

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

ЭКОЛОГИЯ



ЧЕЛОВЕКА

**EKOLOGIYA CHELOVEKA
(HUMAN ECOLOGY)**

Volume 32, Issue 9, 2025

9

Том 32

2025



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 (V1)

– Google Scholar

– Ulrich's Periodicals directory

– ядро РИНЦ

– Russian Science Citation Index

– Norwegian National Center for Research Data

– реферативный журнал и база данных ВИНТИ

– 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 16.09.2025.

Подписано в печать 24.10.2025.

Выход в свет 05.11.2025.

Формат 60 × 88%. Печать офсетная.

Заказ Цена свободная.

Усл. печ. л. 8,3.

Тираж 300 экз.

Отпечатано в ООО «Типография Экспресс В2В»

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: adv@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+

Экология человека. 2025. Т. 32, № 9.

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

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Ежемесячный научный рецензируемый журнал

Том 32 • № 9 • 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

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
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

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

TYPESET:

completed in Eco-Vector

Copyeditor: I.G. Shevchenko

Proofreader: I.G. Shevchenko

Layout editor: O.V. Ustinkova

SUBSCRIPTION:<https://hum-ecol.ru/1728-0869/about/subscriptions>**ADVERTISEMENT DEPARTMENT:****Phone:** +7 (968) 545 78 20**E-mail:** adv@eco-vector.com

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

EKOLOGIYA

C H E L O V E K A (H U M A N E C O L O G Y)

Monthly peer-reviewed journal

Volume 32 • Issue 9 • 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

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

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

О.В. Киёк, А.Н. Редько, Э.Ю. Енина, А.С. Круподер, А.П. Богдан

Современные научные и методические подходы к мониторингу водных объектов и сточных вод: научный обзор..... 616

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

А.Р. Погорелов

Оценка патогенности погодно-климатических условий Камчатского края 628

Я.А. Лещенко, А.А. Лисовцов

Характеристика заболеваемости беременных в регионе Восточной Сибири: ретроспективное эпидемиологическое исследование 640

О.Н. Рагозин, Е.Ю. Шаламова, А.Б. Гудков, И.А. Погоньшева, Л. Мутэло, Э.Р. Рагозина, Д.А. Погоньшев

Взаимосвязь вариаций нарушения здоровья населения субарктического региона с гелиогеофизическими факторами и кислородным статусом приземного воздуха при различном уровне солнечной активности..... 651

А.А. Абрамов, Г.Н. Кострова, Е.А. Кригер, А.В. Кудрявцев

Влияние показателей антропометрии и состава тела на силу кистевого хвата у лиц среднего и пожилого возраста в Арктической зоне Российской Федерации..... 661

А.С. Лесная, Н.В. Семёнова, М.А. Даренская, Л.И. Колесникова

Параметры свободнорадикального окисления у женщин разных этнических групп в менопаузе, проживающих в городской и сельской местности Прибайкалья 675

CONTENTS

REVIEWS

<i>Olga V. Kiyok, Andrey N. Redko, Ella Yu. Enina, Anna S. Krupoder, Alexander P. Bogdan</i> Modern Scientific and Methodological Approaches to Monitoring Water Bodies and Wastewater: A Review	617
--	-----

ORIGINAL STUDY ARTICLES

<i>Artur R. Pogorelov</i> Assessment of the Pathogenicity of Weather and Climatic Conditions in the Kamchatka Territory	629
<i>Yaroslav A. Leshchenko, Alexandr A. Lisovtsov</i> Morbidity Characteristics of Pregnant Women in Eastern Siberia: A Retrospective Epidemiological Study.....	641
<i>Oleg N. Ragozin, Elena Yu. Shalamova, Andrei B. Gudkov, Irina A. Pogonysheva, Livhuwani Muthelo, Elina R. Ragozina, Denis A. Pogonyshv</i> Relationship Between Variations in Population Health Disorders in a Subarctic Region and Heliogeophysical Factors and Oxygen Status of Surface Air Under Different Levels of Solar Activity.....	652
<i>Artem A. Abramov, Galina N. Kostrova, Ekaterina A. Krieger, Alexander A.V. Kudryavtsev</i> Influence of Anthropometric and Body Composition Parameters on Handgrip Strength in Middle-Aged and Older Adults in the Russian Arctic	662
<i>Anastasia S. Lesnaya, Natalya V. Semenova, Marina A. Darenskaya, Lubov I. Kolesnikova</i> Parameters of Free Radical Oxidation in Women of Different Ethnic Groups in Menopause Living in Urban and Rural Areas of the Baikal Region	676

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco690078>

EDN: YHTDQI

Современные научные и методические подходы к мониторингу водных объектов и сточных вод: научный обзор

О.В. Киёк, А.Н. Редько, Э.Ю. Енина, А.С. Круподер, А.П. Богдан

Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

АННОТАЦИЯ

Проблема экологической безопасности водных объектов, обеспечения населения доброкачественной питьевой водой, а также проблема сточных вод, являющихся значительными антропогенными загрязнителями водных объектов, определили целью нашего исследования научный обзор литературы, освещающей различные научные и методические подходы к мониторингу водных объектов и сточных вод. Поиск научных публикаций по теме проводили в базе данных медицинских и биологических исследований PubMed, научной электронной библиотеке eLibrary и на официальных сайтах научных журналов, содержащих тематические рубрики по изучаемым вопросам. Глубина исследования составила 15 лет. Несмотря на наличие достаточного количества исследований, указывающих на преимущество автоматизированной системы мониторинга, пусть и весьма дорогостоящей, но позволяющей в режиме реального времени контролировать водные объекты, в системе государственного мониторинга для оценки качества воды применяются традиционные методы исследования, отличающиеся сложностью, затратами на обслуживание дорогостоящего лабораторного оборудования, использованием химических реактивов, требующие большего времени на проведение исследования и неэффективные для мониторинга на месте и в режиме реального времени. В этих условиях создание единой системы автоматизированного мониторинга эколого-гигиенического состояния водных сред, качества очистки сточных вод позволит вывести на новый качественный уровень охрану водных объектов, что станет залогом снабжения населения не только доброкачественной питьевой водой, но и обеспечит оптимальное использование воды в санаторно-курортных зонах и зонах рекреаций.

