: YHMNZD
4. Kazimov MA, Alieva NV. Examination and hygienic assessment of health risk depending on heavy metals content in foods. *Kazan medical journal.* 2014;95(5):706–709. doi: 10.17816/KMJ2220 EDN: STAJQH
5. Voronkova IP, Mikhaylova IV, Boev VM, et al. Characteristics of the content of toxic trace elements in the hair and blood of children from various districts of Orenburg oblast. *International Research Journal*. 2021;107(5):12–16. doi: 10.23670/IRJ.2021.107.5.036 EDN: BUGCOT
6. Skugoreva SG, Ashikhmina TYa, Fokina AI, Lyalina EI. Chemical grouns of toxic effect of heavy metals (review). *Theoretical and Applied Ecology.* 2016;(1):4–13. EDN: VXCBRP
7. Lamas GA, Navas-Acien A, Mark DB, Lee KL. Heavy metals, cardiovascular disease, and the unexpected benefits of chelation therapy. *Journal of the American College of Cardiology.* 2016;67(20):2411–2418. doi: 10.1016/j.jacc.2016.02.066
8. Yusupbekov A, Khudaykulov A, Danilova Y. Analysis of the content of microelements in hair in patients with breast cancer. *Problems in oncology.* 2019;65(1):110–113. doi: 10.37469/0507-3758-2019-65-1-110-113 EDN: AZEHSD
9. Kresovich JK, Erdal S, Chen HY, et al. Metallic air pollutants and breast cancer heterogeneity. *Environmental Research.* 2019;177:108639. doi: 10.1016/j.envres.2019.108639
10. Heer E, Harper A, Escandor N, et al. Global burden and trends in premenopausal and postmenopausal breast cancer: a population-based study. *The Lancet Global Health.* 2020;8(8):e1027–e1037. doi: 10.1016/S2214-109X(20)30215-1 EDN: JMASFE
11. Iacoviello L, Bonaccio M, de Gaetano G, Donati MB. Epidemiology of breast cancer, a paradigm of the "common soil" hypothesis. *Seminars in Cancer Biology*. 2020;72(1):4–10.
12. Kolpakova AF, Sharipov RN, Volkova OA, Kolpakov FA. The role of particulate matter air pollution in cancer pathogenesis. *Siberian journal of oncology.* 2021;20(2):102–109. doi: 10.21294/1814-4861-2021-20-2-102-109 EDN: YBCFRO
13. Liu L, Chen J, Liu C, et al. Relationships between biological heavy metals and breast cancer: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Nutrition.* 2022;9:838762. doi: 10.3389/fnut.2022.838762 EDN: HSJWRA
14. Jabran M, Rangraze I. Unravelling the complex interplay: environmental mixtures and breast cancer risk. *Siberian journal of oncology.* 2024;23(2):111–118. doi: 10.21294/1814-4861-2024-23-2-111-118 EDN: BPBDAE
15. Koual M, Tomkiewicz C, Cano-Sancho G, et al. Environmental chemicals, breast cancer progression and drug resistance. *Environmental Health.* 2020;19(1):117. doi: 10.1186/s12940-020-00670-2 EDN: WOXYHP
16. Shestova GV, Ivanov TM, Livanov GA, Sizova KV. Manganese toxic properties and magnese toxicity as a threat to public health. *Medicine of Extreme Situations.* 2014;50(4):59–65. EDN: TCUVMF
17. Ru X, Yang L, Shen G, et al. Microelement strontium and human health: comprehensive analysis of the role in inflammation and non-communicable diseases (NCDs). *Frontiers in Chemistry.* 2024;12:1367395. doi: 10.3389/fchem.2024.1367395 EDN: ZHGWIO
18. Chashchin VP, Ivanova OM, Ivanova MA. Medical and ecological aspects of associations between human exposure to trace concentrations of stable barium and strontium and functional disorders of the body.

A review. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2019;26(4):39–47. doi: 10.33396/1728-0869-2019-4-39-47 EDN: ZDDDRR

19. Stopnitsky AA, Akalayev RN, Khadzhibayev AM. Features of the clinical course, diagnosis and intensive care of acute barium poisoning (cases report). *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care.* 2021;10(4):818–823. doi: 10.23934/2223-9022-2021-10-4-818-823 EDN: BDVVYN

20. Zaitseva NV, Ustinova OYu, Zvezdin VN, et al. Experience of using subcutaneous interstitial fl uid for biomonitoring a dose load in workers of metallurgic industry. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2016;(8):1–5. EDN: WJHXDF

21. Soares Nunes LA, Mussavira S, Sukumaran Bindhu O. Clinical and diagnostic utility of saliva as a non-invasive diagnostic fluid: a systematic review. *Biochemia Medica.* 2015;25(2):177–192. doi: 10.11613/BM.2015.018

22. Malathi N, Mythili S, Vasanthi HR. Salivary diagnostics: a brief review. *ISRN Dentistry.* 2014;2014:1–8. doi: 10.1155/2014/158786

23. Sarf EA, Makarova NA, Bel'skaya LV. Determination of the macro- and microelement composition of the saliva of CHPP workers. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2022;29(4):285–295. doi: 10.17816/humeco104698 EDN: CMIPYJ

24. Saptarova LM, Bikmetova ER, Bayburina DE, et al. Activity of manganese-containing superoxide dismutase in breast cancer. *Modern Problems of Science and Education.* 2024;(2):35–35. doi: 10.17513/spno.33379 EDN: TPPZUQ

25. Cai Q, Shu XO, Wen W, et al. Genetic polymorphism in the manganese superoxide dismutase gene, antioxidant intake, and breast cancer risk: results from the Shanghai Breast Cancer Study. *Breast Cancer Research.* 2004;6(6):R647. doi: 10.1186/bcr929 EDN: YYQRQR

26. Pande D, Karki K, Negi R, et al. NF-κB p65 Subunit DNA-binding activity: association with depleted antioxidant levels in breast carcinoma patients. *Cell Biochemistry and Biophysics.* 2013;67(3):1275–1281. doi: 10.1007/s12013-013-9645-1 EDN: SSBFAR

27. Cai Z, Li Y, Song W, et al. Anti-inflammatory and prochondrogenic in situ-formed injectable hydrogel crosslinked by strontium-doped bioglass for cartilage regeneration. *ACS Applied Materials & Interfaces.* 2021;13(50):59772–59786. doi: 10.1021/acsami.1c20565 EDN: EGYVOA

28. Dolgikh OV, Dianova DG, Krivtsov AV. Cell death under conditions of haptic contamination of biological media by stable strontium. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2021;28(10):21–28. doi: 10.33396/1728-0869-2021-10-21-28 EDN: JZVVVL

29. Dyachenko EI, Bel'skaya LV. Salivary metabolites in breast cancer and fibroadenomas: focus on menopausal status and BMI. *Metabolites.* 2024;14(10):531. doi: 10.3390/metabo14100531 EDN: PGIENV

30. Agaeva AV, Gromov DD, Chemakina OV, et al. Impact of surrogate molecular biological subtype on breast cancer survival: in-depth epidemiological analysis based on the Archangelsk regional cancer registry data. *Voprosy Onkologii.* 2023;69(4):639–647. doi: 10.37469/0507-3758-2023-69-4-639-647 EDN: RSZZPH

ОБ АВТОРАХ

*** Бельская Людмила Владимировна,** канд. хим. наук;
адрес: Россия, 644099, Омск, ул. Набережная Тухачевского, д. 14, каб. 126;
ORCID: 0000-0002-6147-4854;
eLibrary SPIN: 4189-7899;
e-mail: belskaya@omgpu.ru

Сарф Елена Александровна;
ORCID: 0000-0003-4918-6937;
eLibrary SPIN: 9161-0264;
e-mail: sarf_ea@omgpu.ru

AUTHORS' INFO

*** Lyudmila V. Bel'skaya**, Cand. Sci. (Chemistry);
address: 14 Tukhachevsky Embankment st, ofc 126, Omsk, Russia, 644099;
ORCID: 0000-0002-6147-4854;
eLibrary SPIN: 4189-7899;
e-mail: belskaya@omgpu.ru

Elena A. Sarf;
ORCID: 0000-0003-4918-6937;
eLibrary SPIN: 9161-0264;
e-mail: sarf_ea@omgpu.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco629338 EDN: HQAXBN

Риск развития неканцерогенных эффектов от воздействия химических веществ, поступающих с продуктами питания

О.А. Фролова[1], Е.П. Бочаров[2], Е.А. Тафеева[3]

[1] Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Казань, Россия;
[2] Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан (Татарстан), Казань, Россия;
[3] Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Химическое загрязнение продовольственного сырья и продуктов питания даже на уровне ниже предельно допустимых доз и концентраций может представлять риск здоровью населения.

Цель. Оценка неканцерогенного риска для здоровья населения Республики Татарстан, связанного с загрязнением продовольственного сырья и пищевых продуктов химическими веществами, с учётом региональных факторов экспозиции.

Методы. Для оценки риска использованы результаты исследований продовольственного сырья и пищевых продуктов за период 2008–2022 гг., выполненные испытательным лабораторным центром ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан (Татарстан)». Количество исследованных проб по группам продовольственного сырья и пищевых продуктов составило от 1179 (яйца) до 5862 (мясо и мясопродукты). Расчёты проводили по следующим группам продовольственного сырья и продуктов питания: мясо и мясопродукты; рыба и рыбопродукты; молоко и молочные продукты; хлеб и хлебобулочные изделия; сахар и кондитерские изделия; овощи и бахчевые (за исключением картофеля); картофель; фрукты и ягоды; растительные масла; яйца. Для определения фактического потребления продуктов питания опрошены 471 человек в возрасте старше 18 лет. Для оценки риска развития неканцерогенных эффектов от воздействия контаминантов рассчитывали коэффициент и индекс опасности.

Результаты. При идентификации опасности установлены приоритетные химические вещества, содержащиеся в продуктах питания, подлежащие дальнейшей оценке неканцерогенного риска: α- и β-гексахлоциклогексан, базудин, бенз(а)пирен, гептахлор, деоксиниваленол, дихлордифенилтрихлорметилметан и его метаболиты, железо, кадмий, γ-гексахлоциклогексан, медь, мышьяк, натрий фторид, натрий хлорит, нитраты, нитриты, производные 2,4-Д кислоты, ртуть, свинец, фосфамид, фтор, цинк, циперметрин. Установлено, что наибольший риск развития неблагоприятных эффектов от воздействия химических загрязнителей, присутствующих в продовольственном сырье и пищевых продуктах, отмечают в отношении следующих критических органов и систем: нервной системы (значения индекса опасности достигают до 18,89), системы крови (до 9,71), печени (до 7,71), почек (до 5,71), а также репродуктивной и эндокринной систем (до 3,94).

Заключение. Развитие неблагоприятных неканцерогенных эффектов преимущественно обусловлено загрязнением продовольственного сырья и пищевых продуктов фосфамидом (при употреблении хлеба и хлебобулочных изделий, фруктов и ягод), нитратами (при употреблении овощей и бахчевых культур, хлеба и хлебобулочных изделий, картофеля) и γ-гексахлоциклогексаном (при употреблении молока и молочных продуктов, хлеба и хлебобулочных изделий, овощей и бахчевых). Наиболее уязвимыми в отношении развития общетоксических эффектов от воздействия химических веществ однонаправленного действия являются кроветворная и нервная системы, печень, почки, а также системы, участвующие в процессах роста и развития.

Ключевые слова: продовольственное сырьё; пищевые продукты; тяжёлые металлы; пестициды; микотоксины; экспозиция; неканцерогенный риск; здоровье.

Как цитировать:
Фролова О.А., Бочаров Е.П., Тафеева Е.А. Риск развития неканцерогенных эффектов от воздействия химических веществ, поступающих с продуктами питания // Экология человека. 2025. Т. 32, № 3. С. 182–194. DOI: 10.17816/humeco629338 EDN: HQAXBN

Рукопись поступила: 22.03.2024 **Рукопись одобрена:** 08.06.2025 **Опубликована online:** 20.06.2025

ЭКО • ВЕКТОР

Распространяется на условиях лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco629338 EDN: HQAXBN

Risk of Non-Carcinogenic Effects from Exposure to Chemical Substances Found in Food Products

Oksana A. Frolova[1], Evgeniy P. Bocharov[2], Elena A. Tafeeva[3]

[1] Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Kazan, Russia;
[2] Hygienic and Epidemiological Center in Republic of Tatarstan (Tatarstan), Kazan, Russia;
[3] Kazan State Medical University, Kazan, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Chemical contamination of food raw materials and food products, even at levels below permissible doses and concentrations, may pose a risk to public health.

AIM: The work aimed to assess the non-carcinogenic health risks to the population of the Republic of Tatarstan associated with chemical contamination of food raw materials and food products, taking into account regional exposure factors.

METHODS: The risk assessment was based on the findings of food raw material and food product studies conducted between 2008 and 2022 by the Testing Laboratory Center of the Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Tatarstan. The number of samples of food raw materials and food products analyzed by group ranged from 1179 (eggs) to 5862 (meat and meat products). Calculations were performed for the following groups of food raw materials and food products: meat and meat products; fish and fish products; milk and dairy products; bread and bakery products; sugar and confectionery products; vegetables and melons (excluding potatoes); potatoes; fruits and berries; vegetable oils; eggs. Actual food consumption was assessed based on a survey of 471 individuals aged over 18 years. To assess the risk of non-carcinogenic effects of chemical contaminants, hazard quotients and hazard indices were calculated.

RESULTS: Hazard identification revealed priority chemical substances found in food products that were subject to further non-carcinogenic risk assessment: α- and β-hexachlorocyclohexane, basudin, benzo[a]pyrene, heptachlor, deoxynivalenol, DDT and its metabolites, iron, cadmium, γ-hexachlorocyclohexane, copper, arsenic, sodium fluoride, sodium chlorite, nitrates, nitrites, 2,4-D acid derivatives, mercury, lead, phosphamide, fluoride, zinc, and cypermethrin. The following critical organs and systems had the highest risk of adverse effects from exposure to chemical contaminants found in food raw materials and food products: the nervous system (hazard index up to 18.89), the hematopoietic system (up to 9.71), the liver (up to 7.71), the kidneys (up to 5.71), and the reproductive and endocrine systems (up to 3.94).

CONCLUSION: Adverse non-carcinogenic effects are primarily associated with contamination of food raw materials and food products with phosphamide (via bread and bakery products, fruits and berries), nitrates (via vegetables and melons, bread and bakery products, potatoes), and γ-hexachlorocyclohexane (via dairy products, bread and bakery products, vegetables and melons). The hematopoietic and nervous systems, liver, kidneys, and systems involved in growth and development are the most vulnerable to general toxic effects of chemical contaminants with similar mechanisms of action.

Keywords: food raw materials; food products; heavy metals; pesticides; mycotoxins; exposure; non-carcinogenic risk; health.

To cite this article:
Frolova OA, Bocharov EP, Tafeeva EA. Risk of non-carcinogenic effects from exposure to chemical substances found in food products. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2025;32(3):182–194. DOI: 10.17816/humeco629338 EDN: HQAXBN

Submitted: 22.03.2024 **Accepted:** 08.06.2025 **Published online:** 20.06.2025

ECO•VECTOR

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco629338 EDN: HQAXBN

通过食品摄入的化学物质暴露引发的非致癌性效应风险

Oksana A. Frolova[1], Evgeniy P. Bocharov[2], Elena A. Tafeeva[3]

[1] Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Kazan, Russia;
[2] Hygienic and Epidemiological Center in Republic of Tatarstan (Tatarstan), Kazan, Russia;
[3] Kazan State Medical University, Kazan, Russia

摘要

论证。即使在低于最高允许剂量和浓度的水平下，食品原料和食品中的化学污染物仍可能对公众健康构成风险。

目的。评估在地区性暴露因素条件下，Tatarstan共和国居民因食品原料和食品中化学污染物的摄入而产生的非致癌健康风险。

方法。风险评估基于俄罗斯联邦预算卫生机构“Testing Laboratory Center of the Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Tatarstan”2008—2022年期间开展的食品原料与食品研究数据。各类食品原料与食品分组的样本数量从1179份（鸡蛋）至5862份（肉类及其制品）不等。所研究的食品原料组包括：肉类及肉制品、鱼类及水产品、奶类及乳制品、面包及烘焙食品、糖类及糖果、蔬菜及瓜类（不含土豆）、土豆、水果和浆果、植物油、鸡蛋。为获取实际食品摄入数据，调查了471名18岁以上居民。非致癌效应风险评估基于危害系数和危害指数的计算。

结果。在危害识别阶段，确定了需进一步进行非致癌风险评估的重点化学物质，包括：α-和β-六氯环己烷、巴祖丁、苯并[a]芘、七氯、脱氧雪腐镰刀菌烯醇、滴滴涕及其代谢物、铁、镉、γ-六氯环己烷、铜、砷、氟化钠、亚氯酸钠、硝酸盐、亚硝酸盐、2,4-D酸衍生物、汞、铅、磷酰胺、氟、锌和氯氰菊酯。研究结果表明，存在于食品原料与食品中的化学污染物对以下关键器官和系统的不良效应风险最高：神经系统（危害指数高达18.89）、造血系统（最高达9.71）、肝脏（最高达7.71）、肾脏（最高达5.71），以及生殖系统和内分泌系统（最高达3.94）。

结论。非致癌性不良效应的发生主要与以下食品原料和食品的污染有关：磷酰胺污染（主要存在于面包及烘焙食品、水果和浆果中）、硝酸盐污染（主要存在于蔬菜和瓜类、面包及烘焙食品、土豆中）、以及γ-六氯环己烷污染（主要存在于奶类及乳制品、面包及烘焙食品、蔬菜和瓜类中）。在单向作用化学物质总体毒性影响方面，最为脆弱的系统包括：造血系统、神经系统、肝脏、肾脏，以及参与生长和发育过程的相关系统。

关键词：食品原料；食品；重金属；农药；真菌毒素；暴露；非致癌风险；健康。

引用本文：
Frolova OA, Bocharov EP, Tafeeva EA. 通过食品摄入的化学物质暴露引发的非致癌性效应风险. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2025;32(3):182–194. DOI: 10.17816/humeco629338 EDN: HQAXBN

收到: 22.03.2024 **接受:** 08.06.2025 **发布日期:** 20.06.2025

ECO•VECTOR
The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

ОБОСНОВАНИЕ

Согласно Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации (РФ)[1], обеспечение безопасного питания рассматривают как важнейший элемент национальной безопасности и необходимое условие повышения качества жизни граждан. Ключевым инструментом в этой сфере является систематический мониторинг состояния продовольственного сырья (ПС) и пищевых продуктов (ПП). Профилактика заболеваний, вызванных загрязнёнными химическими веществами продуктами, входит в число приоритетных задач современной медицины [1, 2].

По оценкам Всемирной организации здравоохранения, ежегодно около 600 млн человек, то есть почти каждый десятый житель планеты, заболевают в результате потребления загрязнённых ПП, при этом порядка 420 тыс. случаев заканчивается летальным исходом. Наибольшую опасность для здоровья населения представляют токсины природного происхождения и вещества, загрязняющие окружающую среду. Химическое загрязнение ПП может приводить к острому отравлению или развитию хронических заболеваний[2] [3].

Результаты различных исследований свидетельствуют о том, что даже при содержании химических загрязнителей в ПП на уровне ниже предельно допустимых доз и концентраций, существует вероятность формирования неприемлемого риска для здоровья населения. Так, некоторые соединения металлов, наиболее распространённые в окружающей среде, при длительном воздействии в небольших дозах способны аккумулироваться как в ПС, так и в организме человека, оказывая токсическое воздействие на различные органы и системы [4–6]. Хроническое воздействие микотоксинов ассоциируется с нарушениям функционирования иммунной системы и отклонениями в нормальном развитии организма [7–9]. Остаточное содержание пестицидов в ПП представляет риск возникновения неврологических, гепатотоксических, эндокринных и других патологических изменений [10–12].

Оценка риска является концептуальной основой, которая в контексте с химической безопасностью ПП обеспечивает механизм структурированного сбора и анализа информации о принципах возникновения и развития болезней пищевого происхождения, способствует последовательному, научно обоснованному и упорядоченному принятию решений в области безопасности ПП [13]. В РФ методологию анализа риска для здоровья населения также рассматривают как один из инструментов обоснования гигиенических критериев безопасности ПП [14–17]. При этом вопросы нагрузки различными контаминантами, поступающими с ПП, и их влияние на здоровье населения на региональных уровнях являются малоизученными и представляют научный интерес, а также имеют практическую значимость [18–20].