При этом для обеспечения единого комплексного подхода, позволяющего выявлять в режиме реального времени места, источники и степень загрязнения водных объектов с картированием их эколого-гигиенического состояния, необходимо принятие решений на законодательном уровне.

Ключевые слова: водные объекты; сточные воды; эколого-гигиеническая оценка воды; автоматизированные системы; мониторинг; обзор.

Как цитировать:

Киёк О.В., Редько А.Н., Енина Э.Ю., Круподер А.С., Богдан А.П. Современные научные и методические подходы к мониторингу водных объектов и сточных вод: научный обзор // Экология человека. 2025. Т. 32, № 9. С. 616–627. DOI: 10.17816/humeco690078 EDN: YHTDQI

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco690078>

EDN: YHTDQI

Modern Scientific and Methodological Approaches to Monitoring Water Bodies and Wastewater: A Review

Olga V. Kiyok, Andrey N. Redko, Ella Yu. Enina, Anna S. Krupoder, Alexander P. Bogdan

Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

ABSTRACT

This review of scientific and methodological approaches to monitoring water and wastewater was conducted to address the issues of environmental safety of water, population access to high-quality drinking water, and wastewater as a major anthropogenic pollutant. The scientific data search was performed in the PubMed biomedical database, the Russian scientific electronic library eLIBRARY.RU, and the official websites of scientific journals with thematic sections on the subject. The search included publications from 15 years. Despite numerous studies demonstrating the advantages of automated monitoring systems—which, while costly, enable real-time control of water bodies—state monitoring of water quality still relies on traditional methods. These are characterized by complexity, high maintenance costs of laboratory equipment, the use of chemical reagents, longer testing times, and limited applicability for on-site and real-time monitoring. Under these conditions, a unified automated system for monitoring the ecological and hygienic status of aquatic environments and wastewater treatment would considerably improve water body protection. This would ensure the supply of safe drinking water to the population and the optimal use of water in health resorts and recreational zones.

Legislative action is required to establish a unified, integrated approach that enables real-time identification of water pollution sources, locations, and levels, as well as mapping of the ecological and hygienic status of water bodies.

Keywords: water bodies; wastewater; ecological and hygienic water assessment; automated systems; monitoring; review.

To cite this article:

Kiyok OV, Redko AN, Enina EYu, Krupoder AS, Bogdan AP. Modern Scientific and Methodological Approaches to Monitoring Water Bodies and Wastewater: A Review. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(9):616–627. DOI: 10.17816/humeco690078 EDN: YHTDQI

Received: 03.09.2025

Accepted: 23.09.2025

Published online: 22.10.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco690078>

EDN: YHTDQI

水体与污水监测的现代科学与方法学方法：文献综述

Olga V. Kiyok, Andrey N. Redko, Ella Yu. Enina, Anna S. Krupoder, Alexander P. Bogdan

Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

摘要

水体生态安全、居民优质饮用水供应，以及作为主要人为污染源的污水问题，共同决定了本研究的目的，即综述现有文献，探讨水体与污水监测的科学与方法学途径。文献检索在医学与生物学研究数据库PubMed、俄罗斯科学电子图书馆eLibrary，以及包含相关专题栏目的学术期刊官方网站上进行。研究时限为15年。尽管已有大量研究表明，自动化监测系统虽成本较高，但能够实现对水体的实时监控，具有显著优势，然而在国家监测体系中，水质评价仍主要依赖传统方法。这些方法复杂、成本高，需要昂贵的实验室设备和化学试剂，且检测耗时更长，不适用于现场与实时监控。在此背景下，建立统一的自动化监测系统，以评估水环境的生态-卫生状态和污水处理效果，将显著提升水体保护水平。这不仅能保障居民获得优质饮用水，也能确保疗养区和休闲区的合理用水。

因此，为实现统一的综合监测方法，能够在实时模式下识别水体污染的地点、来源和程度，并绘制其生态-卫生状态图，亟需在立法层面做出决策。

关键词：水体；污水；水体生态 - 卫生评价；自动化系统；监测；综述。

引用本文：

Kiyok OV, Redko AN, Enina EYu, Krupoder AS, Bogdan AP. 水体与污水监测的现代科学与方法学方法：文献综述. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(9):616–627. DOI: 10.17816/humeco690078 EDN: YHTDQI

收到: 03.09.2025

接受: 23.09.2025

发布日期: 22.10.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Государственная политика в области охраны окружающей среды в Российской Федерации обеспечивается не только рядом законодательных актов, но и созданной единой системой государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), частью которой является система государственного мониторинга водных объектов^{1,2,3,4,5}. Согласно Указу Президента Российской Федерации⁶, одной из национальных целей развития страны определено экологическое благополучие. В рамках одноимённого национального проекта⁷ с 1 января 2025 г. по 31 декабря 2030 г. реализуется федеральный проект «Вода России», показателями которого являются «снижение к 2036 г. в 2 раза объёма неочищенных сточных вод, сбрасываемых в водные объекты» и «в связи с экологическим оздоровлением водных объектов к концу 2030 г. будут обеспечены комфортные условия для жизни вблизи водных объектов для 23,2 млн человек». С 2023 г. и по настоящее время в рамках федерального проекта «Чистая вода» функционирует «Интерактивная карта контроля качества питьевой воды в Российской Федерации» (<https://питьеваявода.рус>) — электронный ресурс, где каждый может проверить качество питьевой воды непосредственно в месте проживания или пребывания и сообщить в Роспотребнадзор о ненадлежащем её качестве. В данную интерактивную карту, картографической основой которой является электронная карта территории России с делением до населённого пункта, регулярно вносят результаты мониторинговых лабораторно-инструментальных исследований, а также

лабораторно-инструментальных исследований в рамках контрольно-надзорных мероприятий, осуществляемых Центрами гигиены и эпидемиологии в субъектах Российской Федерации. Эколого-гигиеническое состояние водных объектов важно не только для обеспечения населения доброкачественной питьевой водой, но и для оптимального использования поверхностных водных объектов в санаторно-курортных и рекреационных зонах, а также в рыбохозяйственной промышленности. Проблема экологической безопасности водных объектов, обеспечения населения доброкачественной питьевой водой, а также проблема сточных вод, являющихся значительными антропогенными загрязнителями водных объектов, определили целью нашего исследования научный обзор литературы, освещающей различные научные и методические подходы к мониторингу водных объектов и сточных вод. Поиск научных публикаций по теме проводили в базе данных медицинских и биологических исследований PubMed, научной электронной библиотеке eLibrary и на официальных сайтах научных журналов, содержащих тематические рубрики по изучаемым вопросам.

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ В МОНИТОРИНГЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.М. Панарин и соавт. [1, 2] представили разработанную автономную систему дистанционного мониторинга загрязняющих веществ (ЗВ) в контролируемых створах предприятия для измерения загрязнений водных объектов, представляющую собой часть автоматизированной системы экологического мониторинга. Структура системы представлена модулем сбора и обработки информации, модулем измерений, задатчиком траектории движения, блоком формирования траектории движения, блоками измерения физических и химических свойств воды, блоком хранения координат модуля и свойств воды. Модульный принцип обеспечивает гибкий набор датчиков и сенсоров, представленный постоянным комплектом (для измерения электропроводности, солесодержания, температуры, pH) и сменным комплектом (для обнаружения специфических ЗВ). Данная система определяет координаты нахождения автономного мониторингового модуля поверхностных водных объектов в автоматическом режиме по заданной траектории по точкам отбора проб для измерения загрязнения водных объектов и обрабатывает технологические параметры с последующей передачей данных в госреестр источников негативного воздействия на окружающую среду. О.П. Авандеева и соавт. [3] разработали устройство,

¹ Федеральный закон № 7-ФЗ от 10 января 2002 г. «Об охране окружающей среды». Режим доступа: <https://base.garant.ru/12125350/> Дата обращения: 26.08.2025.

² Постановление Правительства РФ № 477 от 6 июня 2013 г. «Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды». Режим доступа: <https://base.garant.ru/70393142/> Дата обращения: 26.08.2025.

³ Постановление Правительства РФ № 300 от 14 марта 2024 г. «Об утверждении Положения о государственном экологическом мониторинге (государственном мониторинге окружающей среды)» Режим доступа: <https://base.garant.ru/408714115/> Дата обращения: 26.08.2025.

⁴ Водный кодекс Российской Федерации № 74-ФЗ от 3 июня 2006 г. Режим доступа: <https://base.garant.ru/12147594/> Дата обращения: 26.08.2025.

⁵ Постановление Правительства РФ № 219 от 10 апреля 2007 г. «Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов». Режим доступа: <https://base.garant.ru/2162365/> Дата обращения: 26.08.2025.

⁶ Указ Президента РФ № 309 от 7 мая 2024 г. «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408892634/> Дата обращения: 26.08.2025.

⁷ Национальный проект «Экологическое благополучие». Режим доступа: <http://government.ru/rugovclassifier/919/about/> Дата обращения: 26.08.2025.

осуществляющее автоматический сбор и идентификацию загрязнения ЗВ поверхностных водных объектов с последующей сигнализацией в случае превышения предельно допустимой концентрации (ПДК). Данный подход позволяет своевременно принимать управленческие решения. О.И. Абрамовым и соавт. [4] создан комплекс экологического мониторинга водных объектов с многоволновым лидаром, расположенным в водонепроницаемом контейнере и установленным на компактной плавающей платформе в виде катамарана на металлических понтонах. М.А. Ширяева и соавт. [5] для обнаружения источников сброса ЗВ в водные объекты предложили методику проведения замеров скоростей течения и построение эпюра расходов воды на водотоках с использованием беспилотного надводного аппарата авторской разработки и датчика расхода воды с хвостовым оперением и плагином для расчёта скорости течения, способного крепиться к якорному тросу беспилотного аппарата для его устойчивости на определённой вертикали и глубине. Информация поступает на электронный носитель или непосредственно к оператору для определения расходов воды и построения эпюра в автоматизированном режиме. Разработчиками также создана нейросеть для прогноза движения, тепломассопередачи и распространения ЗВ водных объектов. Как отмечают авторы, для обнаружения источника сброса ЗВ контрольные створы для замеров расходов воды можно размещать хаотично, что при выявлении разницы в расходах позволит более точно определить местоположение «несанкционированного» водопользователя. Е.Л. Счастливцев и соавт. [6] описывают разработанную для систематизации и анализа собранного большого объёма мониторинговых и пространственных данных по водным ресурсам Кемеровской области информационно-аналитическую систему геоэкологического мониторинга водных ресурсов «Водные ресурсы», в которой содержится информация о разных типах вод (поверхностные, подземные, талые, шахтные и т.д.), разработаны алгоритмы их анализа и оценки. Данные по водным ресурсам отображаются в системе в виде дерева: 1-й уровень — точки отбора проб, привязанные к водным объектам; 2-й — протоколы анализа с датами; последний — концентрации по ЗВ. В систему внедрён алгоритм оценки качества поверхностных и подземных вод по ассоциативным показателям. В труде Т.А. Маркиной и соавт. [7] представлена методика экологического мониторинга родников Саратова на основе геоинформационного моделирования, посредством которой возможно прогнозировать протекающие в родниках процессы и оценивать степень нагрузки, вызванной деятельностью человека. Разработаны модели движения водных потоков родников, фильтрации снега и дождя, проникновения загрязнений и алгоритмы прогнозирования состояния родниковых систем на основании результатов экологического мониторинга. Инструментом геоинформационного моделирования послужила система Matlab, где для представления