Цель

Оценка неканцерогенного риска для здоровья населения Республики Татарстан, связанного с загрязнением ПС и ПП химическими веществами, с учётом региональных факторов экспозиции.

МЕТОДЫ

Расчёт суточных доз загрязняющих химических веществ (ЗВ) и оценку риска здоровью населения осуществляли в соответствии с Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания (Р 2.1.10.3968–23)[3]. Расчёты проводили для концентраций ЗВ в ПС и ПП на уровне медианы (Me) и 90-го процентиля (P 90). ПС и ПП классифицированы по следующим группам:

- мясо и мясопродукты;
- рыба и рыбопродукты;
- молоко и молочные продукты;
- хлеб и хлебобулочные изделия;
- сахар и кондитерские изделия;
- овощи и бахчевые (исключая картофель);
- картофель;
- фрукты и ягоды;
- растительные масла;
- яйца.

На этапе идентификации опасности проведён анализ данных о загрязняющих веществах, присутствующих в ПС и ПП. На основе этого анализа сформирован перечень приоритетных химических соединений для оценки риска развития неканцерогенных эффектов. В исследовании использованы результаты лабораторного контроля, проведённого в 2008–2022 гг., испытательным центром ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан (Татарстан)». При анализе рассматривали 23 приоритетных ЗВ (из более чем 130 выявленных), отобранных по критериям значимости и частоты выявления. Определение содержания этих веществ проводили в образцах ПС и ПП, реализуемых на территории Республики Татарстан, как местного, так и неместного производства.

[1] Указ Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации». Режим доступа: https://internet.garant.ru/#/document/73438425/ Дата обращения: 09.03.2024.

[2] Безопасность пищевых продуктов; [около 4 страниц]. В: Всемирная организация здравоохранения [интернет]. Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2024–2024. Режим доступа: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/food-safety Дата обращения: 15.03.2024.

[3] Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания. Р 2.1.10.3968–23 (утв. Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Поповой А.Ю. 6 сентября 2023 г.). Режим доступа: https://internet.garant.ru/#/document/408644981/ Дата обращения: 09.03.2024.

Критерии отбора химических веществ в список приоритетных для последующего анализа, а также условия исключения применяли в соответствии с рекомендациями, изложенными в Р 2.1.10.3968–23[3]. В список приоритетных для оценки риска развития хронических неканцерогенных эффектов вошли следующие вещества, содержащиеся в ПС и ПП: α-гексахлоциклогексан (ГХЦГ), β-ГХЦГ, базудин, бенз(а)пирен, гептахлор, деоксиниваленол, дихлордифенилтрихлорметилметан (ДДТ) и его метаболиты, железо, кадмий, γ-ГХЦГ, медь, мышьяк, натрий фторид, натрий хлорит, нитраты, нитриты, производные 2,4-Д кислоты, ртуть, свинец, фосфамид, фтор, цинк, циперметрин.

На этапе оценки зависимости доза–эффект проанализированы сведения о параметрах неканцерогенной опасности (референтные дозы, критические органы и системы при хроническом воздействии). При оценке экспозиции проведён анализ фактических пищевых привычек питания населения Республики Татарстан, что позволило установить различные варианты воздействия загрязняющих веществ. Всего рассмотрено шесть сценариев (рис. 1). Источником данных по обследованию бюджетов домашних хозяйств (ОБХД) была официальная информация Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Татарстан. В расчётах использовали сведения, собранные за период 2018–2022 гг. Фактическое количество потребляемых населением Республики Татарстан ПП определяли на основе анализа частоты потребления пищи с использованием стандартизированного опросника А.Н. Мартинчика и соавт. [21], после получения от респондентов информированного согласия (протокол исследования одобрен этическим комитетом Казанского государственного медицинского университета, (протокол № 1 от 23.11.2021). Общее количество респондентов составило 471 человек в возрасте старше 18 лет.

Для оценки экспозиционной нагрузки и уровней риска в различных сценариях использованы данные о потреблении ПП населением Республики Татарстан (табл. 1). При расчёте по данным ОБДХ (V и VI сценарий) использовали стандартные значения массы тела человека (70 кг), тогда как для сценариев, учитывающих региональные факторы экспозиции (I–IVсценарии), применяли медианное значение массы тела респондентов — 64 кг. В табл. 2 представлено количество исследованных проб по группам ПП и содержание в них основных загрязняющих веществ на уровне Me и P 90.

Расчёт экспозиции население контаминантами, содержащимися в ПП, осуществляли по следующей формуле:

$$Exp = \frac{\sum_{i=1}^{N}(C_i \times M_i)}{BW}, \quad (1)$$

где *Exp* — значение экспозиции контаминантом, миллиграмм на килограмм массы тела в сутки/неделю/месяц; C_i — содержание контаминанта в *i*-м продукте, мг/кг; M_i — потребление *i*-го продукта, кг/сут (кг/нед., кг/год); *BW* — масса тела человека, кг (стандартное значение — 70 кг); *N* — общее количество продуктов, включённых в исследование.

Вклад ПП в общее значение экспозиции контаминантом рассчитывали по формуле:

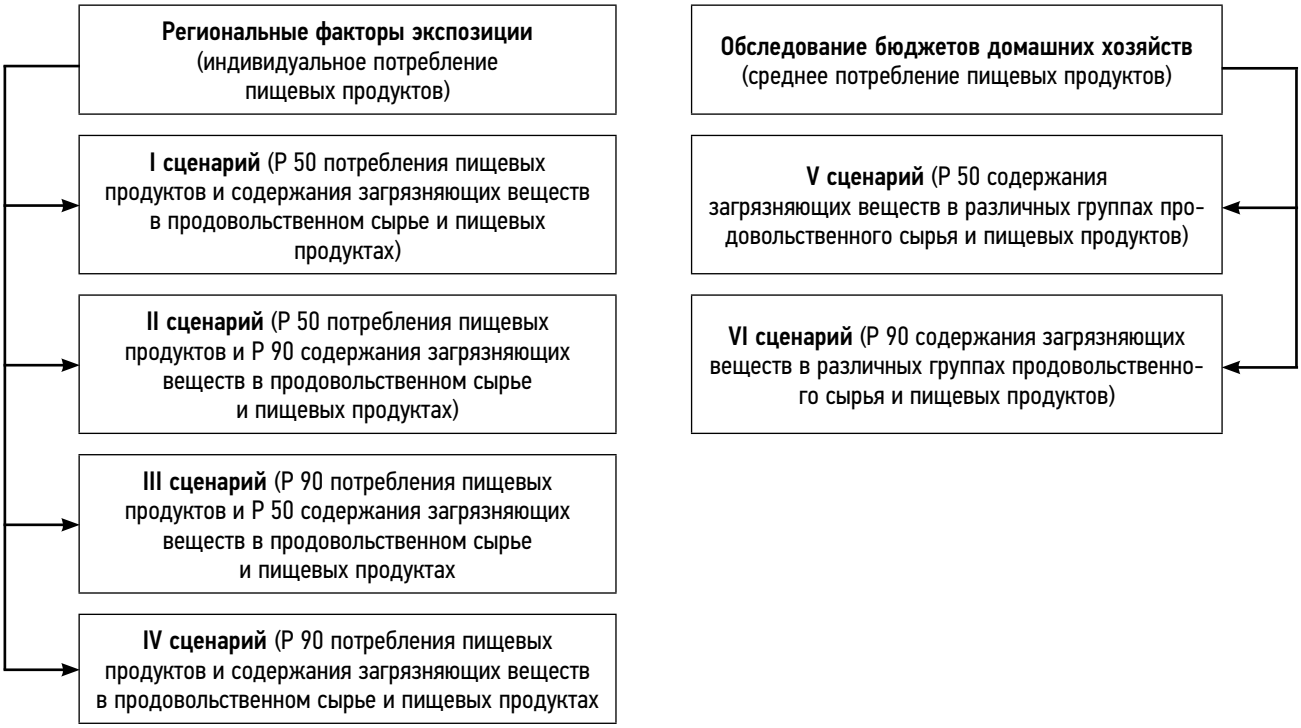

Рис. 1. Сценарии экспозиции, используемые при оценке риска: Me — медиана; P 90 — 90-й процентиль.
Fig. 1. Exposure scenarios used for risk assessment: Me, median; P_{90}, 90th percentile.

Таблица 1. Количество пищевых продуктов, потребляемое населением Республики Татарстан, кг/день
Table 1. Daily consumption of food products by the population of the Republic of Tatarstan, kg/day

Пищевые продукты	Индивидуальное фактическое потребление		ОБДХ, 95% доверительная граница среднего значения
	Me	P 90	
Мясо и мясопродукты	0,10	0,25	0,22
Рыба и рыбопродукты	0,01	0,03	0,05
Молоко и молочные продукты	0,18	0,52	0,79
Хлеб и хлебобулочные изделия	0,27	0,62	0,28
Сахар и кондитерские изделия	0,04	0,11	0,09
Овощи и бахчевые (исключая картофель)	0,29	0,85	0,29
Картофель	0,04	0,16	0,25
Фрукты и ягоды	0,21	0,63	0,23
Растительные масла	0,01	0,03	0,02
Яйца	0,01	0,03	0,04

Примечание. ОБДХ — обследование бюджетов домашних хозяйств; Me — медиана; P 90 — 90-й процентиль.

$$Contr_i = \frac{C_i \times M_i}{\sum_{i=1}^{N} C_i \times M_i} \times 100\%, \quad (2)$$

где $Contr_i$ — вклад *i*-го продукта в общее значение экспозиции; C_i — содержание контаминанта в продукте *i*, мг/кг; M_i — потребление продукта *i*, кг/сут (кг/нед., кг/год); *N* — общее количество продуктов, включённых в исследование.

На последнем этапе выполнены расчёты коэффициента опасности (HQ) для анализа риска развития неканцерогенных эффектов от воздействия отдельных ЗВ, а также индекса опасности (HI) для оценки неканцерогенного риска при их одновременном поступлении, представлена характеристика установленных рискаов. Коэффициент опасности рассчитывали по формуле:

$$HQ_i = \frac{AD_i}{RfD_i}, \quad (3)$$

где *HQ* — коэффициент опасности воздействия вещества *i*; AD_i — потенциальная доза поступления вещества *i*, мг/кг; RfD_i — безопасный уровень воздействия вещества *i*, мг/кг.

Индексы опасности рассчитывали по формуле:

$$HI_k = \Sigma HQ_i, \quad (4)$$

где HI_k — индекс опасности развития нарушения функций критических органов и систем *k*; HQ_i — коэффициенты опасности; для отдельных компонентов *i* смеси веществ, воздействующих на критические органы и системы *k*.

Риск оценивали как:

- минимальный — при HQ ⩽0,1 и HI ⩽1,0;
- допустимый (приемлемый) — при HQ от 0,11 до 1,0 и HI от 1,1 до 3,0;
- настораживающий — при HQ от 1,1 до 3,0 и HI от 3,1 до 6,0;
- высокий — при HQ >3,0 и HI >6,0.

Расчёты проводили с использованием программы Microsoft Office Excel® (Microsoft, Соединённые Штаты Америки).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сравнительный анализ среднесуточных доз при поступлении ЗВ с ПС и ПП показал, что при содержании их на уровне Me наибольшая дозовая нагрузка по большинству ЗВ отмечена при III сценарии (за исключением α- и β-ГХЦГ, железа, мышьяка, натрия фторида, фтора). При концентрациях химических веществ, соответствующих P 90, максимальные нагрузки, как правило, формируются при IV сценарии (за исключением бенз(а)пирена, железа, фторида натрия и фтора). Для фторида натрия, фтора и железа наибольшие значения зафиксированы при VI сценарии, тогда как для α- и β-ГХЦГ, а также мышьяка — при IV сценарии (табл. 3).

Во всех моделируемых сценариях основным источником поступления деоксиниваленола (100%) являются хлеб и хлебобулочные изделия. Фторид натрия и фтор (100%), а также железо (94,8–99,0%) поступают преимущественно с молоком и молочными продуктами. Нитриты (100%) — с мясом и мясопродуктами. Основными путями поступления базудина (100%) и циперметрина (50,0–88,3%) служат овощи и бахчевые (за исключением картофеля). Вклад в суммарную экспозицию хлорита натрия обеспечивают преимущественно овощи и бахчевые (33,2–60,7%) и мясные продукты (24,0–55,0%). Для нитратов основным источником поступления выступают овощи и бахчевые культуры (29,9–75,7%), на долю хлебобулочных изделий приходится 9,7–20,3%, а в V и VI сценариях значительный вклад вносит картофель (18,3–35,2%). Суммарная доза кадмия в сценариях I–IV формируется в основном за счёт потребления хлеба и хлебобулочных изделий

Таблица 2. Содержание в продуктах загрязняющих веществ (Me/P 90), мг/кг

Table 2. Levels of contaminants in food products (Me/P90), mg/kg

Химические вещества	Группы пищевых продуктов									
	1 *n*=5862	2 *n*=2205	3 *n*=4601	4 *n*=5842	5 *n*=2334	6 *n*=5374	7 *n*=4960	8 *n*=3918	9 *n*=2471	10 *n*=1179
α-Гексахлорциклогексан	0/0,025	0,025/0,025	0/0,025	0/0,025	0,025/0,05	0,005/0,05	0,005/0,005	0,003/0,003	0,013/0,05	0/0,001
β-Гексахлорциклогексан	0/0,033	0,025/0,025	0/0,025	0/0,025	0,004/0,05	0/0,038	0,005/0,025	0/0	0/0,05	—
Базудин	—	—	—	—	—	0/0,054	—	—	—	—
Бенз(а)пирен	0,0001/0,0002	0,00005/0,0005	0/0,0004	—	0,0001/0,001	—	—	—	0,0001/0,0008	—
Гептахлор	0,007/0,007	0,007/0,007	0,007/0,007	0,007/0,01	0,007/0,007	0,003/0,007	0,007/0,025	0,004/0,007	—	0,007/0,007
Деоксиниваленол	—	—	—	0,1/0,1	—	—	—	—	—	—
ДДТ и его метаболиты	0,002/0,025	—	0,002/0,025	0,00005/0,01	0,0025/0,02	0,003/0,025	0,003/0,025	0,003/0,025	—	0,001/0,025
Железо (Fe)	—	—	0,8//3,4	—	—	—	—	—	0,8/3,98	—
Кадмий (Cd)	0,001/0,01	0,002/0,02	0,0005/0,01	0,001/0,01	0,001/0,01	0,001/0,01	—	0,001/0,01	0,001/0,01	0,00/0,01
γ-Гексахлорциклогексан	0,005/0,025	0,003/0,025	0,001/0,02	0,001/0,025	0,003/0,05	0,001/0,025	—	0,001/0,004	0,002/0,047	0,001/0,05
Медь (Cu)	0,13/0,98	0,09/0,09	0,085/0,675	0,082/1,944	—	0,14/1,855	—	—	0,05/0,202	—
Мышьяк (As)	0,004/0,08	0,005/0,08	0,0025/0,013	0,001/0,014	0,001/0,08	—	0/0,004	0/0,08	0,0001/0,06	0,006/0,08
Натрий фторид	—	—	2,46/2,67	—	—	—	—	—	—	—
Натрий хлорит	1,575/2,6	5,735/7,922	—	—	—	0,81/1,938	—	—	—	—
Нитраты	14,6/72,83	—	2,5/15,3	29,9/90,51	—	76,85/583,45	84,3/175,0	30,0/56,7	—	—
Нитриты	0,005/30,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Производные 2,4-Д кислоты	0/0,08	0/0,007	0/0,02	0/0,002	—	—	0,01/0,01	0/0,001	—	—
Ртуть (Hg)	0,001/0,004	0,0015/0,008	0/0,0005	0,00025/0,004	0,001/0,006	0/0,0001	0,014/0,07	0,001/0,0004	0,001/0,004	0,001/0,004
Свинец (Pb)	0,014/0,095	0,021/0,109	0,01/0,04	0,018/0,1	0,01/0,068	—	—	0,007/0,057	0,01/0,05	0,01/0,059
Фосфамид	—	—	—	0,00005/0,003	—	0/0,02	0,005/0,035	0/0,02	—	—
Фтор (F)	—	—	1,29/3,17		—	—	—	—	—	—
Цинк (Zn)	0,355/2492	—	0,57/7,5	0,74/8,7	—	—	—	—	—	—
Циперметрин	—	—	—	—	—	0,005/0,005	0,005/0,015	—	—	—

Примечание. 1 — Мясо и мясопродукты; 2 — Рыба и рыбопродукты; 3 — Молоко и молочные продукты; 4 — Хлеб и хлебобулочные изделия; 5 — Сахар и кондитерские изделия; 6 — Овощи и бахчевые (исключая картофель); 7 — Картофель; 8 — Фрукты и ягоды; 9 — Растительные масла; 10 — Яйца; ДДТ — дихлордифенилтрихлорметилметан; Me — медиана; P 90 — 90-й процентиль.

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco629338

(19,1–32,3%), овощей и бахчевых (17,3–26%), а также фруктов и ягод (12,6–19,3%). В сценариях V и VI ведущим источником кадмия становятся молочные продукты (24–34,9%) и хлебобулочными изделиями (12,7–17,5%). Основной вклад в суммарную дозу мышьяка обеспечивает молоко и молочные продукты (9,7–65,1%), мясо и мясопродукты (19,5–27,9%), а также хлеб и хлебобулочные изделия (7,2–20,5%). Дополнительно, в сценариях II, IV, VI, значимый вклад вносит сахар и кондитерские изделия (14–15,7%). Для ртути основными источниками являются хлебобулочные изделия (27,4–48,7%) и мясные продукты (14–29,9%). В сценариях II, IV, VI — фрукты и ягоды (18,1–28,9%). Свинец поступает с хлебом и хлебобулочными изделиями (20,0–37,2%), овощами и бахчевыми (9,1–26,5%), молочными продуктами (8,6–28,2%) и мясом (10,0–15,4%). Вклад в суммарную дозу меди зависит от сценария: в сценариях I, III и V доминируют мясо и мясопродукты (50,5–58,7%); в сценариях II, IV — хлебобулочные изделия (43,8–49,5%) и овощи с бахчевыми (20,9–23,6%); в сценарии VI основную долю обеспечивают молочные продукты (37,2%) и хлеб (30,2%). Суммарная доза цинка при всех сценариях воздействия формируется в основном за счёт потребления хлеба и хлебобулочных изделий (22,4–65,6%). Существенный вклад также вносят молочные продукты (10,5–35,1%) и овощи с бахчевыми (за исключением картофеля) (8,8–33,4%). В сценариях I, III, V основными источниками бенз(а)пирена выступают мясо и мясопродукты (47,1–53,3%), а также сахар и кондитерские изделия (40,7–41,5%). В сценариях II, IV, VI преобладающее значение имеют молочные продукты (51,7–65,8%), в меньшей степени — кондитерские изделия (21,4–31,8%). Поступление производных 2,4-Д кислоты регистрируют только при сценариях II, IV, VI (при содержании на уровне P 90), при этом основная доля приходится на мясную продукцию (40,3–45,8%), молоко (19,4–36,4%), а также овощи и бахчевые (5,9–17,3%). Для фосфамида в сценариях I,

Таблица 3. Среднесуточная доза веществ, загрязняющих пищевые продукты, мг/кг в сут

Table 3. Average daily dose of food contaminants, mg/kg/day

Химические вещества	Сценарий экспозиции					
	I	II	III	IV	V	VI
α-Гексахлорциклогексан	$2{,}2\times10^{-5}$	$6{,}9\times10^{-4}$	$8{,}1\times10^{-5}$	$1{,}9\times10^{-3}$	$1{,}0\times10^{-4}$	$1{,}1\times10^{-3}$
β-Гексахлорциклогексан	$1{,}9\times10^{-5}$	$5{,}5\times10^{-4}$	$8{,}5\times10^{-5}$	$1{,}5\times10^{-3}$	$1{,}1\times10^{-4}$	$9{,}8\times10^{-4}$
Базудин	—	$1{,}9\times10^{-4}$	—	$5{,}6\times10^{-4}$	—	$1{,}5\times10^{-4}$
Бенз(а)пирен	$1{,}5\times10^{-7}$	$2{,}0\times10^{-6}$	$4{,}1\times10^{-7}$	$5{,}7\times10^{-6}$	$3{,}3\times10^{-7}$	$6{,}4\times10^{-6}$
Гептахлор	$1{,}3\times10^{-4}$	$1{,}5\times10^{-4}$	$3{,}5\times10^{-4}$	$4{,}3\times10^{-4}$	$2{,}2\times10^{-4}$	$3{,}0\times10^{-4}$
Деоксиниваленол	$4{,}2\times10^{-4}$	$4{,}2\times10^{-4}$	$9{,}8\times10^{-4}$	$9{,}8\times10^{-4}$	$4{,}1\times10^{-4}$	$4{,}1\times10^{-4}$
ДДТ и его метаболиты	$3{,}4\times10^{-5}$	$3{,}7\times10^{-4}$	$1{,}0\times10^{-4}$	$1{,}1\times10^{-3}$	$6{,}6\times10^{-5}$	$6{,}9\times10^{-4}$
Железо (Fe)	$2{,}2\times10^{-3}$	0,011	0,007	0,031	0,009	0,042
Кадмий (Cd)	$1{,}3\times10^{-5}$	$1{,}8\times10^{-4}$	$3{,}6\times10^{-5}$	$5{,}1\times10^{-4}$	$2{,}4\times10^{-5}$	$3{,}2\times10^{-4}$
γ-Гексахлорциклогексан	$9{,}4\times10^{-6}$	$3{,}5\times10^{-4}$	$2{,}7\times10^{-5}$	$9{,}9\times10^{-4}$	$2{,}3\times10^{-5}$	$6{,}8\times10^{-4}$
Медь (Cu)	$2{,}3\times10^{-3}$	0,016	0,006	0,041	0,004	0,025
Мышьяк (As)	$1{,}4\times10^{-5}$	$2{,}5\times10^{-4}$	$3{,}8\times10^{-5}$	$6{,}5\times10^{-4}$	$4{,}0\times10^{-5}$	$4{,}9\times10^{-4}$
Натрий фторид	$6{,}8\times10^{-3}$	0,007	0,02	0,022	0,028	0,03
Натрий хлорит	$6{,}5\times10^{-3}$	0,014	0,019	0,042	0,009	0,021
Нитраты	0,617	3,138	1,796	9,122	0,857	3,489
Нитриты	$8{,}1\times10^{-3}$	0,055	0,019	0,131	0,016	0,109
Производные 2,4-Д кислоты	—	$2{,}8\times10^{-4}$	—	$7{,}7\times10^{-4}$	—	$6{,}2\times10^{-4}$
Ртуть (Hg)	$4{,}3\times10^{-6}$	$3{,}8\times10^{-5}$	$1{,}1\times10^{-5}$	$1{,}0\times10^{-4}$	$7{,}5\times10^{-6}$	$5{,}6\times10^{-5}$
Свинец (Pb)	$2{,}3\times10^{-4}$	$1{,}3\times10^{-3}$	$6{,}1\times10^{-4}$	$3{,}5\times10^{-3}$	$4{,}0\times10^{-4}$	$2{,}1\times10^{-3}$
Фосфамид	$3{,}1\times10^{-5}$	$1{,}2\times10^{-3}$	$9{,}3\times10^{-5}$	$3{,}0\times10^{-3}$	$4{,}0\times10^{-5}$	$1{,}5\times10^{-3}$
Фтор (F)	$3{,}6\times10^{-3}$	$7{,}2\times10^{-3}$	0,011	0,021	0,015	0,029
Цинк (Zn)	0,013	0,075	0,035	0,193	0,021	0,108
Циперметрин	$2{,}5\times10^{-5}$	$2{,}8\times10^{-5}$	$7{,}9\times10^{-5}$	$9{,}1\times10^{-5}$	$3{,}7\times10^{-5}$	$5{,}5\times10^{-5}$

Примечание. ДДТ — дихлордифенилтрихлорметилметан.

III, V наибольший вклад обеспечивают фрукты и ягоды (63,9–79,9%), тогда как в сценариях II, IV, VI — хлеб и хлебобулочные изделия (65,0–81,7%). Суммарная доза α-ГХЦГ в сценариях I, III, V преимущественно обусловлена поступлением с картофелем (68,5–91,7%). В сценариях II, IV, VI основной вклад вносят хлебобулочные изделия (18,9–30,5%), молочные продукты (10,0–25,9%), овощи и бахчевые (за исключением картофеля) (13,4–26,1%) и фрукты с ягодами (11,4–18,8%). Для β-ГХЦГ в сценариях I, III, V основными источниками являются картофель (72,4–82,7%) и рыбные продукты (17,3–27,6%). В сценариях II, IV, VI распределение вклада смещено в сторону хлеба и хлебобулочных изделий (21,1–38,1%), молока и молочной продукции (12,5–28,9%), овощей и бахчевых (9,4–22,6%), а также мясной продукции (13,1–16,3%). Формирование суммарной дозы γ-ГХЦГ происходит преимущественно за счёт молока и молочных продуктов (15,5–49,9%), овощей и бахчевых культур (за исключением картофеля) (8,1–31,6%), а также хлебобулочных изделий (9,1–29,5%). Основные источники ДДТ и его метаболитов — молоко и молочные продукты (18,7–42,5%), овощи и бахчевые (13,2–33,3%), а также фрукты и ягоды (12,2–24,7%). В сценариях I–IV наибольший вклад в дозовую нагрузку гептахлора обеспечивают хлеб и хлебобулочные изделия (19,3–28,2%), овощи и бахчевые (21,2–26,3%), а также фрукты с ягодами (15,5–19,5%). В сценариях V и VI ведущими источниками выступают молочные продукты (26,1–35,2%), картофель (11,4–30,2%) и хлебобулочные изделия (12,8–13,6%).

Анализ хронического неканцерогенного действия приоритетных веществ, загрязняющих ПП, на основании проведённых расчётов (HQ), показал, что для сценария I значения HQ для всех веществ находятся на допустимом уровне (табл. 4). При этом установлено, что экспозиция базудином и производными 2,4-Д кислоты отсутствует, а значения HQ для бенз(а)пирена, ДДТ и его метаболитов,

Таблица 4. Коэффициент опасности химических веществ в зависимости от сценария экспозиции

Table 4. Hazard quotients of chemical substances according to exposure scenarios

Химические вещества	Сценарий					
	I	II	III	IV	V	VI
α-Гексахлорциклогексан	0,004	0,14	0,02	0,38	0,02	0,22
β-Гексахлорциклогексан	0,04	1,1	0,17	2,94	0,22	1,95
Базудин	0	0,21	0	0,62	0	0,17
Бенз(а)пирен	0,0003	0,004	0,002	0,01	0,001	0,01
Гептахлор	0,25	0,3	0,71	0,85	0,45	0,61
Деоксиниваленол	0,42	0,42	0,98	0,98	0,41	0,41
ДДТ и его метаболиты	0,07	0,73	0,2	2,11	0,13	1,39
Железо (Fe)	0,01	0,04	0,02	0,1	0,03	0,14
Кадмий (Cd)	0,03	0,36	0,07	1,0	0,05	0,65
γ-Гексахлорциклогексан	0,03	1,18	0,09	3,31	0,08	2,27
Медь (Cu)	0,12	0,81	0,31	2,14	0,22	1,31
Мышьяк (As)	0,05	0,83	0,13	2,16	0,13	1,62
Натрий фторид	0,14	0,15	0,4	0,43	0,55	0,60
Натрий хлорит	0,22	0,46	0,62	1,39	0,3	0,69
Нитраты	0,39	1,96	1,12	5,7	0,54	2,18
Нитриты	0,08	0,55	0,18	1,31	0,16	1,0
Производные 2,4-Д кислоты	0	0,03	0	0,08	0	0,06
Ртуть (Hg)	0,01	0,13	0,04	0,34	0,02	0,19
Свинец (Pb)	0,06	0,36	0,18	1,0	0,11	0,59
Фосфамид	0,16	5,89	0,46	14,77	0,2	7,28
Фтор (F)	0,06	0,12	0,17	0,35	0,24	0,49
Цинк (Zn)	0,04	0,25	0,12	0,64	0,07	0,36
Циперметрин	0,003	0,003	0,01	0,01	0,004	0,01

Примечание. ДДТ — дихлордифенилтрихлорметилметан.

железа, γ-, α- и β-ГХЦГ, кадмия, мышьяка, нитритов, цинка, ртути, свинца, фтора, циперметрина находятся на минимальном (целевом) уровне (HQ <0,1). Наибольшие значения HQ зафиксированы для деоксиниваленола и нитратов (см. табл. 4).

Во II сценарии значения HQ варьируют от минимальных [для бенз(а)пирена, железа, производных 2,4-Д кислоты, циперметрина] до настораживающих (для нитратов, γ- и β-ГХЦГ), при этом для фосфамида регистрируют высокий уровень риска.

В III сценарии экспозиция базудином и производными 2,4-Д кислоты не выявлена, а значения HQ для всех приоритетных веществ, кроме нитратов, находятся на допустимом уровне. В свою очередь, значение HQ для нитратов составило 1,12, что оценили как настораживающий риск.

В IV сценарии значения HQ варьируют от допустимых (для деоксиниваленола, натрия фторида, фтора, базудина, гептахлора, кадмия, свинца, цинка, ртути, α-ГХЦГ) до настораживающих (для β-ГХЦГ, мышьяка, ДДТ и его метаболитов, меди, нитритов, натрия хлорита), при этом для фосфамида, нитратов и γ-ГХЦГ регистрируют высокий уровень риска.

В V сценарии экспозиция базудином и производными 2,4-Д кислоты не выявлена, а значения HQ по всем приоритетным веществам находятся на допустимом уровне.

В VI сценарии значения HQ варьируют от минимальных [для бенз(а)пирена, производных 2,4-Д кислоты, циперметрина] до настораживающих (для γ-ГХЦГ, нитратов, β-ГХЦГ, мышьяка, ДДТ и его метаболитов, меди, нитритов), при этом для фосфамида регистрируют высокий уровень риска.

Анализ значений HI для химических веществ однонаправленного действия при содержании ЗВ в ПП на уровне Me в соответствии со сценариями I, III и V показал, что риск возникновения хронических неканцерогенных эффектов со стороны различных критических органов и систем у взрослого населения Республики Татарстан остаётся в пределах минимального и допустимого диапазона. Содержание загрязняющих веществ в ПП на уровне P 90 (сценарии II, IV и VI) формирует повышенные риски развития неблагоприятных эффектов для некоторых органов и систем. В сценарии II и IV отмечен настораживающий уровень риска для системы крови, связанный с поступлением нитратов (вклад в HQ 61 и 54% соответственно); для печени (вклад в HQ 50%) и почек, обусловленный присутствием γ-ГХЦГ (вклад в HQ 56 и 63% соответственно). Кроме того, зафиксирован высокий риск для нервной системы, связанный с содержанием фосфамида (вклад в HQ 79 и 74% соответственно). В IV сценарии (повышенное потребление ПП, содержащих химические вещества по верхнему уровню контаминации — «наихудшая ситуация») установлен настораживающий риск развития неканцерогенных эффектов для почек, обусловленный содержанием γ-ГХЦГ (вклад в HQ 58%); а также для процессов роста и развития, связанный с присутствием мышьяка и хлорита натрия (вклад в HQ 44 и 25% соответственно). Выявлен настораживающий риск для репродуктивной и эндокринной систем, обусловленный присутствием β-ГХЦГ (вклад в HQ 75%), а также высокий риск для крови (нитраты, вклад в HQ 65%), печени (ДДТ и его метаболитов, γ-ГХЦГ — вклад в HQ 31 и 48% соответственно) и нервной системы (фосфамида, вклад в HQ 78%). Риск воздействия на центральную нервную систему, желудочно-кишечный тракт, сердечно-сосудистую, иммунную и мышечную системы при всех рассматриваемых сценариях воздействия оценивается как минимальный и допустимый (табл. 5).

ОБСУЖДЕНИЕ

В проведённом исследовании дозы, рассчитанные на основе ОБДХ, по некоторым веществам [железо, натрий фторид, фтор, бенз(а)пирен, α- и β-ГХЦГ] выше, чем дозы, рассчитанные по индивидуальному потреблению даже на уровне P 90, что говорит о вероятном переучёте экспозиционной нагрузки по вышеуказанным веществам и недоучёте по другим загрязнителям. При оценке риска развития неблагоприятных эффектов, обусловленных содержанием загрязняющих веществ в ПП, используют как статистические данные среднедушевого годового потребления ПП, так и индивидуального среднегодового потребления, полученные в результате оценки фактического питания. Последний подход более точно отражает степень влияния алиментарных контаминантов. Полученные в различных исследованиях результаты свидетельствуют о том, что контаминация ПП формирует повышенные риски для здоровья потребителей разных возрастных и социальных групп. Химические факторы (пестициды, нитраты, тяжёлые металлы и др.) создают риски возникновения патологий пищеварительной, нервной, иммунной, эндокринной систем, крови и др. [1, 24, 25]. Установлено, что наибольшая вероятность развития неблагоприятных эффектов от влияния химических веществ, загрязняющих ПС и ПП, существует для нервной системы (HI до 18,89), крови (HI до 9,71), печени (HI до 7,71), почек (HI до 5,71), репродуктивной и эндокринной систем (HI до 3,94). Полученные значения для сценария IV, отражающего «наихудшую ситуацию», являются сигналом для лиц, принимающих управленческие решения о необходимости организации мер профилактики с целью минимизации воздействия данных факторов риска на здоровье населения республики.

Ограничения исследования

Неопределённости результатов проведённой оценки риска связаны с использованием в расчётах значений стандартных факторов экспозиции, результатов социально-гигиенического мониторинга качества ПС и ПП, неполнотой информации о содержании остаточных количеств применяемых в сельском хозяйстве пестицидов ввиду

Таблица 5. Распределение критических органов и систем по величине индекса опасности для веществ однонаправленного действия
Table 5. Distribution of target organs and systems by hazard index for substances with similar mechanisms of action

Критические органы и системы	Сценарий					
	I	II	III	IV	V	VI
Кровь	0,99	3,57	2,58	9,71	1,29	4,6
Печень	0,774	2,8	2,0	7,71	1,09	4,96
Почки	0,49	2,12	1,18	5,71	0,56	2,98
Центральная нервная система	0,28	0,82	0,8	2,39	0,41	1,28
Нервная система	0,28	7,42	0,81	18,89	0,4	9,85
Желудочно-кишечный тракт	0,193	0,973	0,51	2,6	0,494	1,95
Влияние на процессы развития	0,34	1,784	0,972	4,9	0,561	3,1
Сердечно-сосудистая система	**0,05**	**0,83**	**0,13**	**2,16**	**0,13**	**1,62**
Репродуктивная система	0,1	1,96	0,35	3,94	0,33	2,54
Эндокринная система	0,1	1,96	0,35	3,94	0,33	2,54
Иммунная система	**0,04**	**0,25**	**0,12**	**0,64**	**0,07**	**0,36**
Мышечная система	**0,14**	**0,15**	**0,4**	**0,43**	**0,55**	**0,60**

того, что контроль направлен на поиск прежде всего глобальных загрязнителей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка риска развития хронических неканцерогенных эффектов на основании HQ приоритетных химических веществ, загрязняющих ПС и ПП, показала, что значения HQ по всем веществам для сценариев экспозиции I, V, а также III, за исключением нитратов, не превышают допустимый уровень (HQ <1). Значения HQ для некоторых веществ по сценариям экспозиции, при расчёте которых учитывали содержание ЗВ в соответствующих группах ПП на уровне P 90, свидетельствуют о настораживающем уровне риска (β- и γ-ГХЦГ, нитраты — сценарий II; β-ГХЦГ, ДДТ и его метаболиты, медь, мышьяк, натрий хлорит, нитриты — сценарий IV; β-ГХЦГ, ДДТ и его метаболиты, γ-ГХЦГ, медь, мышьяк, нитраты — сценарий VI), а также высоком уровне (фосфамид для сценариев II, IV, VI, дополнительно нитраты и γ-ГХЦГ для сценария IV).

Развитие неблагоприятных неканцерогенных эффектов обусловлено преимущественно загрязнением ПС и ПП фосфамидом (при употреблении хлеба и хлебобулочных изделий, фруктов и ягод), нитратами (при употреблении овощей с бахчевыми, хлеба и хлебобулочных изделий, картофеля) и γ-ГХЦГ (при употреблении молока и молочных продуктов, хлеба и хлебобулочных изделий, овощей и бахчевых). Наиболее уязвимыми, с точки зрения развития общетоксических эффектов от воздействия химических веществ однонаправленного действия, загрязняющих ПП, являются кроветворная и нервная системы, печень, почки, а также системы, участвующие в процессах роста и развития.

Таким образом, по результатам проведённого исследования установлено, что расчёт значений неканцерогенного риска для здоровья населения от влияния химических веществ, поступающих с ПП, с учётом региональных факторов экспозиции, является предпочтительным в сравнении с ОБДХ. Полученные результаты возможно использовать местными органами власти при разработке мероприятий по совершенствованию системы безопасности ПП и проектов управленческих решений для снижения бремени алиментарно-зависимых заболеваний у населения Республики Татарстан.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. О.А. Фролова — концепция и дизайн исследования, участие в обсуждении полученных результатов; Е.П. Бочаров — сбор и статистическая обработка первичных данных, написание текста рукописи; Е.А. Тафеева — обобщение материала, анализ и обсуждение результатов, редактирование текста рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом Казанского государственного медицинского университета, (протокол № 1 от 23.11.2021). Все респонденты подписали форму информированного добровольного согласия.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Все данные, полученные в настоящем исследовании, доступны в статье.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: O.A. Frolova: conceptualization, investigation; E.P. Bocharov: data curation, formal analysis, writing—original draft; E.A. Tafeeva: formal analysis, writing—review & editing. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: The study was approved by the Local Ethics Committee of Kazan State Medical University (Minutes No. 1 of November 23, 2021). All participants provided written informed consent.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously published material (text, images, or data) was used in this work.