данных анализа химико-аналитических, микробиологических, гидрогеологических, геоморфологических исследований авторами сформирован комплекс программ «Родник-эко». Вначале осуществляли векторизацию расстровых карт с последующим их наложением на рельеф для картографической визуализации. Ф.А. Мкртчян и соавт. [8] разработали экспертную систему для автоматизации гидрофизических исследований с целью получения оперативной информации о физико-химических характеристиках водных объектов различного типа, оснащённую алгоритмами идентификации загрязнителей водной среды по измерениям их спектральных образов. В работе представлен алгоритм обучения и распознавания спектральных образов водных объектов. Интерес среди исследователей вызывает также проблема фекального загрязнения воды [9, 10]. J.F. Vergua et al. [9] разработали устройство для латерального анализа воды на фекальное загрязнение. Колориметрические тест-полоски для анализа методом латерального потока (LFS) позволяют обнаруживать и количественно определять *E. coli* в пробах водопроводной, речной и канализационной воды в качестве индикатора фекального загрязнения. Сочетание LFS с простым устройством для фильтрации воды и коммерчески доступным колориметрическим считывающим устройством повысило чувствительность анализа и позволило более точно определять концентрацию бактерий вплоть до 10^4 КОЕ мл⁻¹ за 10 мин. Данный метод, по оценкам авторов, поможет сделать процесс мониторинга качества воды более быстрым и дешёвым и проложить путь к дальнейшему совершенствованию систем обнаружения фекальных загрязнений. J.R. Willis et al. [10] представили результаты оценки эффективности количественной ПЦП с использованием стандартного эталонного материала 2917 Национального института стандартов и технологий (NIST SRM® 2917) — линейаризованной плазмидной ДНК-конструкции, которая используется в 13 анализах качества воды для рекреационных целей методом количественной ПЦП. Результаты показали, что NIST SRM® 2917 подходит для всех методов количественной ПЦП, и позволили авторам предположить, что в будущем использование этого контрольного материала учёными и специалистами по контролю качества воды поможет снизить вариативность оценок концентрации и сделать результаты более сопоставимыми между лабораториями. В систематическом обзоре S.N. Zainurin et al. [11] рассматривают традиционные и современные методы мониторинга качества воды, такие как интернет вещей, виртуальное зондирование, киберфизические системы, оптические методы, в ряде стран Юго-Восточной, Южной и Восточной Азии и Полинезии. Удачное сочетание физических и вычислительных алгоритмов в киберфизических системах обеспечивает оптимальный мониторинг качества воды. Авторы отмечают, что традиционные методы сложные и дорогостоящие ввиду затрат большего количества времени и средств из-за большой стоимости

обслуживания лабораторного оборудования, использования химических материалов и неэффективны для мониторинга на месте, в то время как современные методы, хоть и дорогостоящие, но более простые и позволяют проводить анализ в режиме реального времени. Н. Zhang et al. [12] в своём исследовании объединили 15 физико-химических параметров с 12 социально-экономическими параметрами в рамках многомерной статистики для количественной оценки потенциальных источников загрязнения и их влияния на загрязнение речной воды. Многомерная статистика включала регрессионный анализ, анализ главных компонент и множественную линейную регрессию с абсолютными значениями главных компонент. Расчёт вклада источников в APCS-MLR показал, что на промышленные и сельские сточные воды в среднем приходится 35,68 и 25,08% загрязнения соответственно, за ними следуют городские сточные воды (18,73%) и загрязнение фитопланктоном (15,13%), при этом доля неустановленных источников относительно невелика. Сделан вывод о том, что социально-экономические параметры, дополняющие гидрохимические в многомерной статистике, могут повысить точность и достоверность определения источника загрязнения, помогая лицам, принимающим решения, разрабатывать стратегии по защите качества речной воды. О. Kapoun et al. [13] представили обзор электрохимических датчиков, модифицированных нанокompозитами, для определения содержания в воде нитритов, нитратов, пестицидов, фосфатов, жёсткости воды, дезинфицирующих средств и некоторых новых поллютантов (фенол, эстроген, галловая кислота и т.д.). Авторы утверждают, что за последние 5 лет большая часть рассмотренных датчиков показала свою пригодность для реального применения с точки зрения чувствительности и результатов тестов на помехи. Сочетание данного вида датчиков с новыми наноматериалами позволяет эффективно обнаруживать несколько неизвестных и не поддающихся количественному определению ЗВ. Однако электрохимические датчики, как правило, не обладают высокой специфичностью из-за того, что некоторые соединения, подвергающиеся электрохимической трансформации в пределах аналитического потенциала, могут мешать определению исследуемого аналита. В то же время это может быть преимуществом при обнаружении нескольких ионов/молекул. Однако отмечается, что электрохимические датчики в основном тестируются в контролируемой лабораторной среде и только немногие из доступных в настоящее время датчиков используются для измерений на месте или в полевых условиях. Аналогичная ситуация, по словам авторов, наблюдается с датчиками на основе наноматериалов, которые нечасто тестируются в естественной среде, например, в морской воде. Поэтому исследователи выделяют несколько перспективных направлений и нерешённых задач в этой области, таких как недостаток электрохимических