Data availability statement: All data generated during this study are available in this article.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Popova AYu. Risk analysis as a strategic sphere in providing food products safety. *Health Risk Analysis.* 2018;(4):4–12. doi: 10.21668/health.risk/2018.4.01 EDN: YUGRWH
2. Tutelyan VA. Healthy food for public health. *Public Health.* 2021;1(1):56–64. doi: 10.21045/2782-1676-2021-1-1-56-64 EDN: MOMMXI
3. Gizaw Z. Public health risks related to food safety issues in the food market: a systematic literature review. *Environmental Health and Preventive Medicine.* 2019;24(1):68. doi: 10.1186/s12199-019-0825-5 EDN: XDAHPG
4. Khotimchenko SA, Bessonov VV, Bagryantseva OV, Gmoshinsky IV. Safety of food products: new problems and ways of solution. *Medicina truda i jekologija cheloveka*. 2015;(4):7–14. EDN: UWALFB
5. Lyzhina AV, Unguryanu TN, Rodimanov AV. Health risk assessment associated with contamination by heavy metals of food products. *Public Health and Life Environment.* 2018;(7):4–7. doi: 10.35627/2219-5238/2018-304-7-4-7 EDN: XUZGXB
6. Fomina SF, Stepanova NV. Non-carcinogenic risk for children population health in kazan caused by food products and food raw materials contamination. *Health Risk Analysis.* 2017; (4):42–48. doi: 10.21668/health.risk/2017.4.04 EDN: YLTYUA
7. Açar Y, Akbulut G. Evaluation of aflatoxins occurrence and exposure in cereal-based baby foods: an update review. *Current Nutrition Reports.* 2024;13(1):59–68. doi: 10.1007/s13668-024-00519-x EDN: ZARCFQ
8. Mishra S, Srivastava S, Dewangan J, et al. Global occurrence of deoxynivalenol in food commodities and exposure risk assessment in humans in the last decade: a survey. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 2019;60(8):1346–1374. doi: 10.1080/10408398.2019.1571479 EDN: MAAKRL
9. Tan T, Chen T, Zhu W, et al. Adverse associations between maternal deoxynivalenol exposure and birth outcomes: a prospective cohort study in China. *BMC Medicine.* 2023;21(1):328. doi: 10.1186/s12916-023-03011-5 EDN: KECAUP
10. Eliseev YuYu, Spirin VF, Chechomov SY, Eliseeva JV. Potential health risk associated with consumption of local food containing pesticide residues for the rural population. *Hygiene and sanitation.* 2021;100(5):482–488. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-5-482-488 EDN: ZIPZIW
11. Díaz-Vallejo J, Barraza-Villarreal A, Yañez-Estrada L, Hernández-Cadena L. Plaguicidas en alimentos: riesgo a la salud y marco regulatorio en Veracruz, México. *Salud Pública de México.* 2021;63(4):486–497. doi: 10.21149/12297 EDN: GZNGWB
12. Scorza FA, Beltramim L, Bombardi LM. Pesticide exposure and human health: toxic legacy. *Clinics.* 2023;78:100249. doi: 10.1016/j.clinsp.2023.100249 EDN: QKPVQA
13. Basak S, Lewis J, Vemula SR, Halady PS. Safety and risk assessment of food items. In: Mohanan PV, Kappalli S, editors. *Biomedical Applications and toxicity of nanomaterials.* Singapore: Springer; 2023. P. 203–227. doi: 10.1007/978-981-19-7834-0_8
14. Zaitseva NV. Analysis of population health risks in the Russian Federation caused by food products con-tamination. *Health Risk Analysis.* 2018; (4):13–23. doi: 10.21668/health.risk/2018.4.02 EDN: YUGRWX
15. Tutelyan VA, Nikityuk DB, Khotimchenko SA. Normative base for food quality and safety assessment. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2017;(2):74–120. EDN: YNBHHH
16. Shur PZ, Zaitseva NV. Health risk assessment when giving grounds for hygienic criteria of food products safety. *Health Risk Analysis.* 2018;(4):43–56. doi: 10.21668/health.risk/2018.4.05 EDN: YUGRYL
17. Shur PZ, Zaitseva NV, Khotimchenko SA, et al. On the issue of establishing acceptable daily intake of chemical substancesin food products according to health risk criteria. *Hygiene and sanitation.* 2019;98(2):189–195. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-2-189-195 EDN: YZNATZ
18. Boev VM, Kryazheva EA, Begun DN, et al. Hygienic assessment of population health risks caused by combined oral introduction of heavy metals. *Health Risk Analysis.* 2019;(2):35–43. doi: 10.21668/health.risk/2019.2.04 EDN: ZCHOOD
19. Gorbachev DO, Sazonova OV, Gavryushin MY, Borodina LM. Hygienic assessment of public health risks caused by food contamination with organochlorine pesticides. *Russian Bulletin of Hygiene.* 2021;(1):35–39. doi: 10.24075/rbh.2021.006 EDN: ISAZQM
20. Kiku PF, Anan'ev VY, Kislitsina LV, et al. The risk of impact on the health of the population of primorye territory contaminant chemical in food. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2017;24(11):18–22. doi: 10.33396/1728-0869-2017-11-18-22 EDN: ZSKCHR
21. Martinchik AN, Baturin AK, Baeva VS, et al. Examining dietary intake using food frequency analysis: questionnaire development and validation of the method. *Profilaktika zabolevanij i ukreplenie zdorov'ja*. 1998;(5):14–19.
22. Gorbachev DO, Sazonova OV, Borodina LM, et al. Analyzing health risks for employable population caused by food products contamination (experience gained in Samara region). *Health Risk Analysis.* 2019; (3):42–49. doi: 10.21668/health.risk/2019.3.05 EDN: MWCAZJ
23. Frolova OA, Bocharov YP, Tafeeva EA. Assessment of carcinogenic risk associated with chemical exposure from food products. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2023;30(5):385–394. doi: 10.17816/humeco217681 EDN: ZDRUBZ
24. Bogdanova OG, Efimova NV, Bagaeva ME, et al. Risk assessment for public health associated with nitrate content in crop products. *Problems of Nutrition.* 2021;90(3):40–49. doi: 10.33029/0042-8833-2021-90-3-40-49 EDN: FWWDOQ
25. Myslyva TN, Levshuk ON. Carcinogenic and non-carcinogenic risk for the population from the consumption of potatoes and vegetables growing within the limits of agro-residential landscapes. *Journal of the Belarusian State University. Ecology.* 2021;(4):65–75. doi: 10.46646/2521-683X/2021-4-65-75 EDN: HUNCOP

ОБ АВТОРАХ

*** Фролова Оксана Александровна,** д-р мед. наук, профессор;
адрес: Россия, 420012, Казань, ул. Бутлерова, д. 36;
ORCID: 0000-0002-6675-0563;
eLibrary SPIN: 1920-0311;
e-mail: frolova_oa@mail.ru

Бочаров Евгений Павлович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0003-0672-5603;
eLibrary SPIN: 5136-5976;
e-mail: e-bocharov@yandex.ru

Тафеева Елена Анатольевна, д-р мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-4161-2463;
eLibrary SPIN: 2265-1810;
e-mail: tafeeva@mail.ru

AUTHORS' INFO

*** Oksana A. Frolova,** MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
address: 36 Butlerov st, Kazan, Russia, 420012;
ORCID: 0000-0002-6675-0563;
eLibrary SPIN: 1920-0311;
e-mail: frolova_oa@mail.ru

Evgeniy P. Bocharov, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0003-0672-5603;
eLibrary SPIN: 5136-5976;
e-mail: e-bocharov@yandex.ru

Elena A. Tafeeva, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor;
ORCID: 0000-0002-4161-2463;
eLibrary SPIN: 2265-1810;
e-mail: tafeeva@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco642725 EDN: YIPDKR

Взаимосвязь потребления пищевых продуктов животного происхождения и микробиоты кишечника

А.В. Ермолаев[1,2], А.В. Лямин[1], Д.О. Горбачев[1]

[1] Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия;
[2] 1026 центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора военного округа, Самара, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В современном мире питание играет ключевую роль в поддержании здоровья и благополучия человека. Однако неправильное питание и несбалансированный рацион могут привести к развитию различных алиментарно-зависимых заболеваний. В условиях организованного закрытого коллектива, где питание часто стандартизировано и ограничено, риск развития алиментарно-зависимых заболеваний возрастает. Недостаток разнообразия в рационе, низкое качество продуктов и отсутствие контроля над потреблением могут способствовать возникновению острых инфекционных и хронических заболеваний.

Цель. Оценить особенности микробиоты кишечника в зависимости от характеристики потребления пищевых продуктов животного происхождения.

Методы. В исследовании приняли участие 120 представителей мужского пола, которые были объединены в строго организованную группу с ограниченным доступом (коллектив закрытого типа). Была проведена оценка фактического питания участников на основе метода 24-часового воспроизведения суточного рациона. Микробиоту кишечника исследовали культуральным методом с применением расширенного набора питательных сред и идентификацией всех выделенных микроорганизмов с помощью MALDI-ToF масс-спектрометрии. Статистический анализ проводили с использованием специального программного обеспечения стандартного пакета StatTech v.4.2.6.

Результаты. При употреблении молока и молочных продуктов достоверно чаще были выделены *Salmonella* spp., яичных продуктов — *Agromyces* spp., *Geobacillus* spp., *Roseomonas* spp., мясных продуктов — *Lactococcus* spp., рыбных продуктов — *Limosilactobacillus* spp., *Salmonella* spp., *Micrococcus* spp., масел животного происхождения — *Klebsiella* spp., *Lactococcus* spp.

Заключение. Результаты проведённого исследования выявили ряд особенностей состава микробиоты при употреблении отдельных пищевых продуктов животного происхождения. Установлены статистически значимые корреляционные связи между употреблением готовых мясных и рыбных блюд и выделением *Lactococcus* spp., *Limosilactobacillus* spp., *Salmonella* spp., *Micrococcus* spp. Обозначена взаимосвязь между потреблением молочных и яичных продуктов питания и выделением *Salmonella* spp., *Agromyces* spp., *Geobacillus* spp., *Roseomonas* spp.

Ключевые слова: продукты питания; микробиота; пищевой статус; пищевая микробиология.

Как цитировать:
Ермолаев А.В., Лямин А.В., Горбачев Д.О. Взаимосвязь потребления пищевых продуктов животного происхождения и микробиоты кишечника // Экология человека. 2025. Т. 32, № 3. С. 195–206. DOI: 10.17816/humeco642725 EDN: YIPDKR

Рукопись поступила: 09.12.2024 **Рукопись одобрена:** 24.05.2025 **Опубликована online:** 21.06.2025

ЭКО • ВЕКТОР

Распространяется на условиях лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco642725 EDN: YIPDKR

Animal-Source Food Consumption and Gut Microbiota

Alexander V. Ermolaev[1,2], Artem V. Lyamin[1], Dmitrii O. Gorbachev[1]

[1] Samara State Medical University, Samara, Russia;
[2] 1026 of the Center of State Sanitary and Epidemiological Surveillance, Samara, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: In the modern world, nutrition is essential for human health and well-being. An inadequate diet may result in a variety of nutrition-related disorders. In organized closed groups, where diets are often standardized and restricted, the risk of nutrition-related disorders increases. Insufficient dietary diversity, low food quality, and a lack of consumption control can contribute to acute infectious and chronic diseases.

AIM: The work aimed to assess the characteristics of gut microbiota depending on animal-source food consumption.

METHODS: The study included 120 male participants who were part of a highly structured, limited-access group (closed institutional group). Dietary intake was assessed using the 24-hour dietary recall method. The gut microbiota was analyzed by culture-based techniques using an extended set of growth media, with all isolated microorganisms identified by MALDI-ToF mass spectrometry. Statistical analysis was performed using the specialized software package StatTech v.4.2.6.

RESULTS: Consumption of milk and dairy products was significantly associated with *Salmonella* spp.; egg products with *Agromyces* spp., *Geobacillus* spp., and *Roseomonas* spp.; meat products with *Lactococcus* spp.; fish products with *Limosilactobacillus* spp., *Salmonella* spp., and *Micrococcus* spp.; and animal-derived fats with *Klebsiella* spp. and *Lactococcus* spp.

CONCLUSION: The study revealed several specific features in the gut microbiota composition associated with the consumption of certain animal-source foods. Significant correlations were established between the consumption of processed meat and fish and the detection of *Lactococcus* spp., *Limosilactobacillus* spp., *Salmonella* spp., and *Micrococcus* spp. Moreover, associations were found between the intake of dairy and egg products and the isolation of *Salmonella* spp., *Agromyces* spp., *Geobacillus* spp., and *Roseomonas* spp.

Keywords: food products; microbiota; nutritional status; food microbiology.

To cite this article:
Ermolaev AV, Lyamin AV, Gorbachev DO. Animal-source food consumption and gut microbiota. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2025;32(3):195–206. DOI: 10.17816/humeco642725 EDN: YIPDKR

Received: 09.12.2024 **Accepted:** 24.05.2025 **Published online:** 21.06.2025

ECO•VECTOR
The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco642725 EDN: YIPDKR

动物性食品摄入与肠道微生物群之间的关系

Alexander V. Ermolaev[1,2], Artem V. Lyamin[1], Dmitrii O. Gorbachev[1]

[1] Samara State Medical University, Samara, Russia;
[2] 1026 of the Center of State Sanitary and Epidemiological Surveillance, Samara, Russia

摘要

论证。在当代社会，膳食在维持人体健康与福祉方面发挥着关键作用。然而，不良的饮食习惯和不均衡的膳食结构可能导致多种与营养相关的疾病。在饮食标准化且选择受限的封闭式集体环境中，营养相关疾病的发生风险显著增加。膳食多样性不足、食品质量较差以及缺乏摄入控制，均可能促进急性传染病和慢性病的发生。

目的。评估动物性食品摄入特点与肠道微生物群组成之间的关系。

材料与方法。本研究共纳入120名男性受试者，他们被编入一个组织结构严密、出入受限的集体（封闭式集体）。基于24小时膳食回顾法对受试者的实际膳食摄入情况进行了评估。肠道微生物群采用培养法检测，配合扩展型培养基组合，并通过MALDI-ToF质谱技术对分离的菌株进行鉴定。统计分析使用 StatTech v.4.2. 6标准软件包完成。

结果。摄入乳及乳制品者显著更常检出 *Salmonella* spp.；摄入蛋类制品者更常检出 *Agromyces* spp., *Geobacillus* spp. 和 *Roseomonas* spp.; 摄入肉类制品者更常检出 *Lactococcus* spp.; 摄入鱼类制品者更常检出 *Limosilactobacillus* spp., *Salmonella* spp. 和 *Micrococcus* spp.; 摄入动物性油脂者则更常检出 *Klebsiella* spp. 和 *Lactococcus* spp.

结论。本研究揭示了摄入特定动物性食品与肠道微生物群组成之间的若干特征性关系。统计分析显示，摄入肉类和鱼类熟食与分离出 *Lactococcus* spp., *Limosilactobacillus* spp., *Salmonella* spp. 和 *Micrococcus* spp. 呈显著相关性。摄入乳类和蛋类食品与分离出 *Salmonella* spp., *Agromyces* spp., *Geobacillus* spp. 和 *Roseomonas* spp. 密切相关。

关键词：食品；微生物群；营养状况；食品微生物学。

引用本文：
Ermolaev AV, Lyamin AV, Gorbachev DO. 动物性食品摄入与肠道微生物群之间的关系. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2025;32(3): 195–206. DOI: 10.17816/humeco642725 EDN: YIPDKR

收到: 09.12.2024 **接受:** 24.05.2025 **发布日期:** 21.06.2025

ECO•VECTOR
The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

ОБОСНОВАНИЕ

Рациональное питание играет ключевую роль в сохранении здоровья населения. Оптимальное питание поддерживает здоровый рост и развитие человека, помогает предотвращать заболевания, продлевает жизнь, повышает эффективность труда и обеспечивает адекватную адаптацию к окружающей среде, снижает риск возникновения алиментарно-зависимых заболеваний [1].

Многие взрослые не придерживаются принципов правильного питания, поскольку употребляют в пищу продукты, богатые животными жирами и простыми углеводами. Сохраняется тенденция к низкому употреблению продуктов растительного происхождения (овощей, фруктов), а также редкому употреблению рыбы и морепродуктов. В результате растёт количество людей с избыточным весом и ожирением [2].

Питание значительно влияет на формирование и поддержание здоровой микрофлоры кишечника. Различные виды бактерий, обитающие в кишечнике, зависят от определённых компонентов пищевых продуктов.

Желудочно-кишечный тракт характеризуется высокой концентрацией микробов, формирующих сложную экосистему — микробиоту кишечника. Филотипы микробиоты кишечника представляют собой подмножества таксонов с близкими филогенетическими связями и общими признаками. Основные типы бактерий, составляющие 90% микробиома кишечника человека, включают *Bacteroidota* (ранее *Bacteroidetes*, грамотрицательные) и *Bacillota* (ранее *Firmicutes*, грамположительные). Другие важные типы включают актинобактерии (грамположительные) и протеобактерии (грамотрицательные). Второстепенные типы включают *Verrucomicrobiota* (ранее *Verrucomicrobia*, грамотрицательные) и *Fusobacteriota* (ранее *Fusobacteria*, грамотрицательные). Соотношение филотипов в микробиоте кишечника варьирует от рациона питания. Важно отметить, что состав микробиоты кишечника у каждого человека индивидуален и может различаться не только по видовому составу, но и по функциональной активности отдельных штаммов [3, 4].

Состав кишечной микробиоты меняется в течение жизни человека как качественно, так и количественно под влиянием различных факторов, таких как питание, окружающая среда, режим сна и бодрствования, а также уровень физической активности. Проведённые исследования показывают, что питание оказывает значительное воздействие на формирование кишечной микробиоты [5].

Устоявшиеся пищевые привычки, диеты, включающие преимущественно продукты животного или растительного происхождения, могут оказывать значительное влияние на микробиоту кишечника [6, 7].

В связи с этим, по нашему мнению, важно изучить особенности питания в организованном закрытом коллективе, провести оценку состава микробиоты кишечника. Это позволит заранее выявлять потенциальные риски развития алиментарно-зависимых заболеваний, проводить профилактические мероприятия.

Цель

Оценить особенности микробиоты кишечника в зависимости от характеристики потребления пищевых продуктов животного происхождения.

МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 120 человек 18–22 лет (средний возраст 18,4±0,7 года). Участники исследования сформировали организованный коллектив закрытого типа, функционирующий в условиях жёсткой изоляции от внешней среды и имеющий строго регламентированную иерархическую структуру. В исследовании принимали участие представители мужского пола.

Критерии включения в исследование: наличие информированного добровольного согласия испытуемого на участие в исследовании; возраст от 18 до 22 лет; отсутствие любых острых инфекционных заболеваний за 6 мес. (включая заболевания желудочно-кишечного тракта); отсутствие приёма антибактериальных препаратов более трёх месяцев; отсутствие ограничений в питании (вегетарианство, сыроедение и прочее); проживание в пределах одного организованного коллектива закрытого типа.

У участников собирали биоматериал, представленный содержимым толстой кишки (кал). Биоматериал помещали в стерильный контейнер объёмом 60 мл и доставляли в микробиологическую лабораторию в медицинском контейнере (ТМ-1), который находился в сумке-чехле с хладоэлементами МХД-1. Сбор биоматериала проводили в соответствии с требованиями п. 6.8.3. МУ 4.2.2039-05 «Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Техника сбора и транспортирования биоматериалов в микробиологические лаборатории. Методические указания».

В соответствии с ОСТ 91500.11.0004-2003 «Отраслевой стандарт "Протокол ведения больных. Дисбактериоз кишечника" предназначен для применения в системе здравоохранения Российской Федерации» были получены данные о качественном и количественном составе основной микробиоты кишечника и сопоставлены с нормальными показателями. Также были проведены дополнительные высевы. Подготовку образцов, посев и инкубацию проводили в анаэробной среде. Анаэробные условия обеспечивали при помощи анаэробной станции Bactron 300-2 (Sheldon Manufacturing Inc., США). Для микробиологического исследования отбирали образцы кала весом 1 г с последующим суспендированием в 9 мл стерильного физраствора хлорида натрия (первое разведение 10^{-1}) в анаэробных условиях. Суспендирование проводили с использованием Vortex V-1 Plus (Biosan, Латвия) в течение одной минуты. Затем проводили дополнительные

100-кратные разведения с целью получения разведения 10^{-5}. Для посева использовали 100 мкл полученной суспензии из разведения 10^{-5}. Суспензию распределили по поверхности питательной среды с использованием шпателя Дригальского.

Посев отобранного биоматериала проводили на расширенный перечень питательных сред: агар для энтеробактерий (HiMedia, Индия), агар для селективного выделения *Veillonella* spp. (HiMedia, Индия), агар для селективного выделения *Clostridium* spp. (Condalab, Испания), агар для выделения бифидобактерий (HiMedia, Индия), агар для выделения анаэробных бактерий (HiMedia, Индия), агар для селективного выделения *Brucella* spp. (HiMedia, Индия), агар для выделения, культивирования и идентификации гемолитической активности требовательных микроорганизмов (кровяной агар; HiMedia, Индия), хромогенный агар для обнаружения и подсчёта уропатогенных бактерий (HiMedia, Индия), агар для селективного выделения молочнокислых бактерий (HiMedia, Индия), агар для селективного выделения лактобактерий орального и фекального происхождения (Condalab, Испания), агар Сабуро с хлорамфениколом и циклогексимидом для селективного выделения и культивирования грибов (HiMedia, Индия).

Все посевы культивировали при температуре 37 °C в течение не менее 120 ч в бескислородных условиях анаэробной станции Bactron 300-2 (Sheldon Manufacturing Inc., США).

Для идентификации всех микроорганизмов применяли MALDI-ToF масс-спектрометрию на анализаторе MicroflexLT (Bruker, Германия) с использованием метода прямого и расширенного нанесения с добавлением муравьиной кислоты.

Питание участников исследования осуществлялось в столовой по одной норме довольствия, которая предполагает одинаковое питание по утверждённому перечню продуктов и минимальной возможности его разнообразить за счёт элементов ограниченного шведского стола. Дополнительное питание вне столовой для участников исследования было строго исключено.

Чтобы оценить фактическое питание участников, использовали метод 24-часового воспроизведения рациона. Полученные данные обрабатывали в компьютерной программе «Нутри-проф» (версия ПО № 2.9, ЭВМ № 2018616124 от 23.05.2018).

Анализировали информацию о питании каждого участника исследования за три дня. Опросы проводили в понедельник, среду и субботу. По итогам оценки фактического питания с учётом задач исследования проанализировали характер потребления пищевых продуктов животного происхождения, которые были объединены в следующие группы: «молоко и молочные продукты», «яичные продукты», «мясо, мясные продукты, готовые мясные блюда», «рыба, морепродукты, готовые рыбные блюда», «масла животного происхождения».

На основе полученных данных о фактическом потреблении группы пищевых продуктов за 3 дня была определена средняя частота потребления указанных групп в течение одного дня с указанием средней величины потребления (г/сут).

Проведение исследования одобрено этическим комитетом по биоэтике ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, протокол № 252 от 07.09.2022. Все участники до включения в исследование добровольно подписали форму информированного согласия, утверждённую в составе протокола исследования этическим комитетом.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программного обеспечения стандартного пакета StatTech v.4.2.6 (ООО «Статтех», Россия). Исследуемые количественные показатели оценивали на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро–Уилка (при числе исследуемых менее 50) или критерия Колмогорова–Смирнова (при числе исследуемых более 50). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывали с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3). Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполняли с помощью U-критерия Манна–Уитни. Различия полученных показателей считали статистически значимыми при $p < 0{,}05$.

Сравнение трёх и более групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполняли с помощью критерия Краскела–Уоллиса, апостериорные сравнения определяли при помощи критерия Данна с поправкой Холма.

Направление и тесноту корреляционной связи между двумя количественными показателями оценивали с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена (распределение выборки отличается от нормального).

РЕЗУЛЬТАТЫ

При идентификации микроорганизмов, полученных от 120 участников исследования, были обнаружены 112 различных видов. У каждого респондента было выделено от 2 до 19 видов микроорганизмов. Среднее значение количества выделенных видов микроорганизмов составило 10,4.

Содержание бактерий по филотипам представлено в табл. 1. Анализ проводили по пяти основным филотипам: *Bacillota* (ранее *Firmicutes*), *Bacteroidota* (ранее *Bacteroidetes*), *Actinomycetota* (ранее *Actinobacteria*), *Pseudomonadota* (ранее *Proteobacteria*), *Fusobacteriota* (ранее *Fusobacteria*). Определены группы, которые были отнесены к коккам и бацилам.

Проанализировали облигатную микробиоту кишечника обследуемых лиц (рис. 1). Анализ облигатной микробиоты кишечника представлен двумя этапами:

Таблица 1. Содержание основных филотипов микроорганизмов у исследуемого контингента

Table 1. Major microbial phylotypes in the study cohort

Микробный филотип*	Количественный параметр, % выделения
Bacillota (ранее *Firmicutes*)	58,8
Bacteroidota (ранее *Bacteroidetes*)	19,6
Actinomycetota (ранее *Actinobacteria*)	19,6
Pseudomonadota (ранее *Proteobacteria*)	0,2
Fusobacteriota (ранее *Fusobacteria*)	1,8

Примечание. * Согласно Международному комитету по систематике прокариот (ICSP).

до формирования организованного коллектива (1-й этап исследования) и после формирования (2-й этап исследования). *Escherichia* spp., включая штамм *Escherichia coli*, является неотъемлемым компонентом кишечной микробиоты, он выявлен в 100% случаев на всех этапах исследования. Бактерии рода *Enterococcus* составили значительную часть представителей облигатной микрофлоры и были обнаружены в 86,6% случаев на 2-м этапе исследования. Наиболее значимый представитель облигатной микрофлоры *Bifidobacterium* spp. составил 48,3% на 2-м этапе исследования в сравнении с 1-м этапом (43,3%). Бактерии рода *Lactococcus* были обнаружены в 18,3% случаях на 2-м этапе исследования. Стоит отметить их уменьшение в сравнении с 1-м этапом исследования (25,8%). Представитель облигатной микрофлоры *Peptostreptococcus* spp. не был выявлен в ходе нашего исследования.

Провели корреляционный анализ между представителями облигатной микробиоты кишечника и продуктами животного происхождения (табл. 2). Устойчивая корреляционная связь была выявлена только у *Lactococcus* spp. при употреблении мясной продукции (p=0,017) и сливочного масла (p=0,049).

Также провели корреляционный анализ между всеми видами и родами микроорганизмов (представителей облигатной, факультативной и транзиторной микрофлоры) у группы людей, представляющих закрытый коллектив, и продуктами питания животного происхождения, употребляемыми ими в ходе исследования.

Выполнили статистический анализ таксонов различного уровня, включая роды и виды. Также провели статистический анализ зависимости между потреблением продуктов питания животного происхождения в организованном коллективе закрытого типа и наличием отдельных таксонов микроорганизмов в составе микробиоты кишечника. Из общего числа идентифицированных таксонов были отобраны 11 выделенных родов микроорганизмов на основе полученных статистически значимых результатов. Важно отметить, что по основным представителям микробиоты кишечника не были обнаружены статистически значимые различия в частоте встречаемости. Таким образом, были выбраны следующие таксоны микроорганизмов: *Salmonella* spp., *Agromyces* spp., *Geobacillus* spp., *Roseomonas* spp., *Lactococcus* spp., *Limosilactobacillus* spp., *Micrococcus* spp., *Klebsiella* spp.

Из представленных видовых таксонов наиболее часто выделяли *Lactococcus lactis, Lactococcus garvieae, Limosilactobacillus mucosae, Limosilactobacillus reuteri, Limosilactobacillus gastricus, Limosilactobacillus fermentum, Micrococcus luteus, Klebsiella pneumoniae.*

В единичных случаях выделяли следующие виды микроорганизмов: *Agromyces brachium, Geobacillus thermoglucosidasius, Roseomonas aerofrigidensis*, *Klebsiella variicola.*

Питание участников исследования осуществлялось в столовой по одной норме довольствия, которая предполагает одинаковое питание по утверждённому перечню

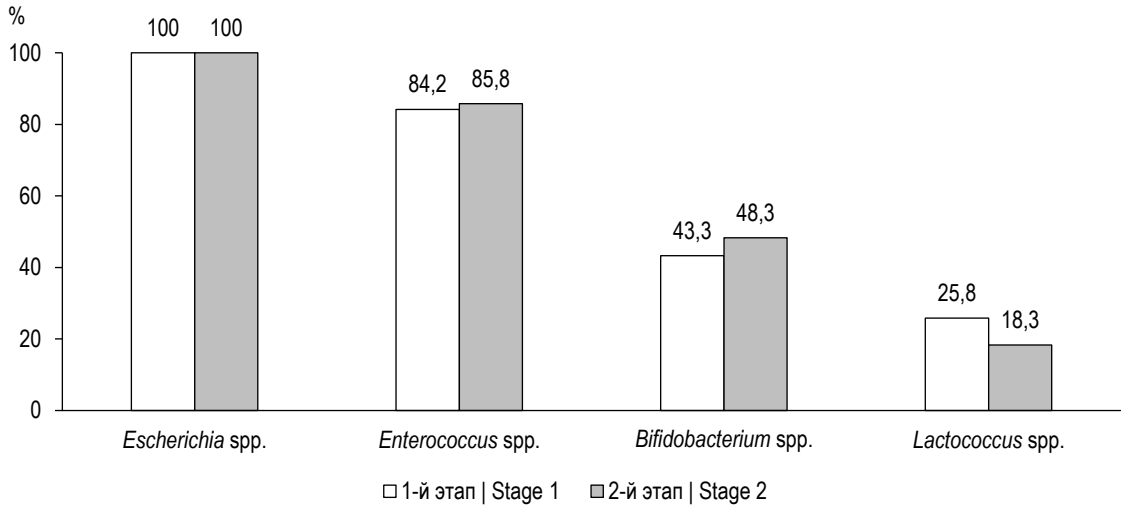

Рис. 1. Сравнительная характеристика облигатной микробиоты кишечника лиц, сформированных в организованный коллектив закрытого типа.
Fig. 1. Comparative characteristics of the obligate gut microbiota in individuals in a closed institutional group.

Таблица 2. Представители облигатной микробиоты кишечника при употреблении продуктов животного происхождения

Table 2. Representatives of the obligate gut microbiota associated with the intake of animal-source foods

Род	Группа пищевых продуктов	*p*
Escherichia spp.	Молочные продукты	–
	Масло животного происхождения	–
	Мясные продукты	–
	Рыбные продукты	–
Lactococcus spp.	Молочные продукты	0,912
	Масло животного происхождения	0,049
	Мясные продукты	0,017
	Рыбные продукты	0,673
Bifidobacterium spp.	Молочные продукты	0,996
	Масло животного происхождения	0,297
	Мясные продукты	0,054
	Рыбные продукты	0,686
Enterococcus spp.	Молочные продукты	0,946
	Масло животного происхождения	0,131
	Мясные продукты	0,831
	Рыбные продукты	0,337

продуктов питания (табл. 3) и минимальной возможности его разнообразить за счёт элементов ограниченного шведского стола. Дополнительное питание вне столовой для участников исследования было строго исключено.

Провели статистический анализ зависимости между потреблением мясных продуктов и особенностями микробиоты кишечника в организованном коллективе закрытого типа (табл. 4).

Проанализировали взаимосвязь между частотой потребления мясных продуктов и наличием бактерии *Lactococcus* spp. в просвете толстой кишки. Установлено, что при частоте употребления данного вида продуктов питания ≥7 снижена вероятность выделения данного микроорганизма. При употреблении в среднем 113,9±31,1 г/сут представленных видов пищевых продуктов вероятность выявления в организме *Lactococcus* spp. снижена. Также установлено, что у 22 из 120 исследуемых при употреблении ≤121,4±29,6 г/сут мясных продуктов была обнаружена *Lactococcus* spp., что составляет 18,3%.

Провели статистический анализ зависимости между потреблением рыбных продуктов и особенностями микробиоты кишечника в организованном коллективе закрытого типа (табл. 5).

Проанализировали взаимосвязь между частотой потребления рыбных продуктов и наличием бактерий *Limosilactobacillus* spp., *Salmonella* spp. *Micrococcus* spp. в просвете толстой кишки.

Установлено, что при частоте употребления данного вида пищевых продуктов ≥2 повышена вероятность выделения *Limosilactobacillus* spp., вероятность выделения *Salmonella* spp., *Micrococcus* spp. снижена.

Так, при употреблении в среднем 140,0±0,1 г/сут готовых рыбных блюд повышается вероятность обнаружения *Limosilactobacillus* spp. В частности, у 35 из 120 исследуемых, использовавших в суточном рационе рыбные блюда, были обнаружены представители рода *Limosilactobacillus*, что составляет 29,2%.

При уменьшении частоты употребления в суточном рационе представленной группы продуктов увеличивается вероятность обнаружения *Salmonella* spp., *Micrococcus* spp. Так, у 4 из 120 исследуемых, в суточном рационе которых отсутствовали рыбные блюда, были выделены представители рода *Salmonella*, что составляет 3,3%.

При употреблении данной группы продуктов ≤132,3±9,9 г/сут у 42 из 120 исследуемых были выделены *Micrococcus* spp., что составило 35,0%.

Также провели корреляционный анализ между потреблением продуктов питания животного происхождения и отдельными видами микроорганизмов (табл. 6). Однако статистически значимая корреляция (p=0,033) определена только для вида *Micrococcus luteus,* который был выделен у 39 из 120 исследуемых и отмечается только при употреблении в пищу рыбы и морепродуктов, что составляет 32,5%.

Провели статистический анализ зависимости между потреблением масла животного происхождения и особенностями микробиоты кишечника в организованном коллективе закрытого типа (табл. 7).

Проанализировали взаимосвязь между частотой потребления масла животного происхождения и наличием бактерий *Klebsiella* spp., *Lactococcus* spp. в просвете толстой кишки. Было установлено, что при частоте употребления данного вида пищевых продуктов при ≤8 (7–9) повышена вероятность выделения *Klebsiella* spp., *Lactococcus* spp.

Так, при уменьшении частоты употребления в суточном рационе представленной группы продуктов увеличивается вероятность обнаружения *Klebsiella* spp., *Lactococcus* spp. У 66 из 120 участников, в суточном рационе которых потребление масел животного происхождения ≤15,5±1,6 г/сут, выделяется *Klebsiella* spp., что составляет 55,0%. При употреблении данной группы продуктов ≤15,6±1,6 г/сут у 22 из 120 исследуемых выделены *Lactococcus* spp., что составило 18,3%.

Дополнительно проанализировали взаимосвязь между частотой потребления молока и молочных продуктов и наличием бактерий *Salmonella spp*. в просвете толстой кишки. Было установлено, что при частоте употребления данного вида продуктов питания ≥4 возрастает вероятность выделения сальмонелл в кишечном содержимом. При употреблении в среднем 22,5±16,9 г/сут молока и молочных продуктов вероятность обнаружить *Salmonella* spp. значительно увеличивается (табл. 8).

Таблица 3. Перечень продуктов питания, применяемый в рационе исследуемого контингента

Table 3. List of food items included in the diet of the study population

Группа продуктов	Наименование готового блюда	Размер стандартной порции, г
Мясные продукты	Печень, тушённая в сметанном соусе	107
	Шницель натуральный из свинины, жаренный в кляре	200
	Сардельки свиные, отварные	80
	Свинина жареная (средней жирности)	140
	Курица отварная	100
	Гуляш из свинины с красным соусом	101
	Бефстроганов из говядины с соусом	90
	Говядина, тушённая в красном соусе	110
	Котлеты паровые (говядина, свинина), биточки	150
	Курица, жаренная в соусе по-кабардински	140
	Курица, тушённая в соусе (чахохбили)	110
Рыбные продукты	Рыба камбала дальневосточная (жареная)	140
	Рыба минтай, жаренная на подсолнечном масле	140
	Рыба треска, жаренная на растительном масле	140
Масло животного происхождения	Масло сливочное	15
	Сало копчёное	20
Молоко и молочные продукты	Молоко 3,2% жирности (пакетированное)	200
	Сметана 10,0% жирности	10
	Сыр твёрдый	20

Таблица 4. Взаимосвязь между потреблением мясных продуктов и отдельными представителями микробиоты кишечника

Table 4. Association between meat consumption and specific gut microbiota representatives

Группа продуктов	Выявленный тип, класс, семейство, род	Категориальный показатель	Me*	Q1–Q3	*n*	*p*
Мясные продукты	Тип: *Bacillota* Класс: *Bacilli* Семейство: *Streptococcaceae* Род: *Lactococcus*	Не выявлены	7	6–7	98	0,017
		Выявлены	6	5–7	22	

Примечание. * Me — медиана частоты употребления представленной группы продуктов за три дня.

Также дополнительно провели статистический анализ зависимости между потреблением яиц и яичных продуктов и особенностями микробиоты кишечника в организованном коллективе закрытого типа. Проанализировали взаимосвязь между частотой потребления яиц и яичных продуктов и наличием бактерий *Agromyces* spp., *Geobacillus* spp., *Roseomonas* spp. в просвете толстой кишки. Установлено, что при частоте употребления этого вида продуктов питания ⩾3 снижена вероятность выделения данных микроорганизмов. При употреблении в среднем 29,4±21,0 г/сут представленных видов пищевой группы продуктов статистически снижена вероятность выявления в организме бактерий родов *Agromyces,* 29,4±21,0 г/сут — *Geobacillus,* 29,4±21,0 г/сут — *Roseomonas*. При употреблении в среднем менее 15,0±1,0 г/сут данного вида пищевой продукции увеличивается вероятность выявления в микробиоте кишечника представленных родов бактерий.

Следует учитывать, что в проведённом исследовании результаты получены в единичных случаях, однако при анализе статистически достоверные различия представлены для *Agromyces* spp. (p=0,029), *Geobacillus* spp. (p=0,029), *Roseomonas* spp. (p=0,029).

ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследования В.Ю. Контаревой и соавт. [8] установлено, что при ежедневном употреблении молока и молочных продуктов снижется риск бактерионосительства *Salmonella* spp. за счёт способности молочных продуктов ингибировать рост и развитие условно-патогенных микроорганизмов. Данный факт подтверждается и другими исследованиями. Однако в нашей работе выявлена обратная корреляция между представленным видом пищевой продукции и частотой выделения представителей указанного рода микроорганизмов. Этот вопрос

Таблица 5. Взаимосвязь между потреблением рыбных продуктов и отдельными представителями микробиоты кишечника
Table 5. Association between fish consumption and specific gut microbiota representatives

Группа продуктов	Выявленный тип, класс, семейство, род	Категориальный показатель	Me*	Q1–Q3	*n*	*p*
Рыбные продукты	Тип: *Bacillota* Класс: *Bacilli* Семейство: *Lactobacillaceae* Род: *Limosilactobacillus*	Не выявлены	1	0–2	85	0,006
		Выявлены	2	0–2	35	
	Тип: *Pseudomonadota* Класс: *Gammaproteobacteria* Семейство: *Enterobacteriaceae* Род: *Salmonella*	Не выявлены	1	0–2	116	0,026
		Выявлены	0	0–0	4	
	Тип: *Actinomycetota* Класс: *Actinomycetia* Семейство: *Micrococcaceae* Род: *Micrococcus*	Не выявлены	2	0–2	78	0,020
		Выявлены	0	0–2	42	

Примечание. * Me — медиана частоты употребления представленной группы продуктов за три дня.

Таблица 6. Взаимосвязь между потреблением рыбных продуктов и *Micrococcus luteus*
Table 6. Association between fish consumption and *Micrococcus luteus*

Выявленный тип, класс, семейство, род, вид	Категория	Рыбные продукты			*p*
		Me*	Q1–Q3	*n*	
Тип: *Actinomycetota* Класс: *Actinomycetia* Семейство: *Micrococcaceae* Род: *Micrococcus* Вид: *Micrococcus luteus*	Не выявлено	2	0–2	81	0,033
	Выявлено	0	0–2	39	

Примечание. * Me — медиана частоты употребления представленной группы продуктов за три дня.

Таблица 7. Взаимосвязь между потреблением масла животного происхождения и отдельными представителями микробиоты кишечника
Table 7. Association between animal fat consumption and specific gut microbiota representatives

Группа продуктов	Выявленный род бактерий	Категориальный показатель	Me*	Q1–Q3	n	*p*
Масло животного происхождения	Тип: *Pseudomonadota* Класс: *Gammaproteobacteria* Семейство: *Enterobacteriaceae* Род: *Klebsiella*	Не выявлены	9	8–10	54	0,048
		Выявлены	8	7–9	66	
	Тип: *Bacillota* Класс: *Bacilli* Семейство: *Streptococcaceae* Род: *Lactococcus*	Не выявлены	9	8–10	98	0,049
		Выявлены	8	7–9	22	

Примечание. * Me —медиана частоты употребления представленной группы продуктов за три дня.

Таблица 8. Взаимосвязь между частотой потребления молока и молочных продуктов и отдельными представителями микробиоты кишечника
Table 8. Association between the frequency of milk and dairy product consumption and specific gut microbiota representatives

Группа продуктов	Выявленный род бактерий	Категориальный показатель	Me*	Q1–Q3	*n*	*p*
Молоко и молочные продукты	Тип: *Pseudomonadota* Класс: *Gammaproteobacteria* Семейство: *Enterobacteriaceae* Род: *Salmonella*	Не выявлены	3	2–4	116	0,031
		Выявлены	4	4–4	4	

Примечание. * Me — медиана частоты употребления представленной группы продуктов за три дня.

остаётся предметом обсуждений и требует дополнительных исследований.

Следует отметить, что продукты питания и персонал столовой регулярно обследуют в соответствии с требованиями санитарно-эпидемиологического законодательства. На момент нашего исследования нарушений в сфере санитарно-гигиенического законодательства по продуктам питания и рабочей смены столовой не было выявлено. Таким образом, контаминации продуктов питания от работников столовой *Salmonella* spp. сведены к минимуму.

В исследовании V. Hoffmann и соавт. [9] установлены случаи контаминации *Salmonella* spp. молока и молочных продуктов. Авторы утверждают, что бактериальное загрязнение присутствует в пастеризованном и ультрапастеризованном молоке. Так, *Salmonella* spp. была культивирована в 6,8% (*n*=27/395) образцов жидкого пастеризованного и ультрапастеризованного молока, в 5,3% (*n*=21/395) из которых выделялся патоген *Salmonella enterica*.

Установлено, что употребление в пищу масел животного происхождения также влияет на формирование микробиоты кишечника. Как описали Y. Zhan и соавт. [10], диеты с высоким содержанием насыщенных жиров могут приводить к нарушениям баланса в микробиоте кишечника (дисбиозу). Дисбиоз формируется в результате изменения соотношения *Firmicutes* и *Bacteroidetes*. Такие изменения ведут к повышению уровня провоспалительных цитокинов в кишечнике и, как следствие, к увеличению проницаемости его слизистой оболочки. Для поддержания здоровья и гомеостаза кишечной микробиоты рекомендуется придерживаться сбалансированного рациона, в котором обеспечено правильное соотношение потребления жирных кислот, особенно омега-3 и омега-6 полиненасыщенных жирных кислот.