датчиков для применения в полевых условиях, стабильность в реальном времени и возможность повторного использования, масштабное и недорогое производство. I. Yaroshenko et al. [14] представили критическую оценку последних достижений в области мониторинга качества воды в режиме реального времени. Так, они описывают применение мобильных станций химического анализа, систем мониторинга качества воды, биосенсоров и оптических датчиков, биомиметических систем, функциональных датчиков электромагнитных волн и дают характеристику новым тенденциям в мониторинге качества воды. По заключению авторов, по-прежнему существует множество препятствий на пути к созданию универсального подхода к мониторингу, который подходил бы для различных ситуаций. Отмечается, что наиболее успешны системы, основанные на химическом анализе или его комбинации с другими методами. Полимеры с молекулярными отпечатками обеспечивают повышенную гибкость при разработке таких систем. Т.Б. Фашевская и соавт. [15] описывают применение полураспределённой физико-математической модели ECOMAG-НМ, представленной гидрологическим и гидрохимическим блоками, для моделирования генетической структуры водного и химического стока Cu, Zn и Mn в крупном речном бассейне Нижнекамского водохранилища.

В аналитическом обзоре А.С. Калюжина и соавт. [16] приводится пример применения геоинформационной системы (ГИС) как инструмента санитарно-гигиенического контроля водных ресурсов в формате ФИФ СГМ в структурном подразделении социально-гигиенического мониторинга Роспотребнадзора Российской Федерации⁸. Авторы отмечают, что в настоящий момент в некоторых ведомствах нет стандартизованных требований к геоинформационным программам и при применении разных программ возрастает время на обработку полученных данных, поэтому создание единой ГИС в Российской Федерации невозможно до тех пор, пока не будут приняты единые нормативные документы, которые унифицировали бы преимуществом этой системы различными ведомствами. В статье также приведены сведения о том, что в ФБУН «Ростовский НИИ микробиологии и паразитологии» Роспотребнадзора в рамках научно-исследовательской работы создан алгоритм принятия решения на основе ГИС для недопущения распространения водобуловленных инфекций, который станет основой программы для ЭВМ по оценке микробного риска здоровью населения, ассоциированного с водным фактором.

⁸ Федеральный информационный фонд СГМ. Система наблюдения, анализа и оценки состояния здоровья населения и среды обитания человека. Режим доступа: https://fcgje.ru/fif_sgm.html. Дата обращения: 26.08.2025.

ДИФFUЗНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЕГО МОНИТОРИНГА. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ВЕДЕНИЮ МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Вопросы диффузного загрязнения водных объектов, в прошлом остающиеся без внимания, в настоящее время являются весьма актуальными для экологии и требуют мониторинга [17–22]. С.А. Манжина, Ю.Е. Домашенко [17] указывают на практический мировой опыт при мониторинге диффузионных загрязнений, который заключается в выделении загрязнений от организованных и неорганизованных источников в два этапа: выявлении масштабов диффузионного загрязнения с последующим количественным определением с идентификацией источников поступления ЗВ и условий, их вызывающих. Для организации возможности прогноза последствий поверхностного стока и моделирования условий организации и планов использования обследуемых территорий отмечается необходимость формирования базы коэффициентов стока для территорий с различными характеристиками. Авторы отмечают, что до настоящего момента (2020 г.) уровень диффузного загрязнения водных объектов в Российской Федерации определяли массовым методом, но в последнее время стал актуальным контроль отдельных неорганизованных источников загрязнений. А.В. Слабунова и соавт. [18], проанализировав систему государственного экологического мониторинга и государственного мониторинга водных объектов, обнаружили проблемы, которые не позволяют при его проведении достоверно оценивать диффузное загрязнение водных объектов. Авторы пришли к выводу, что действующая система мониторинга направлена в основном на контроль качества воды на промышленно-урбанизированных территориях, которым присущи точечные виды источников загрязнений с относительно устойчивой пространственно-временной интенсивностью. Решение обнаруженных проблем исследователи видят в организации и проведении специальных работ в характерные гидрологические сезоны — половодье и паводки, в особенности в их ветви подъёма, в рамках государственного мониторинга водных объектов. С.В. Ясинский и соавт. [20] отмечают, что наиболее остро проблема диффузного загрязнения большим спектром ЗВ стоит в городах. Отмечается, что данный вид загрязнения водных объектов не регистрируется и не регулируется государственными водохозяйственными или природоохранными ведомствами, что, по мнению авторов, связано с неопределённостью «потребителя» диффузного стока, сложностью его мониторинга, недостаточным пониманием его важной роли в загрязнении водных объектов. В исследовании представлен обзор отечественных и зарубежных моделей, применяемых для расчёта выноса ЗВ в водные объекты