J. Viteri-Echeverría и соавт. [11] описали применение диеты с высоким содержанием жиров пациентами с муковисцидозом. В результате выявлены значимые зависимости: уменьшение потребления белка, мяса и рыбы коррелирует с уменьшением количества бифидобактерий, увеличение потребления липидов коррелирует с увеличением количества *Escherichia* spp., *Shigella* spp, *Streptococcus* spp., а также увеличение потребления углеводов коррелирует с уменьшением количества *Veillonella* spp**.**, *Klebsiella* spp.

Микробная обсеменённость молочных продуктов с высоким содержанием жира (например, сливочного масла) требует дальнейшего изучения. М.Ю. Сыромятников и соавт. [12] с использованием молекулярных методов исследовали микробный состав коммерческих марок сливочного масла. Так, были идентифицированы наиболее распространённые роды бактерий: *Lactobacillus* spp., *Streptococcus* spp., *Bacillus* spp., *Escherichia* spp., *Listeria* spp., *Citrobacter* spp., *Kllebsiella* spp.

Согласно данным, полученным в ходе нашего исследования взаимосвязи между потреблением масла животного происхождения и некоторыми микроорганизмами, установлена статистическая значимость в отношении *Klebsiella* spp. (см. табл. 8).

X. Liu и соавт. [13] описали влияние диеты, основанной на добавлении варёных яиц в количестве двух штук в ежедневный рацион на протяжении двух недель исследования. Авторы выявили, что микробиота кишечника участников исследования содержала следующие микроорганизмы: *Acinetobacter* spp., *Alloprevotella* spp., *Escherichia* spp., *Shigella* spp., *Streptococcus* spp., *Dorea* spp., *Bifidobacterium* spp., *Bacteroides* spp., *Parabacteroides* spp. и др. Сделан вывод, что ежедневное употребление двух яиц в течение двух недель значительно улучшает качественные и количественные показатели микробиоты кишечника, а также и положительно влияет на функцию кишечника. Описанные результаты совпадают с полученными нами данными.

Молочно-кислые бактерии являются частью микрофлоры мяса, упакованного под вакуумом или в модифицированной газовой среде. *Lactococcus* spp. широко применяется в составе заквасок, преимущественно в молочной промышленности, и также присутствует во многих ферментированных продуктах растительного происхождения. Публикуются сведения о выделении *Lactococcus* spp., которые всегда ассоциировались исключительно с молочными и растительными продуктами, из кишечника участников исследования при употреблении мяса и мясных продуктов (см. табл. 5). Этот факт расширяет понимание данных о распространении и экологии этих микроорганизмов, подчёркивая их способность адаптироваться к различным средам и пищевым источникам. Подобные тенденции также описываются в литературных источниках. Так, *Lactococcus* spp. выделен из ферментированных колбасных изделий, мясных (свинина) и рыбных продуктов [14].

Также в литературных источниках описывается широкое применение *Lactococcus* spp. в пищевой промышленности при изготовлении мясных продуктов. К примеру, *Lactococcus lactis* используют как защитную культуру для предотвращения размножения *Listeria* spp. в охлаждённых мясных продуктах. Роды бактерий *Carnobacterium*, *Lactobacillus*, *Pediococcus, Leuconostoc, Weissella* играют основную роль в порче мясных продуктов [15]. В нашем исследовании получены обратные данные (см. табл. 7, 8). Мы предполагаем, что это связано с тем, что мясные и рыбные продукты в нашем исследовании использовались без вакуума или не были помещены в модифицированные газовые среды.

В исследовании Okyere и соавт. [16] сообщается о разнообразии бактериальных сообществ в рыбных продуктах, которые они изучали. Были обнаружены такие бактерии, как *Escherichia coli*, *Shigella* spp., *Salmonella* spp., *Listeria* spp. и *Staphylococcus aureus*. Также сообщается о выявлении известных патогенных микроорганизмов, таких как *Aeromonas* spp., *Salmonella* spp., *E. coli*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus* spp.*, Enterococcus* spp. и *Vibrio* spp. в проанализированной готовой рыбной продукции.

Q. Shang и соавт. [17] установили, что в ферментированной рыбной продукции присутствуют *Lactobacillu*s spp., так как они непосредственно участвуют в процессе ферментации.

Также стоит обратить внимание и на выделение в рыбной продукции *Micrococcus* spp., в частности *Micrococcus luteus*. В литературных источниках отмечается описание выделения *Micrococcus* spp. на начальных этапах производства ферментированных рыбных продуктов. Можно предположить, что это связано с нарушением санитарно-гигиенических процедур при работе с сырьём. Также

следует отметить протеолитическую и липолитическую активность *Micrococcus* spp. [18].

Актуальность проблемы изучения роли микробиоты кишечника и её формирования под воздействием различных видов продуктов питания сохраняется в настоящее время. Полученные результаты позволяют предположить, что продукты животного происхождения могут оказывать влияние на формирование микробиоты кишечника. Различные научные исследования указывают на то, что микробиота может играть роль в развитии и прогрессировании различных заболеваний [19].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги исследования, можно сказать о прямой связи между соблюдением диеты, включающей готовые рыбные блюда, и значительным увеличением в микробиоте кишечника количества выявляемых *Limosilactobacillus* spp., *Micrococcus* spp., в частности *Micrococcus luteus.*

Также выявлены корреляции между употреблением яиц и яичных продуктов и выделением *Agromyces* spp. *Geobacillus* spp. *Roseomonas* spp., которые не описаны в открытых литературных источниках и могут носить частный характер выявления, но при этом имеют статистически достоверные различия. Это малоисследованная микробиота человека, однако данные микроорганизмы естественным образом населяют объекты окружающей среды и в последние годы всё чаще рассматриваются как возможные участники процессов в организме человека (на примере *Rhizobium* spp).

В нашем исследовании также подтверждена корреляция между потреблением сливочного масла и *Klebsiella* spp.

Дальнейшие исследования могут дать более широкое понимание того, как разнообразные пищевые продукты влияют на здоровье человека, которое формируется при непосредственном участии микробиоты кишечника.

С учётом полученных данных для установления более достоверных связей между употреблением продуктов животного происхождения и представителями кишечной микробиоты представляется рациональным проведение аналогичных исследований с большей выборкой, разделением и расширением перечня продуктов питания, а также дроблением участников исследования на возрастные группы.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. А.В. Ермолаев — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание, редактирование текста; Д.О. Горбачев — концепция и дизайн исследования, написание, редактирование текста; А.В. Лямин — обработка материала, статистическая обработка, написание, редактирование текста; все авторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено этическим комитетом по биоэтике ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России (протокол № 252 от 07.09.2022).

Согласие на публикацию. Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: A.V. Ermolaev: conceptualization, methodology, data curation, formal analysis, writing—original draft, writing—review & editing; D.O. Gorbachev: conceptualization, writing—original draft, writing—review & editing; A.V. Lyamin: data curation, formal analysis, writing—original draft, writing—review & editing. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: The study was approved by the Bioethics Committee of Samara State Medical University, Ministry of Health of Russia (Minutes No. 252 of September 7, 2022).

Consent for publication: All participants provided written informed consent prior to inclusion in the study.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously published material (text, images, or data) was used in this work.

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work, as no new data was collected or created.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer-review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Tutelyan VA, Vyalkov AI, Razumov AN. *The science of healthy eating*. Moscow: Panorama; 2010. 839 p. (In Russ.) EDN: TFKGHH
2. Tutelyan VA, Nikityuk DB. Key challenges in the dietary intake structure and cutting edge technologies for optimizing nutrition to protect the health of the Russian population. *Problems of Nutrition*. 2024;93(1):6–21. doi: 10.33029/0042-8833-2024-93-1-6-21 EDN: XCDQZJ
3. Kiprushkina EI, Kolodyaznaya VS, Filippov VI, et al. The importance of nutrition in the forming of intestinal microbiome. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2020;(2):52–59. doi: 10.17586/1606-4313-2020-19-2-52-59 EDN: JFZYEJ
4. Stoma IO. *Microbiome in medicine: a guide for doctors*. Moscow: GEOTAR-Media; 2020. 319 p. (In Russ.) ISBN: 978-5-9704-5844-0
5. Nikonova EL, Popova EN, editors. *Microbiota*. Moscow: Media Sfera; 2019. 256 p. (In Russ.) ISBN: 978-5-89084-058-5
6. Bragina TV, Sheveleva SA, Elizarova EV, et al. The structure of blood gut microbiota markers in athletes and their relationship with the diet. *Problems of Nutrition*. 2022;91(4):35–46. doi: 10.33029/0042-8833-2022-91-4-35-46 EDN: HXIFIJ
7. Markova YuM, Sidorova YuS. Amaranth, quinoa and buckwheat grain products: role in human nutrition and maintenance of the intestinal microbiome. *Problems of Nutrition*. 2022;91(6):17–29. doi: 10.33029/0042-8833-2022-91-6-17-29 EDN: YQIQFY
8. Kontareva VYu, Kryuchkova VV. Influence of the enriched kefir products on enterobakteria development. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2017;(4):54–59. doi: 10.21603/2074-9414-2017-4-54-59 EDN: VZJRZB
9. Hoffmann V, Simiyu S, Sewell DK, et al. Milk product safety and household food hygiene influence bacterial contamination of infant food in Peri-Urban Kenya. *Front Public Health*. 2022;9:772892. doi: 10.3389/fpubh.2021.772892
10. Zhan Y, Yong-Jiang X, Yuanfa L. Influences of dietary oils and fats, and the accompanied minor content of components on the gut microbiota and gut inflammation: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2021;113:255–276. doi: 10.1016/j.tifs.2021.05.001
11. Viteri-Echeverría J, Calvo-Lerma J, Ferriz-Jordán M, et al. Association between dietary intake and faecal microbiota in children with cystic fibrosis. *Nutrients*. 2023;15(24):5013. doi: 10.3390/nu15245013
12. Syromyatnikov MY, Kokina AV, Solodskikh SA, et al. High-Throughput 16S rRNA gene sequencing of butter microbiota reveals a variety of opportunistic pathogens. *Foods (Basel, Switzerland)*. 2020;9(5):608. doi: 10.3390/foods9050608
13. Liu X, Shao Y, Sun J, et al. Egg consumption improves vascular and gut microbiota function without increasing inflammatory, metabolic, and oxidative stress markers. *Food Sci Nutr*. 2021;10 (1):295–304. doi: 10.1002/fsn3.2671
14. Barakat RK, Griffiths MW, Harris LJ. Isolation and characterization of Carnobacterium, Lactococcus, and Enterococcus spp. from cooked, modified atmosphere packaged, refrigerated, poultry meat. *Int J Food Microbiol*. 2000;62(1-2):83–94. doi: 10.1016/S0168-1605(00)00381-0
15. Settier-Ramírez L, López-Carballo G, Gavara R, et al. Evaluation of Lactococcus lactis subsp. lactis as protective culture for active packaging of non-fermented foods: creamy mushroom soup and sliced cooked ham. *Food Control*. 2021;122(3):107802. doi: 10.1016/j.foodcont.2020.107802
16. Okyere A, Bishoff D, Oyaro MO, et al. Analysis of fish commonly sold in local supermarkets reveals the presence of pathogenic and multidrug-resistant bacterial communities. *Microbiology Insights*. 2018;11:1178636118786925. doi: 10.1177/1178636118786925
17. Shang Q, Li Q, Zhang M, et al. Dietary Keratan Sulfate from shark cartilage modulates gut microbiota and increases the abundance of *Lactobacillus* spp. *Mar Drugs*. 2016;14(12):224. doi: 10.3390/md14120224
18. Belleggia L, Osimani A. Fermented fish and fermented fish-based products, an ever-growing source of microbial diversity: a literature review. *Food Res Int*. 2023;172:113112. doi: 10.1016/j.foodres.2023.113112
19. Tacconi E, Palma G, De Biase D, et al. Microbiota effect on trimethylamine n-oxide production: from cancer to fitness — a practical preventing recommendation and therapies. *Nutrients*. 2023;15(3):563. doi: 10.3390/nu15030563

ОБ АВТОРАХ

*** Ермолаев Александр Вадимович;**
адрес: Россия, 443056, Самара, ул. Подшипниковая, д. 9;
ORCID: 0000-0003-4044-9139;
eLibrary SPIN: 1541-8495;
e-mail: a.v.ermolaev@samsmu.ru

Лямин Артём Викторович, д-р мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-5905-1895;
eLibrary SPIN: 6607-8990;
e-mail: a.v.lyamin@samsmu.ru

Горбачев Дмитрий Олегович, д-р мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-8044-9806;
eLibrary SPIN: 1276-2740;
e-mail: d.o.gorbachev@samsmu.ru

AUTHORS' INFO

*** Alexander V. Ermolaev;**
address: 9 Podshipnikovaya st, Samara, Russia, 443056;
ORCID: 0000-0003-4044-9139;
eLibrary SPIN: 1541-8495;
e-mail: a.v.ermolaev@samsmu.ru

Artem V. Lyamin, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor;
ORCID: 0000-0002-5905-1895;
eLibrary SPIN: 6607-8990;
e-mail: a.v.lyamin@samsmu.ru

Dmitrii O. Gorbachev, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor;
ORCID: 0000-0002-8044-9806;
eLibrary SPIN: 1276-2740;
e-mail: d.o.gorbachev@samsmu.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco646356 EDN: KDVREW

От экранов к бессоннице: как цифровые стрессоры связаны с характеристиками сна россиян?

А.А. Максименко[1], А.А. Золотарева[1], Д.В. Каширский[2]

[1] Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия;
[2] Российский государственный гуманитарный университет, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Изучение взаимосвязей между цифровыми стрессорами и характеристиками сна важно для разработки эффективных стратегий профилактики и поддержки в условиях информационной перегрузки и цифровой активности современников.

Цель. Изучение взаимосвязи между цифровыми стрессорами и характеристиками сна (его качеством и продолжительностью, приёмом снотворных, временем отхода ко сну и временем, затрачиваемым на засыпание).

Методы. Сбор данных осуществлён в режиме онлайн-анкетирования с помощью платформы Яндекс.Толока. В исследовании приняли участие 1008 респондентов, в том числе 436 мужчин и 572 женщины от 18 до 80 лет (M=38,3; Me=36; SD=11,4). Анкета содержала ряд вопросов о характеристиках сна, а также шкалу киберхондрии (Cyberchondria Severity Scale, CSS), шкалу думскроллинга (Doomscrolling Scale, DS) и Бергенскую шкалу зависимости от социальных сетей (Bergen Social Media Addiction Scale, BSMAS).

Результаты. Анализ данных показал, что более высокие показатели цифровых стрессоров (киберхондрии, думскроллинга и зависимости от социальных сетей) связаны с ухудшением характеристик сна: снижением его качества, увеличением времени засыпания, более частым использованием снотворных и уменьшением продолжительности сна. Наиболее уязвимыми группами оказались молодые респонденты и женщины, в то время как мужчины и респонденты с более низкими цифровыми стрессорами сообщали о лучшем восприятии сна.

Заключение. Результаты исследования подчёркивают необходимость разработки стратегий цифровой гигиены, а также проведения образовательных программ по цифровой грамотности, внедрения практик осознанного использования технологий и поддержки специалистов в области психологии и медицины для комплексного управления цифровыми привычками и минимизации их влияния на здоровье и психоэмоциональное состояние.

Ключевые слова: цифровые стрессоры; бессонница; качество сна; регуляция сна; эффект экранов; электронные устройства; информационная перегрузка; психоэмоциональные состояния.

Как цитировать:
Максименко А.А., Золотарева А.А., Каширский Д.В. От экранов к бессоннице: как цифровые стрессоры связаны с характеристиками сна россиян? // Экология человека. 2025. Т. 32, № 3. С. 207–218. DOI: 10.17816/humeco646356 EDN: KDVREW

Рукопись поступила: 19.01.2025 **Рукопись одобрена:** 26.05.2025 **Опубликована online:** 06.07.2025

ЭКО • ВЕКТОР

Распространяется на условиях лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco646356 EDN: KDVREW

From Screens to Sleeplessness: How Digital Stressors Are Linked to Sleep Characteristics in the Russian Population

Aleksander A. Maksimenko[1], Alena A. Zolotareva[1], Dmitry V. Kashirsky[2]

[1] Higher School of Economics, Moscow, Russia;
[2] Russian State University for the Humanities, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Investigating the relationship between digital stressors and sleep characteristics is crucial for developing effective prevention and support strategies amid the challenges of information overload and modern digital engagement.

AIM: The work aimed to explore the associations between digital stressors and sleep characteristics (including sleep quality and duration, use of sleep aids, bedtime, and sleep onset latency).

METHODS: Data were collected via an online survey on the Yandex.Toloka platform. A total of 1008 respondents, 436 men and 572 women, aged 18 to 80 years (M=38.3; Me=36; SD=11.4) participated. The questionnaire included sleep-related questions and incorporated the Cyberchondria Severity Scale (CSS), the Doomscrolling Scale (DS), and the Bergen Social Media Addiction Scale (BSMAS).

RESULTS: Data analysis showed that higher levels of digital stressors (cyberchondria, doomscrolling, and social media addiction) were associated with a deterioration in sleep characteristics: decreased sleep quality, increased time to fall asleep, more frequent use of sleep aids, and reduced sleep duration. Younger respondents and women were identified as the most vulnerable groups, whereas men and those with lower levels of digital stressors reported better sleep perceptions.

CONCLUSION: The findings highlight the importance of developing digital hygiene strategies, implementing digital literacy education programs, introducing mindful technology use practices, and ensuring support from psychology and medical professionals for comprehensive digital habit management and minimizing their impact on health and psycho-emotional well-being.

Keywords: digital stressors; insomnia; sleep quality; sleep regulation; screen effects; electronic devices; information overload; psycho-emotional states.

To cite this article:
Maksimenko AA, Zolotareva AA, Kashirsky DV. From screens to sleeplessness: how digital stressors are linked to sleep characteristics in the Russian population. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2025;32(3):207–218. DOI: 10.17816/humeco646356 EDN: KDVREW

Received: 19.01.2025 **Accepted:** 26.05.2025 **Published online:** 06.07.2025

ECO•VECTOR

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco646356 EDN: KDVREW

从屏幕到失眠：数字压力源与俄罗斯人睡眠特征的关联

Aleksander A. Maksimenko[1], Alena A. Zolotareva[1], Dmitry V. Kashirsky[2]

[1] Higher School of Economics, Moscow, Russia;
[2] Russian State University for the Humanities, Moscow, Russia

摘要

论证。探讨数字压力源与睡眠特征之间的关联，对于在信息过载和高度数字活跃的背景下制定有效的预防策略和支持措施具有重要意义。

目的。研究数字压力源与睡眠特征（包括睡眠质量与时长、安眠药使用情况、入睡时间及入睡所需时间）之间的关系。

材料与方法。数据通过Yandex.Toloka平台以在线问卷形式收集。共有1008名受访者参与本研究，其中男性436人、女性572人，年龄在18至80岁之间（M=38.3；Me=36；SD=11.4）。问卷包含有关睡眠特征的一系列问题，以及以下量表：网络疑病严重程度量表（Cyberchondria Severity Scale, CSS）、末日滚动量表（Doomscrolling Scale, DS）和卑尔根社交媒体成瘾量表（Bergen Social Media Addiction Scale, BSMAS）。

结果。数据分析显示，数字压力源指标（如网络疑病、末日滚动行为和社交媒体成瘾）水平较高与睡眠特征的恶化有关：包括睡眠质量下降、入睡时间延长、安眠药使用更频繁以及总体睡眠时间缩短。最易受影响的群体为年轻人和女性；而男性及数字压力源水平较低者报告的睡眠状况相对较好。

结论。研究结果凸显了制定数字卫生战略的必要性，同时强调了以下方面的重要性：推广数字素养教育、倡导有意识地使用科技、引入心理和医学领域专家的支持，以综合管理数字行为习惯，最大限度地减少其对健康和心理情绪状态的影响。

关键词：数字压力源；失眠；睡眠质量；睡眠调节；屏幕效应；电子设备；信息过载；心理情绪状态。

引用本文：
Maksimenko AA, Zolotareva AA, Kashirsky DV. 从屏幕到失眠：数字压力源与俄罗斯人睡眠特征的关联. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2025;32(3):207–218. DOI: 10.17816/humeco646356 EDN: KDVREW

收到: 19.01.2025 **接受:** 26.05.2025 **发布日期:** 06.07.2025

ECO•VECTOR
The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

ОБОСНОВАНИЕ

В последние десятилетия цифровые технологии стали неотъемлемой частью повседневной жизни, изменив формат общения, труда, досуга и доступа к информации. Стремительное проникновение цифровых устройств в быт и рабочее пространство привело к возникновению новых вызовов для психического здоровья и психологического благополучия современников [1]. Одним из таких вызовов является влияние цифровых стрессоров на качество сна [2]. Длительное использование экранных устройств, избыточное потребление информационного контента, склонность к думскроллингу и другие формы цифровой активности оказывают значительное воздействие на сон человека [3].