с использованием ГИС-технологий и баз данных. В труде Н.В. Кирпичниковой [21], посвящённом проблемам организации мониторинга неконтролируемых источников загрязнения на водосборах водных объектов, говорится о необходимости для идентификации таких источников загрязнения специального мониторинга для каждого фрагмента водосбора. Автором разработан специальный мониторинг для фрагментов водосбора Ивановского водохранилища (территории городов, промышленных площадок, сельскохозяйственных территорий), состоящий из нескольких этапов, проводимых в определённые периоды времени года с определённой кратностью и продолжительностью отбора проб воды, оценкой общего объёма водного стока и массовых значений ЗВ, определением модулей поверхностного смыва с единицы площади. Отмечается, что дальнейшее сопоставление с массой загрязнений, поступающих от контролируемых источников, может быть основой для разработки бассейновых водоохраных мероприятий. Н.А. Сидорова и В.М. Калинин [22] разработали методические подходы к организации мониторинга диффузного загрязнения водных объектов на территории нефтепромыслов. По мнению авторов, к оценке загрязнения поверхностных вод необходимо применять ландшафтно-гидрологический подход, выделять на водосборе стокотворящие комплексы с размещением на них стокотворных площадок, причём последние нужно организовывать также в месте аварий или при обнаружении нефтезагрязнённых земель. Отмечается необходимость размещать проектируемые стокотворные площадки как на контрольном водосборе, так и на фоновом, выбирая в качестве фонового водосбор без следов антропогенной деятельности.

Ю.А. Прохоров и соавт. [23] предложили принципы ведения регионального мониторинга поверхностных водных объектов, основанные на объединении требований государственного мониторинга в рамках полномочий субъекта Российской Федерации с потребностями региона в информации об антропогенном загрязнении. Данный подход, по мнению авторов, позволит вместе с оценкой общего состояния водоёмов выделить антропогенную составляющую загрязнений. Разработанная авторами двухуровневая система оценки качества воды включила оценку общего загрязнения по 15 обязательным показателям и оценку антропогенной составляющей по шести наиболее значимым региональным показателям. К.Ю. Кузнецова [24] в своей работе, посвящённой оптимизации методов государственного мониторинга водных объектов по паразитологическим показателям, отмечает недочёты в формировании статистического учёта паразитологических показателей безопасности вод водоисточников в системах СГМ и гидробиологического мониторингов.

И.В. Тимошук и соавт. [25] представили исследования, направленные на выбор контролируемых гидрохимических параметров, и разработанную программу поэтапного мониторинга состояния водных объектов, подверженных техногенному воздействию вследствие угледобычи.

Предложенная программа мониторинга представила собой 2 этапа: 1-й — мониторинг состояния поверхностных и сточных вод в период эксплуатации объекта; 2-й — мониторинг после прекращения эксплуатации объекта.

МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Мониторинг экологического состояния водных объектов, обнаружение источников их загрязнений осуществляются также с использованием данных со спутников дистанционного зондирования Земли из космоса [26–28]. По данным С.С. Тимофеевой [26], он включает в себя предварительную обработку космических снимков и их автоматизированное дешифрирование. Анализ гиперспектральных и мультиспектральных снимков позволяет хорошо определять и численно измерять объёмы механических взвесей и биогенных элементов. На серии данного вида снимков путём изучения изменений их спектральных характеристик возможно определить наличие и стадию процесса эвтрофирования водоёма. Е.Г. Мещанинова и Н.О. Ахромеева [27] считают данный метод одним из эффективных методов мониторинга водных объектов, преимуществами которого — актуальность получаемых на момент съёмки данных, детальность, большая точность обработки, возможность одновременно охватить большую площадь акватории водного объекта, непрерывность информационного содержания снимка для каждой точки изображения, высокая периодичность регистрации состояния воды и прибрежных территорий. Главным ограничением использования снимков для мониторинга водных объектов, по мнению авторов, может стать их низкое разрешение из-за невозможности отслеживания в таком случае незначительных по масштабам изменений состояния водоёмов. Авторы обработали и проанализировали космические снимки Цимлянского водохранилища Ростовской области, выявили участки водохранилища в районе Волгодонска с высокой антропогенной нагрузкой, совпавшие с расположением стоков ливневой канализации, провели картирование загрязнителей с расчётом экологического риска последующего загрязнения. Было установлено, что приоритетными ЗВ исследованного водохранилища являются сульфаты и марганец. По данным Д.В. Кочева и соавт. [28], получение и совместный пространственный анализ данных нескольких систем дистанционного зондирования Земли позволяет выполнять космические снимки территории с небольшими временными интервалами, благодаря чему за счёт анализа спутниковых данных можно предварительно сообщать о приближающемся пятне загрязнений и исследовать возможные источники загрязнения на территории сопредельного государства, обычно недоступные для анализа. Государственной корпорацией по космической деятельности

«Роскосмос»⁹ разработана программа для ЭВМ, предназначенная для информационного обеспечения мониторинга состояния природных ресурсов, а именно обеспечения на основе данных дистанционного зондирования Земли мониторинга водных объектов (состояние водоохранных зон, загрязнение акваторий водных объектов, изменение гидрологического режима), экологического мониторинга лесов и мониторинга состояния земель.

МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

В научном труде Г.Ю. Толкачев и соавт. [29] представлены результаты исследования водных объектов Верхней Волги (оз. Селигер, участок Верхней Волги, Ивановское и Угличское водохранилища) на содержание тяжёлых металлов (Cr, Co, Ni, Zn, Cd, Pb, As, Fe и Mn) в донных отложениях (ДО), являющихся индикатором уровня техногенного воздействия на водные объекты. Для определения концентраций тяжёлых металлов применялся метод ICP, Cd — метод атомной адсорбции после разложения пробы в «царской водке». Метод А. Тессье использовался при изучении распределения элементов по формам их нахождения в ДО. В результате исследования установлено, что наибольшим загрязнителем ДО оз. Селигер являлся хром, другие изученные тяжёлые металлы в озере не являлись опасными. Загрязнение тяжёлыми металлами ДО Верхней Волги превышало фон незначительно. В Ивановском водохранилище отмечались наибольшие уровни загрязнения ДО Cd и Pb, которые не превышали «умеренно загрязнённый» уровень, о серьёзной опасности вторичного загрязнения данными элементами говорить не приходилось. Во всех точках отбора проб ДО Угличского водохранилища регистрировалось превышение концентраций Cd и Zn над фоновыми уровнями. Согласно данным Т.О. Барабашина и соавт. [30], проведено определение ЗВ высокоинформативными аналитическими методами (высокоэффективной жидкостной и газовой хроматографией, тонкослойной хроматографией, хромато-масс-спектрометрией, спектроскопией и спектрометрией в различных диапазонах) и установлено по критериям экологической опасности, что приоритетными ЗВ Азово-Черноморского бассейна являются тяжёлые металлы, мышьяк, ПАУ, нефтепродукты, пестициды и полихлорированные бифенилы, СПАВ и фенолы. К.Р. Багманов и Д.Е. Шамаев [31] из Эколого-технологического лицея № 79 Казани представили разработанные алгоритмы определения типа ДО и расчёта коэффициентов их

⁹ Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018617441 Российская Федерация. Информационное обеспечение мониторинга экологического состояния компонентов окружающей среды. Российская Федерация, от имени которой выступает Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос». Заявл. 11.05.2018; опубл. 25.06.2018. Бюл. № 7. EDN: LENXLI

загрязнённости нефтепродуктами, внедрённые в базовую версию Auto_KZ (Максимова Н., 2023), которые также возможно интегрировать в программное обеспечение органов государственного экологического мониторинга на региональном уровне. Разработка авторов дала возможность получить показатели загрязнённости разных типов ДО кислоторастворимыми и подвижными формами тяжёлых металлов и нефтепродуктами. Г.Н. Немтин и соавт. [32] для целей мониторинга загрязнения ДО водных объектов Пермского края исследовали 13 рек, наиболее подверженных негативному антропогенному воздействию, установив места отбора проб ДО наиболее близко к пунктам наблюдений за качеством поверхностных вод Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. С помощью пробоотборника Эдельмана отобрано 69 проб на спаде половодья, в летнюю межень и перед ледоставом. Данные по степени загрязнения ДО оформили в виде картографического слоя (ГИС-слоя) «Загрязнение донных отложений» с возможностью дополнения и редактирования, топоосновой которого стала цифровая карта Пермского края. Координаты точек отбора определяли при полевом обследовании GPS-навигатором в системе WGS84. На основании данных, полученных при химическом анализе, исследованные водные объекты были условно разделены на категории «высоко загрязнённые», «среднезагрязнённые», «умеренно загрязнённые», «низко загрязнённые».

ГИДРОБИОНТЫ В МОНИТОРИНГЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Ряд исследователей санитарное и экологическое состояние водных объектов оценивают по качеству и безопасности гидробионтов [33, 34].

Н.А. Головиной и соавт. [35] проведён отлов рыбы в осенне-летний период с 2013 по 2017 гг. из водоёмов Центрального федерального округа Российской Федерации. Установлено, что рыба Тверской, Тамбовской, Липецкой, Белгородской, Брянской областей является условно годной для приёма в пищу — в её мышцах обнаружены метацеркарии трематод, способные быть потенциально опасными для теплокровных животных и человека. Кроме того, в мышцах карася из реки Цна превышена допустимая остаточная концентрация по кадмию почти в 4 раза, у судака в Белгородском водохранилище — в 2,5 раза. Экологический мониторинг органического загрязнения водных объектов осуществляется также по автотрофному бентосу [36]. В работе А.Н. Грекова и соавт. [37] описаны результаты по разработке и исследованию системы биологического мониторинга водных объектов с использованием алгоритмов машинного обучения и биосенсоров на основе мидий «Экобиоконтроль». Главными достоинствами данной системы, по мнению авторов, являются высокая степень автоматизации процесса мониторинга

и возможность создания крупных сетей автоматизированного контроля водных сред.