Сон является одним из ключевых факторов поддержания физического и психического здоровья. Нарушения сна, такие как бессонница, тревожное засыпание, сокращение продолжительности сна и нарушение его структуры, приводят к увеличению риска развития депрессии, тревожных расстройств, когнитивного истощения и сердечно-сосудистых заболеваний [4–6]. В контексте цифрового общества проблема ухудшения качества сна приобретает особую актуальность, поскольку постоянное взаимодействие с гаджетами в вечернее и ночное время способствует нарушению циркадных ритмов [7], сокращению продолжительности сна [8] и увеличению его фрагментации как у детей [9, 10] и подростков [11], так и у взрослых [12] и пожилых людей [13].

Современные исследования демонстрируют тесную взаимосвязь между особенностями цифрового поведения, такими как думскроллинг, киберхондрия и интернет-зависимость, и показателями психического здоровья, в частности нарушениями сна. Особенно актуальным это становится в студенческой среде, где высока частота потребления онлайн-контента, в том числе медицинской информации. Так, исследование на китайских студентах показало, что думскроллинг широко распространён и значимо связан с тревожностью, депрессией, зависимостью от смартфона и нарушениями сна. Особенно важно, что думскроллинг выступает посредником во взаимосвязи между бессонницей и депрессией, что подчёркивает его значение как психологического риска [14]. В другом исследовании низкое качество сна оказалось связано с длительным временем, проводимым в интернете, особенно перед сном, высоким уровнем киберхондрии и плохим состоянием здоровья. Частый онлайн-поиск медицинской информации и высокая онлайн-грамотность в сфере здоровья (e-Health) оказывают влияние на сон, подчёркивая необходимость профилактических мер [15]. Сходные результаты получены и в российских условиях. Исследование показало, что у россиян в условиях пандемии Covid-19 повышенный уровень тревожности был связан с думскроллингом, нарушением сна и изменениями повседневных привычек из-за социальной изоляции [16]. Исследование турецких коллег в период пандемии также продемонстрировало, что киберхондрия связана с ухудшением качества сна, ростом тревожности и обсессивно-компульсивными симптомами [17]. У студентов-медиков интернет-зависимость взаимосвязана с более высоким уровнем бессонницы, тревоги, депрессии, стресса и сниженной самооценкой, особенно у мужчин [18], а также подростков [19]. Эти данные подтверждают, что психологические и эмоциональные факторы играют ключевую роль в развитии интернет-зависимости, что также согласуется с результатами лонгитюдного исследования, выявившего, что низкое потребление фруктов и овощей предсказывает более высокий риск интернет-зависимости, причём эта связь также опосредована депрессией и бессонницей. Таким образом, данные исследования подчёркивают важность учёта психоэмоциональных аспектов в анализе связи между аддикциями и нарушениями сна [20]. При этом бессонница выступает значимым медиатором между этими формами цифровой зависимости и депрессией [21].

Интернет-зависимость среди подростков и студентов, как показали результаты многих исследований [22–25], является значимой проблемой, тесно связанной с ухудшением качества сна и проявлениями депрессии.

Схожие взаимосвязи демонстрирует и феномен смартфон-зависимости — одного из частных проявлений интернет-зависимого поведения. Исследования показывают [26, 27], что чрезмерное использование смартфонов, особенно в вечернее и ночное время, приводит к задержке сна, снижению его продолжительности и ухудшению его качества.

Таким образом, накопленные эмпирические данные из разных стран и культурных контекстов подтверждают: цифровое поведение, включая думскроллинг, киберхондрию, интернет- и соцсетевую зависимость, тесно связано с психическим здоровьем и сном. Таким образом, выявляются устойчивые закономерности между цифровыми практиками и нарушениями сна, при этом думскроллинг, киберхондрия и интернет-зависимость представляют собой ключевые поведенческие факторы риска. В этой связи возникает необходимость объединения разрозненных данных в единую терминологическую рамку, что позволит проводить более глубокий и целостный анализ. С этой целью предлагается ввести в русскоязычный научный оборот термин *«цифровые стрессоры»* — обобщающее понятие, охватывающее феномены, возникающие в результате цифрового поведения и информационной активности. Введение этого термина позволяет системно описывать стрессогенные триггеры, связанные с цифровой средой, и анализировать их влияние на физиологическое и психологическое состояние человека. К числу ключевых компонентов цифровых стрессоров относят думскроллинг, киберхондрию и зависимость от социальных сетей, представляющие различные формы взаимодействия с информацией. Их общее воздействие выражается в перегрузке

когнитивных ресурсов, повышении уровня тревожности, нарушениях процессов восстановления и формировании информационного невроза.

Следует отметить, что в англоязычном научном пространстве термин «*digital stressors*» уже получил институциональное признание, что подтверждается рядом эмпирических исследований. Так, Fischer и соавт. [28] разработали и валдизировали 50-пунктную шкалу Digital Stressors Scale (DSS), которая измеряет воспринимаемый стресс от использования цифровых технологий в рабочей среде и охватывает 10 различных категорий стрессоров. В более позднем исследовании шкала была адаптирована для норвежской выборки [29], где подтверждена её пригодность с сокращённым количеством факторов и высокой внутренней согласованностью. Концепция цифровых стрессоров получила дополнительную актуальность в медицинской сфере, что нашло подтверждение среди врачей отделений неотложной помощи в Германии [30], выявлено устойчивое присутствие цифровых стрессоров и их значительная связь с эмоциональным истощением, снижением психического благополучия и профессиональной удовлетворённости.

Полученные данные акцентируют важность использования понятия *«цифровые стрессоры»* в русскоязычных исследованиях. Несмотря на то что данный термин уже получил развитие в зарубежной литературе, его адаптация и включение в отечественный научный дискурс способствует обогащению понятийного аппарата и обеспечивает методологическую преемственность с международными подходами.

Использование термина *«цифровые стрессоры»* в данном исследовании не претендует на неологизм, а представляет собой перевод и концептуальное заимствование устоявшегося понятия, отражающего специфику воздействия цифровой среды на психологическое состояние. Его внедрение связано с необходимостью системного осмысления новых вызовов цифровой эпохи и обусловлено несколькими аспектами.

1. Влияние цифровых стрессоров проявляется не только на уровне когнитивной сферы, но и в изменении психофизиологических процессов, таких как нарушение сна, повышение уровня кортизола и снижение вариабельности сердечного ритма. Эти эффекты невозможно адекватно описать в рамках традиционных понятий информационного стресса, что требует расширения теоретического аппарата.

2. Термин *«цифровые стрессоры»* органично интегрирует результаты исследований в области психологии, нейронаук и физиологии, позволяя описывать явления на стыке когнитивной перегрузки, эмоциональной нестабильности и социальных взаимодействий.

3. Концепция цифровых стрессоров даёт возможность разрабатывать комплексные стратегии управления стрессом, направленные на формирование навыков цифровой гигиены и профилактики когнитивного выгорания, что весьма продуктивно к использованию в клинической практике для диагностики и коррекции расстройств, связанных с цифровой активностью.

Цель

Изучение взаимосвязи цифровых стрессоров и характеристик сна (его качества и продолжительности, приёма снотворных, времени отхода ко сну и времени, затрачиваемого на засыпание).

Гипотезой исследования выступает предположение, что такие цифровые стрессоры, как киберхондрия, думскроллинг и зависимость от социальных сетей, связаны с ухудшением качества и продолжительности сна, более частым использованием снотворных, более поздним временем отхода ко сну и более долгим временем, затрачиваемым на засыпание. Данная гипотеза основана на результатах предыдущих научных работ, в которых показано, что использование перед сном электронных устройств, излучающих свет, усугубляет проявления бессонницы за счёт подавления выработки мелатонина и нейрофизиологического возбуждения [31], а использование мобильных устройств перед сном и ночью особенно сильно связано с задержкой времени отхода ко сну, дневной усталостью и снижением качества сна [32].

МЕТОДЫ

Схема проведения исследования

Сбор данных был осуществлён с помощью сервиса Яндекс.Толока. Опрос проводили в январе 2024 года. Исследование одобрено этическим комитетом факультета социальных наук НИУ ВШЭ (протокол № 7).

Выборка исследования

В исследовании приняли участие 1008 респондентов, в том числе 436 мужчин и 572 женщины от 18 до 80 лет (M=38,3; Me=36; SD=11,4). Помимо данных о среднем возрасте и поле, выборка описывает участников по географической представленности и типу населённого пункта. Жители областных центров составляют 32,7%, образуя наибольшую группу. Мегаполисы, за исключением Москвы, занимают 27,3%, следуя за областными центрами. Районные центры представлены на уровне 24,9%, тогда как доля Москвы наименьшая — 15,0%. Это распределение показывает разнообразие участников по географии и типу поселений с акцентом на областные центры. Более половины опрошенных (56,73%) оценивают свой субъективный уровень дохода как средний, в то время как 2,24% считают его очень высоким, 6,04% — высоким, 27,97% — низким, а 7,02% указали, что сводят концы с концами.

Методы исследования

Участники исследования ответили на ряд вопросов о характеристиках сна: качество сна («Как бы вы

охарактеризовали качество вашего сна за последний месяц?»), приём снотворных («За последний месяц как часто вы принимали лекарства, которые помогают уснуть?»), время отхода ко сну («В какое время вы обычно ложились спать в течение последнего месяца?»), время, затрачиваемое на засыпание («Сколько времени вам обычно требовалось, чтобы заснуть?»), продолжительность сна («Сколько часов в среднем вы спали за ночь в течение последнего месяца?»).

Кроме того, анкета содержала следующие инструменты:

1. Шкала киберхондрии (Cyberchondria Severity Scale, CSS) оценивает склонность человека к навязчивым и чрезмерно интенсивным поискам информации о здоровье и болезнях в интернете [33, 34].

2. Шкала думскроллинга (Doomscrolling Scale, DS) измеряет склонность человека, использующего социальные сети, обращать внимание на негативную информацию в новостных лентах [35, 36].

3. Бергенская шкала зависимости от социальных сетей (Bergen Social Media Addiction Scale, BSMAS) диагностирует степень тяжести зависимости человека от использования социальных сетей [37, 38].

Этические принципы проведения исследования

Исследование проводилось в строгом соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации, законодательством Российской Федерации и стандартами платформ «Анкетолог» и «Яндекс.Толока». Участие респондентов старше 18 лет было добровольным, с предварительным информированным согласием, без принуждения. Применяли только адаптированные и валидизированные методики, исключались манипуляции и введение в заблуждение. Вопросы избегали острых тем и стрессовых воспоминаний. Обеспечивались анонимность и сбор обезличенных социально-демографических данных (пол, возраст, уровень урбанизации, образование), без возможности идентификации участников. Исследование проводили исключительно в научных целях без финансовой или спонсорской поддержки со стороны индустрии или третьих лиц.

Анализ данных

Для анализа данных были использованы методы описательной статистики и регрессии. Регрессионные модели оценивали методом множественного линейного регрессионного анализа с предварительным измерением нормальности распределения (с помощью теста Шапиро–Уилка) и диагностикой мультиколлинеарности. Адекватность регрессионных моделей оценивали коэффициентами детерминации (R^2) и критерим Фишера (F). Показатели считали статистически значимыми при p <0,05. Расчёты производили в программе Jamovi 2.3.21.

Таблица 1. Ответы респондентов на вопросы о характеристиках сна
Table 1. Respondents' answers to sleep-related questions

Характеристика сна	Респонденты, *n* (%)
Качество сна	
Очень плохое	63 (6,3)
Скорее плохое	309 (30,7)
Достаточно хорошее	532 (52,8)
Очень хорошее	104 (10,3)
Приём снотворных	
Ни разу в течение последнего месяца	700 (69,4)
Менее чем один раз в неделю	136 (13,5)
Один или два раза в неделю	115 (11,4)
Три или более раза в неделю	57 (5,7)
Время отхода ко сну	
До 22:00	92 (9,1)
От 22:00 до 23:00	260 (25,8)
От 23:00 до 00:00	298 (29,6)
От 00:00 до 01:00	190 (18,8)
Позднее 01:00	168 (16,7)
Время, затрачиваемое на засыпание	
Меньше 1 мин	48 (4,8)
От 1 до 10 мин	285 (28,3)
От 10 до 30 мин	417 (41,4)
От 30 мин до 1 ч	174 (17,3)
Больше 1 ч	84 (8,3)
Продолжительность сна	
5 ч и меньше	112 (11,1)
6 ч	240 (23,8)
7 ч	347 (34,4)
8 ч	248 (24,6)
9 ч и больше	61 (6,1)

РЕЗУЛЬТАТЫ

В табл. 1 показана статистика ответов респондентов на вопросы о характеристиках сна. В большинстве случаев респонденты оценивали свой сон как достаточно хороший, отрицали приём снотворных, ложились спать до полуночи, тратили на засыпание менее получаса и спали не менее семи часов в течение последнего месяца.

Воспринимаемое качество сна было более высоким у мужчин — респондентов с более низкими показателями киберхондрии, думскроллинга и зависимости от социальных сетей (модель 1; R=0,250; R^2=0,063; F (5)=13,4;

p <0,001). Снотворные чаще принимали респонденты более молодого возраста — респонденты с более высокими показателями киберхондрии, думскроллинга и зависимости от социальных сетей (модель 2; R=0,378; R^2=0,143; F (5)=33,4; *p* <0,001). О более позднем времени отхода ко сну сообщали респонденты более молодого возраста (модель 3; R=0,125; R^2=0,016; F (5)=3,18; *p*=0,008). Время, затрачиваемое на засыпание, было самым продолжительным у женщин — респондентов с более высокими показателями киберхондрии, думскроллинга и зависимости от социальных сетей (модель 4; R=0,176; R^2=0,031; F (5)=6,39; *p* <0,001). Продолжительность сна была выше у женщин — респондентов с более низкими показателями киберхондрии, думскроллинга и зависимости от социальных сетей (модель 5; R=0,121; R^2=0,015; F (5)=2,99; *p*=0,011). В табл. 2 представлены данные закономерности.

Таблица 2. Роль цифровых стрессоров в характеристиках сна россиян

Table 2. Role of digital stressors in sleep characteristics in the Russian population

Предикторы	β	*t*	*p*
Модель 1. Зависимая переменная: качество сна			
Пол	0,113	3,587	<0,001
Возраст	0,038	1,245	0,213
Киберхондрия	–0,546	–5,747	<0,001
Думскроллинг	–0,597	–5,578	<0,001
Зависимость от соцсетей	–0,865	–5,147	<0,001
Модель 2. Зависимая переменная: приём снотворных			
Пол	–0,095	–1,56	0,118
Возраст	–0,082	–2,78	0,006
Киберхондрия	0,447	4,93	<0,001
Думскроллинг	0,594	5,80	<0,001
Зависимость от соцсетей	0,584	3,63	<0,001
Модель 3. Зависимая переменная: время отхода ко сну			
Пол	–0,031	–0,476	0,634
Возраст	–0,115	–3,632	<0,001
Киберхондрия	0,045	0,460	0,645
Думскроллинг	0,068	0,616	0,538
Зависимость от соцсетей	0,139	0,807	0,420
Модель 4. Зависимая переменная: время, затрачиваемое на засыпание			
Пол	–0,198	–3,059	0,002
Возраст	0,026	0,828	0,408
Киберхондрия	0,248	2,566	0,010
Думскроллинг	0,339	3,112	0,002
Зависимость от соцсетей	0,388	2,266	0,024
Модель 5. Зависимая переменная: продолжительность сна			
Пол	–0,132	–2,027	0,043
Возраст	–0,015	–0,481	0,631
Киберхондрия	–0,268	–2,754	0,006
Думскроллинг	–0,320	–2,911	0,004
Зависимость от соцсетей	–0,517	–3,000	0,003

Примечание. Пол представлен как dummy-переменная (0 — женщины, 1 — мужчины).

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные демонстрируют, что цифровые стрессоры, включая киберхондрию, думскроллинг и зависимость от социальных сетей, оказывают системное влияние на характеристики сна, отражаясь на его качестве, продолжительности, использовании снотворных препаратов, времени отхода ко сну и времени, затрачиваемом на засыпание. Эти явления следует рассматривать как важные аспекты цифрового поведения, непосредственно связанные с нарушением регуляции сна в условиях современной информационной среды.

Киберхондрия и её взаимосвязи с характеристиками сна

Киберхондрия, в самом широком смысле определяемая как навязчивый поиск информации о здоровье в интернете, является значимым цифровым стрессором, нарушающим характеристики сна. Люди, страдающие киберхондрией, склонны к длительному чтению тревожной информации о болезнях, что усиливает их беспокойство и приводит к усилению гипервозбуждения в ночное время. Это препятствует расслаблению и задерживает наступление сна. Кроме того, такое поведение часто сопровождается поиском медицинской информации поздно вечером или ночью, что ещё больше нарушает циркадные ритмы. Чрезмерное внимание к своему здоровью в ночное время способствует формированию негативных ожиданий относительно сна («боязнь не уснуть»), что приводит к ещё большему ухудшению его качества. Данные закономерности подтверждают результаты более ранних эмпирических исследований взаимосвязи между киберхондрией и качеством сна [17].

Думскроллинг и его взаимосвязи с характеристиками сна

Думскроллинг, или привычка постоянно просматривать негативные новости, связан с увеличением уровня тревожности и психоэмоционального напряжения, что существенно влияет на характеристики сна. Проблема усугубляется тем, что новостной контент, который чаще всего потребляется перед сном, акцентируется на стрессовых и тревожных событиях, таких как катастрофы, политические кризисы или социальные проблемы [39]. Это усиливает эмоциональную реакцию и приводит к сложностям с расслаблением. Такая практика не только задерживает

отход ко сну, но и нарушает его структуру. Постоянное потребление негативного контента перед сном может способствовать развитию ночных пробуждений, фрагментации сна и даже кошмаров. В свою очередь недосыпание делает человека более склонным к думскроллингу на следующий день, создавая порочный круг.

Зависимость от социальных сетей и её взаимосвязи с характеристиками сна

Зависимость от социальных сетей выступает значительным цифровым стрессором, который влияет на характеристики сна через несколько механизмов [15]. Во-первых, длительное использование соцсетей перед сном приводит к задержке отхода ко сну, так как их алгоритмы стимулируют непрерывное вовлечение и прокрастинацию. Пользователи часто вовлекаются в бесконечную прокрутку новостных лент или просмотр контента, что увеличивает время бодрствования вечером.

Во-вторых, социальные сети создают эмоциональную перегрузку, связанную с тревожностью, завистью или социальным сравнением. Это состояние усиливает психофизиологическое возбуждение, которое препятствует расслаблению, необходимому для засыпания. Как показали недавние исследования [40], у студентов с интернет-зависимостью, включающей социальные сети, наблюдаются худшие показатели сна по сравнению с их сверстниками. Совокупное воздействие приводит к ухудшению субъективного восприятия сна, что формирует замкнутый круг: недостаток сна, вызванный активностью в социальных сетях, способствует дальнейшему усилению зависимости, так как человек ищет в цифровой среде способы компенсации дефицита энергии или эмоций. Это особенно актуально в молодёжной среде, где, по данным Shafiee и соавт. [41], почти половина студентов испытывает нарушение сна, а его распространённость среди студентов в два раза выше, чем в общей популяции [42].

Цифровые стрессоры как совокупное явление

Объединяя вышеописанные механизмы, можно отметить, что цифровые стрессоры действуют как комплексное явление, затрагивающее как поведенческие, так и физиологические аспекты сна. Длительное взаимодействие с экранами перед сном, информационная перегрузка и тревожность, вызванные цифровой активностью, нарушают баланс между состояниями бодрствования и сна, что ведет к ухудшению как объективных, так и субъективных характеристик сна.

Постоянное воздействие синего света от экранов, в частности, подавляет выработку мелатонина, что задерживает наступление сна. Одновременно с этим повышенная тревожность, вызванная киберхондрией и думскроллингом, усиливает активацию симпатической нервной системы, что мешает расслаблению. Это сочетание физиологических и психологических факторов объясняет, почему цифровые стрессоры оказывают столь мощное влияние на качество сна.

Специфика цифрового стресса в российском социуме

Результаты настоящего исследования подтверждают ранее установленные в мировой научной литературе закономерности: такие формы цифровой активности, как думскроллинг, киберхондрия и чрезмерная вовлечённость в социальные сети, достоверно связаны с ухудшением характеристик сна. Подобно зарубежным исследованиям, на российской выборке также зафиксированы ассоциации между высоким уровнем цифрового поведения и увеличением времени засыпания, снижением субъективного качества сна и более частым приёмом снотворных. Таким образом, можно говорить о воспроизводимости выявленных закономерностей в российском контексте, что придает надёжность и валидность глобальным моделям.

Однако российская выборка демонстрирует и ряд особенностей. Исследование проводилось в постпандемийный период, когда цифровая нагрузка, связанная с удалённой работой, постоянным доступом к тревожной информации и изменениями в рутине сна, была высокой. При этом российское общество сталкивается с дополнительными стрессовыми триггерами, в том числе с информационной нестабильностью, геополитической напряжённостью и ростом социального недоверия, что может усиливать негативное влияние цифровых стрессоров на психоэмоциональное состояние и сон. Подобная специфика, как представляется, требует дополнительного анализа культурно обусловленных факторов цифрового поведения и копинг-стратегий.

Интерес представляет и выявленная в исследовании тенденция к большей уязвимости женщин и молодых респондентов к воздействию цифровых стрессоров. Этот результат согласуется с рядом международных исследований, но также может быть обусловлен социальной спецификой российского общества, в частности, более выраженной нагрузкой на женщин в контексте семейной и профессиональной многозадачности, а также высоким уровнем тревожности в молодёжной среде. Необходимо дальнейшее изучение этих различий с учётом социокультурных и экономических условий.

Наконец, важно отметить, что цифровое поведение в российском контексте всё чаще становится не просто источником информации и коммуникации, но и своеобразным средством регуляции тревожности через постоянное потребление новостных потоков, участие в онлайн-дискуссиях и социальное сравнение. В условиях неопределённости и ограниченных ресурсов цифровая активность может выполнять компенсаторную функцию, однако при этом усиливать эмоциональное напряжение и нарушать сон, особенно в вечернее время.

Результаты исследования указывают на необходимость разработки стратегий управления цифровым поведением,

особенно в вечернее время. Ограничение времени использования гаджетов перед сном, отказ от чтения тревожного контента и замена цифровых ритуалов вечерними расслабляющими практиками, такими как чтение книг или медитация, могут существенно улучшить характеристики сна. Особое внимание должно быть уделено образовательным инициативам, направленным на повышение осведомлённости о цифровых стрессорах и их влиянии на сон. В этом контексте программы цифровой грамотности [43] способны помочь людям развить навыки сознательного использования технологий и минимизации их негативного воздействия на психоэмоциональное состояние и здоровье.

Перспективы исследования

Перспективным направлением исследований является изучение эффекта синдрома упущенной выгоды (FoMO, Fear of Missing Out), который усиливает психологическую напряжённость за счёт страха пропустить важную информацию в цифровом пространстве. В русле изучения влияния цифровой среды на психологическое благополучие и физиологические процессы перспективными направлениями могут быть также и следующие цифровые феномены: цифровая депривация (Digital Deprivation) как состояние тревоги или дискомфорта, возникающее при невозможности использовать цифровые устройства или выходить в интернет; навязчивое отслеживание метрик (Metrics Obsession) как чрезмерное внимание к количественным показателям, таким как лайки, просмотры и подписчики, характерное для пользователей социальных сетей; технологический перфекционизм (Technological Perfectionism) как потребность всегда быть доступным, отвечать на сообщения без задержек или выполнять задачи с использованием цифровых устройств с максимальной эффективностью; геймификация повседневной жизни (Gamification of Life) как использование игровых механик в различных аспектах жизни через мобильные приложения (например, фитнес, обучение); навязчивая проверка устройств (Compulsive Checking Behavior) как частая проверка уведомлений, сообщений или новостных лент, которая приводит к отвлечению и нарушению концентрации; интернет-фатиг (Internet Fatigue) как усталость от постоянного пребывания в онлайн-пространстве, включая зум-усталость и перегрузку от дистанционного взаимодействия, а также метацифровая реальность (Meta-Digital Reality) как влияние новых технологий, таких как виртуальная и дополненная реальность, на психологическое состояние, включая эффекты переноса эмоций из цифровой реальности в реальную жизнь. Изучение этих феноменов поможет глубже понять взаимодействие человека с цифровой средой, выявить его риски и разработать более эффективные стратегии адаптации и цифровой гигиены.

Ограничения исследования

Используемые субъективные методы оценки качества сна в виде самоотчётов могут иметь погрешности и зависеть от восприятия участников. Кроме того, в настоящем исследовании не применялись полисомнографические инструменты мониторинга сна, что ограничило получение точных объективных данных о структуре и параметрах сна; в будущих исследованиях эти методы могут быть использованы для более детализированного анализа. Проведённое исследование не учитывало детализированные привычки респондентов в использовании цифровых устройств, включая длительность ежедневного взаимодействия, типы платформ и цели использования. Поведение респондентов в цифровой среде могло изменяться в зависимости от рабочего стиля, социальной активности и личных предпочтений, что затрудняет однозначные выводы. Участвовавшие в опросе респонденты могли иметь предшествующие психические и физические состояния (депрессия, тревожность, усталость), влияющие на сон, которые не учитывались в настоящем исследовании. Таким образом, в исследовании отсутствовали данные об исходном физиологическом и психологическом состоянии участников, что затрудняет корректную оценку изменений в показателях сна. Одним из ограничений также является потенциальная проблема селекции выборки: участники, склонные к интересу в теме сна или цифрового поведения, могли быть более мотивированы к участию, что снижает репрезентативность. Эти ограничения необходимо учитывать при интерпретации результатов исследования и их применении в более широком контексте изучения влияния цифровых стрессоров на здоровье и работоспособность. Наконец, низкие значения R^2 в описанных регрессионных моделях указывают на необходимость верификации выявленных закономерностей на более крупных и разнообразных с социально-демографической точки зрения выборках, а авторская анкета для оценки характеристик сна, использованная в настоящем исследовании, нуждается в психометрическом обосновании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование демонстрирует важность комплексного подхода к анализу влияния цифровой среды на поведение и здоровье человека. Объединение таких явлений, как думскроллинг, киберхондрия и чрезмерная вовлечённость в социальные сети, позволяет более полно рассматривать особенности цифрового взаимодействия и его потенциальное воздействие на психофизиологические процессы, включая сон.

Цифровые стрессоры (думскроллинг, киберхондрия и зависимость от социальных сетей) существенно влияют на характеристики сна, в частности, снижают качество и продолжительность сна, повышают время отхода ко сну, время, затрачиваемое на засыпание, увеличивают риск приёма снотворных.

Полученные результаты подчёркивают важность разработки комплексных стратегий управления цифровым

поведением, включающих цифровую гигиену, осознанность, практики релаксации и регулярные перерывы от экранов. Эти подходы должны основываться на научно обоснованных рекомендациях и индивидуализированных программах поддержки для разных возрастных групп и социальных контекстов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. А.А. Максименко — идея, концептуализация, сбор данных, написание текста, контактирование с редакцией; А.А. Золотарева — дизайн исследования, расчёты, обсуждение, написание текста; Д.В. Каширский — обсуждение, написание текста. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено этическим комитетом факультета социальных наук НИУ ВШЭ (протокол № 7).

Согласие на публикацию. Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: A.A. Maksimenko: conceptualization, data curation, writing—original draft, writing—review & editing; A.A. Zolotareva: methodology, formal analysis, investigation, writing—original draft; D.V. Kashirsky: investigation, writing—original draft. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: The study was approved by the ethics committee of the HSE Faculty of Social Sciences (Minutes No. 7).

Consent for publication: All participants provided written informed consent prior to inclusion in the study.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously published material (text, images, or data) was used in this work.

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work, as no new data was collected or created.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer-review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Czeisler CA, Shanahan TL. Problems associated with use of mobile devices in the sleep environment-streaming instead of dreaming. *JAMA Pediatrics*. 2016;170(12):1146–1147. doi: 10.1001/jamapediatrics.2016.2986
2. Dibben GO, Martin A, Shore CB, et al. Adolescents' interactive electronic device use, sleep and mental health: a systematic review of prospective studies. *J Sleep Res.* 2023;32(5):e13899. doi: 10.1111/jsr.13899
3. Lund L, Sølvhøj IN, Danielsen D, Andersen S. Electronic media use and sleep in children and adolescents in western countries: a systematic review. *BMC Public Health*. 2021;21(1):1598. doi: 10.1186/s12889-021-11640-9
4. Blom K, Forsell E, Hellberg M, et al. Psychological treatment of comorbid insomnia and depression: A double-blind randomized placebo-controlled trial. *Psychother Psychosom*. 2024;93(2):100–113. doi: 10.1159/000536063
5. Geoffroy PA, Hoertel N, Etain B, et al. Insomnia and hypersomnia in major depressive episode: Prevalence, sociodemographic characteristics and psychiatric comorbidity in a population-based study. *J Affect Disord*. 2018;(226):132–141. doi: 10.1016/j.jad.2017.09.032
6. Mirchandaney R, Barete R, Asarnow LD. Moderators of cognitive behavioral treatment for insomnia on depression and anxiety outcomes. *Curr Psychiatry Rep*. 2022;24(2):121–128. doi: 10.1007/s11920-022-01326-3
7. Meyer N, Lok R, Schmidt C, et al. The sleep-circadian interface: A window into mental disorders. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2024;121(9):e2214756121. doi: 10.1073/pnas.2214756121
8. Lee SA, Mukherjee D, Rush J, et al. Too little or too much: nonlinear relationship between sleep duration and daily affective well-being in depressed adults. *BMC Psychiatry*. 2024;24(1):323. doi: 10.1186/s12888-024-05747-7
9. Leung TNH, Wong KL, Chan AKC., Li AM. Common childhood sleep problems and disorders. *Curr Pediatr Rev*. 2024;20(1):27–42. doi: 10.2174/1573396318666220827102018
10. Tedford SE, Romano L, Gozal D, Medalie L. Digital solutions for sleep problems in children: A pilot study. *Pediatr Pulmonol*. 2022;57(8):1914–1920. doi: 10.1002/ppul.25402
11. Baweja R, Calhoun S, Baweja R, Singareddy R. Sleep problems in children. *Minerva Pediatr*. 2013;65(5):457–472.
12. Hysing M, Heradstveit O, Harvey AG, et al. Sleep problems among adolescents within child and adolescent mental health services. An epidemiological study with registry linkage. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 2022;31(1):121–131. doi: 10.1007/s00787-020-01676-4
13. Feinsilver SH. Normal and abnormal sleep in the elderly. *Clin Geriat Med.* 2021;37(3):377–386. doi: 10.1016/j.cger.2021.04.001
14. Yang L, Tan X, Lang R, et al. Reliability and validity of the Chinese version of the doomscrolling scale and the mediating role of doomscrolling in the bidirectional relationship between insomnia and depression. *BMC Psychiatry*. 2024;24(1):565. doi: 10.1186/s12888-024-06006-5
15. Zhu X, Zheng T, Ding L, Zhang X. Exploring associations between eHealth literacy, cyberchondria, online health information seeking and sleep quality among university students: A cross-section study. *Heliyon*. 2023;9,(6):e17521. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e17521
16. Syunyakov TS, Zakharov AV, Gayduk AJ, et al. Changes in sleep patterns and the doom-scrolling (doom-surfing) phenomenon as modifiable risk factors for anxiety due to continuous stress of the COVID-19 pandemic.

S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2023;123(10):88–96. doi: 10.17116/jnevro202312310188 EDN: LOBTCA

17. Yalçın İ, Boysan M, Eşkisu M, Çam Z. Health anxiety model of cyberchondria, fears, obsessions, sleep quality, and negative affect during COVID-19. *Curr Psychol*. 2022 Mar 14:1–18. doi: 10.1007/s12144-022-02987-2

18. Younes F, Halawi G, Jabbour H, et al. Internet addiction and relationships with insomnia, anxiety, depression, stress and self-esteem in university students: a cross-sectional designed study. *PLoS One*. 2016;11(9):e0161126. doi: 10.1371/journal.pone.0161126

19. Karki K, Singh DR, Maharjan DK, et al. Internet addiction and sleep quality among adolescents in a peri-urban setting in Nepal: A cross-sectional school-based survey. *PLoS One*. 2021;16(2):e0246940. doi: 10.1371/journal.pone.0246940

20. Yao L, Liang K, Huang L, Chi X. Relationship between fruit and vegetable consumption and internet addiction with insomnia and depression as multiple mediators during the COVID-19 pandemic: a three-wave longitudinal study in Chinese college students. *BMC Psychiatry*. 2023;13(23)1:939. doi: 10.1186/s12888-023-05415-2

21. Li JB, Lau JTF, Mo PKH, et al. Insomnia partially mediated the association between problematic Internet use and depression among secondary school students in China. *J Behav Addict*. 2017;6(4):554–563. doi: 10.1556/2006.6.2017.085

22. Huang IL, Liu CY, Chung MH. Sleep quality and internet addiction among junior college students; The mediating role of depression: A cross-sectional study. *Arch Psychiatr Nurs*. 2023;46:1–7. doi: 10.1016/j.apnu.2023.06.011

23. Çelebioğlu A, Aytekin Özdemir A, Küçükoğlu S, Ayran G. The effect of Internet addiction on sleep quality in adolescents. *J Child Adolesc Psychiatr Nurs*. 2020;33(4):221–228. doi: 10.1111/jcap.12287

24. Gupta R, Taneja N, Anand T, et al. Internet addiction, sleep quality and depressive symptoms amongst medical students in Delhi, India. *Community Ment Health J*. 2021;57(4):771–776. doi: 10.1007/s10597-020-00697-2

25. Lin PH, Lee YC, Chen KL, et al. The relationship between sleep quality and internet addiction among female college students. *Front Neurosci*. 2019;13:599. doi: 10.3389/fnins.2019.00599

26. Rathakrishnan B, Bikar Singh SS, Kamaluddin MR, et al. Smartphone addiction and sleep quality on academic performance of university students: An exploratory research. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(16):8291. doi: 10.3390/ijerph18168291

27. Nikolic A, Bukurov B, Kocic I, et al. Smartphone addiction, sleep quality, depression, anxiety, and stress among medical students. *Front Public Health*. 2023;11:1252371. doi: 10.3389/fpubh.2023.1252371

28. Fischer T, Reuter M, Riedl R. The digital stressors scale: development and validation of a new survey instrument to measure digital stress perceptions in the workplace context. *Front Psychol*. 2021;12:607598. doi: 10.3389/fpsyg.2021.607598

29. Sevic A, Foldnes N, Brønnick KK. Measuring digital stress in Norway: translation and validation of the Digital Stressors Scale. *Front Psychol*. 2024;15:1297194. doi: 10.3389/fpsyg.2024.1297194

30. Bernburg M, Tell A, Groneberg DA, Mache S. Digital stressors and resources perceived by emergency physicians and associations to their digital stress perception, mental health, job satisfaction and work engagement. *BMC Emerg Med*. 2024:24(1):31. doi: 10.1186/s12873-024-00950-x

31. Shechter A, Kim EW, St-Onge MP, Westwood AJ. Blocking nocturnal blue light for insomnia: A randomized controlled trial. *J Psychiatr Res*. 2018;96:196–202. doi: 10.1016/j.jpsychires.2017.10.015

32. Paudel S, Jancey J, Subedi N, Leavy J. Correlates of mobile screen media use among children aged 0-8: A systematic review. *BMJ Open*. 2017;7(10):e014585. doi: 10.1136/bmjopen-2016-014585

33. Barke A, Bleichhardt G, Rief W, Doering BK. The Cyberchondria Severity Scale (CSS): German validation and development of a short form. *Int J Behav Med*. 2016;23(5):595–605. doi: 10.1007/s12529-016-9549-8

34. Deyneka OS, Maksimenko AA, Zabelina EV, Garkusha SA. Results of adaptation of the short version of the method of expression of cyberchondria in the Russian sample. *Psychological Journal*. 2023;44(1):101–112. doi: 10.31857/S020595920024365-7 EDN: KPDYWX

35. Sharma B, Lee SS, Johnson BK. The dark at the end of the tunnel: Doomscrolling on social media newsfeeds. *Technology, Mind, and Behavior*. 2022;3(1). doi: 10.1037/tmb0000059

36. Maksimenko AA, Deyneka OS, Mortikova IA. Infodemic doomscrolling and the psychological well-being of Russians. *Society: Sociology, Psychology, Pedagogics*. 2022;(12):129–136. doi: 10.24158/spp.2022.12.20 EDN: BOBTPA

37. Andreassen CS, Torsheim T, Brunborg GS, Pallesen S. Development of a Facebook addiction scale. *Psychological Reports*. 2012;110(2):501–517. doi: 10.2466/02.09.18.PR0.110.2.501-517

38. Shubin SB. Psychological features of adolescent digital activity on the example of social networks: The review of foreign studies. *Pedagogy and Psychology of Education*. 2020;(3):173–191. doi: 10.31862/2500-297X-2020-3-173-191 EDN: JDCWBI

39. Tandon A, Kaur P, Dhir A, Mäntymäki M. Sleepless due to social media? Investigating problematic sleep due to social media and social media sleep hygiene. *Computers in Human Behavior*. 2020;113(1):106487. doi: 10.1016/j.chb.2020.106487

40. Kashfi SM, Karami H, Jafari F, et al. Internet addiction and sleep disorders among medical students. *Scientific World Journal*. 2023;2023:6685676. doi: 10.1155/2023/6685676

41. Shafiee A, Teymouri Athar MM, Seighali N, et al. The prevalence of depression, anxiety, and sleep disturbances among medical students and resident physicians in Iran: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2024;19(8):e0307117. doi: 10.1371/journal.pone.0307117

42. Wondie T, Molla A, Mulat H, et al. Magnitude and correlates of sleep quality among undergraduate medical students in Ethiopia: cross-sectional study. *Sleep Science Practice*. 2021;5(7). doi: 10.1186/s41606-021-00058-2

43. Maksimenko AA, Deyneka OS, Dukhanina LN. Barriers to the formation of information culture and improvement of information literacy. *Perspectives of Science and Education*. 2022;(2):39–61. doi: 10.32744/pse.2022.3 EDN: SGGGGA

ОБ АВТОРАХ

*** Максименко Александр Александрович,** д-р социол. наук, канд. психол. наук, доцент;
адрес: Россия, 101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 20;
ORCID: 0000-0003-0891-4950;
eLibrary SPIN: 7449-3003;
e-mail: maximenko.al@gmail.com

Золотарева Алена Анатольевна, канд. психол. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-5724-2882;
eLibrary SPIN: 2695-0218;
e-mail: alena.a.zolotareva@gmail.com

Каширский Дмитрий Валерьевич, д-р психол. наук;
ORCID: 0000-0002-8251-2653;
eLibrary SPIN: 4389-5243;
e-mail: psymath@mail.ru

AUTHORS' INFO

*** Aleksander A. Maksimenko,** Dr. Sci. (Sociology), Cand. Sci. (Psychology), Associate Professor;
address: 20 Myasnitskaya st, Moscow, Russia, 101000;
ORCID: 0000-0003-0891-4950;
eLibrary SPIN: 7449-3003;
e-mail: maximenko.al@gmail.com

Alena A. Zolotareva, Cand. Sci. (Psychology), Associate Professor;
ORCID: 0000-0002-5724-2882;
eLibrary SPIN: 2695-0218;
e-mail: alena.a.zolotareva@gmail.com

Dmitry V. Kashirsky, Dr. Sci. (Psychology);
ORCID: 0000-0002-8251-2653;
eLibrary SPIN: 4389-5243;
e-mail: psymath@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author