МОНИТОРИНГ СОСТАВА СТОЧНЫХ ВОД

Немалое количество работ посвящено оценке состава сточных вод [38–42]. Е. Legin et al. [38] описали практическое применение потенциометрических мультисенсорных систем для комплексной оценки безопасности различных природных вод России и Индии и для оценки интегральных и дискретных параметров сточных вод на двух водоочистных станциях в окрестностях Санкт-Петербурга. Установлена корреляция высокой степени показателей, полученных с помощью мультисенсорного анализа, с показателями химического потребления кислорода, определёнными стандартными методами. Комплекс интегральных и дискретных характеристик рассчитывался с одним и тем же набором измерений, что подтверждало возможность одновременно получать данные по нескольким параметрам без дополнительных лабораторных исследований, материалов и прочего. Авторы отмечают также, что все анализы с использованием мультисенсорных систем, представленные в статье, могут быть полностью автоматизированы и проводиться в беспилотном и дистанционном режиме. А.В. Эпиташили и С.И. Фонова [39] определяли качество очистки сточных вод станций очистки Воронежа и Липецка в 2010–2017 гг. путём отбора проб очищенных сточных вод в ёмкости с последующим их химическим и микробиологическим анализом в лаборатории. Было установлено, что очищенные сточные воды правобережной станции Воронежа имели превышение ПДК по азоту аммонийному, нитритам, меди, цинку, железу, нефтепродуктам, фосфатам, сточные воды левобережной станции очистки — по азоту аммонийному, нитритам, СПАВ, меди, цинку, железу, нефтепродуктам, фосфатам, очищенные сточные воды Липецкой станции очистки — по азоту аммонийному, нитритам, меди, цинку, железу, фосфатам. А.Е. Айнюлова и соавт. [40] изучили распределение сети автозаправочных станций ООО «Лукойл-Югнефтепродукт» в Краснодаре, проанализировали содержание ЗВ в сточных водах, почве и атмосферном воздухе в пределах территории этих станций и установили, что в почве и атмосферном воздухе их содержание не превышает допустимых значений, а в сточных водах после очистки — выше установленных норм, что ограничивает их использование. А.М. Заколюкина [41] привела результаты мониторинга показателей качества стока в реку Кубань с 2018 г. по 2022 г., расположенного в районе Тургеневского моста Краснодара. Так, сравнение с ПДК показало превышение по аммоний-иону (2–3,5 ПДК), азоту нитритному (2,5–4 ПДК), ХПК (3,8–5,3 ПДК), БПК₅ (45–100 ПДК), нефтепродуктам (3–8,4 ПДК), железу общему (4,5–22 ПДК), фосфатам (3,8–7,2 ПДК), ОКБ (6–1,4×10⁴ ПДК), ТКБ (19–10⁵ ПДК) и с каждым годом превышение по отношению к ПДК возрастает. Т.И. Прожорина и соавт. [42] представили

результаты оценки воздействия сточных вод левобережных городских очистных сооружений на качество вод Воронежского водохранилища по данным мониторинга химического состава воды за 2017–2018 гг. Авторы сравнивали фоновые показатели (на 500 м выше источника загрязнения) с показателями качества воды в пробах, взятых в месте сброса и на 1000 м ниже источников загрязнения. Наблюдающееся возрастание концентраций ЗВ в исследуемых пробах воды, по заключению авторов, указывало на возрастающую антропогенную нагрузку и ухудшение качества вод данного водохранилища под воздействием сбросов левобережных городских очистных сооружений.

Сточные воды существенно отличаются количественно и качественно по химическому составу в зависимости от хозяйственно-бытовой и производственной деятельности человека. В их составе могут присутствовать более 1000 наименований химических соединений. С учётом того, что объём исследований и количество показателей регламентированы и отличаются высокой стоимостью, только физико-химическими методами дать достоверную картину степени эколого-гигиенического загрязнения проблематично. В этих условиях простым и эффективным методом оценки загрязнения сточных вод является метод биотестирования, позволяющий не только контролировать ЗВ, но и одновременно оценивать степень их токсичности [43–45].

Кроме того, в настоящее время исследователи предлагают программы для ЭВМ, позволяющие проводить оценку индекса токсичности экспресс-методом с помощью прибора «Биотестер»¹⁰.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возрастающая антропогенная нагрузка на водные объекты, сохраняющаяся проблема загрязнения диффузными стоками (без надлежащего контроля) диктуют необходимость своевременного и систематического мониторинга их эколого-гигиенического состояния. Несмотря на наличие достаточного количества исследований, указывающих на преимущество автоматизированной системы мониторинга, пусть и весьма дорогостоящей, но позволяющей в режиме реального времени контролировать водные объекты, в системе государственного мониторинга для оценки качества воды применяются традиционные методы исследования, отличающиеся сложностью, затратами на обслуживание дорогостоящего лабораторного оборудования, использованием химических реактивов, требующие большего времени на проведение исследования и неэффективные для мониторинга

на месте и в режиме реального времени. В этих условиях создание единой системы автоматизированного мониторинга эколого-гигиенического состояния водных сред, качества очистки сточных вод позволит вывести на новый качественный уровень охрану водных объектов. Для обеспечения единого комплексного подхода, позволяющего выявлять в режиме реального времени места, источники и степень загрязнения водных объектов с картированием их эколого-гигиенического состояния, необходимо принятие решений на законодательном уровне.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. О.В. Киёк — сбор и анализ литературных данных, подготовка, написание и редактирование текста рукописи; А.Н. Редько — сбор и анализ литературных данных, подготовка, написание и редактирование текста рукописи; Э.Ю. Енина — сбор и анализ литературных данных, подготовка, написание и редактирование текста рукописи; А.С. Круподер — сбор и анализ литературных данных, подготовка, написание и редактирование текста рукописи; А.П. Богдан — сбор и анализ литературных данных, подготовка, 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.

Источники финансирования. Публикация подготовлена в рамках реализации проекта программы «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: O.V. Kiyok: collection and analysis of literary data, preparation, writing and editing of the manuscript text; A.N. Redko: collection and analysis of literary data, preparation, writing and editing of the manuscript text; E.Yu. Enina: collection and analysis of literary data, preparation, writing and editing of the manuscript text; A.S. Krupoder: collection and analysis of literary data, preparation, writing and editing of the manuscript text; A.P. Bogdan: collection and analysis of literary data, preparation, writing and editing of the manuscript text. All authors approved the manuscript (the version for publication), and also agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring proper consideration and resolution of questions related to the accuracy and integrity of any part of it.

Funding sources: The publication was prepared as part of the implementation of the draft 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.

¹⁰ Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022682413 Российская Федерация. Программа для расчета индекса токсичности проб, полученных в результате анализа экспресс-методом с применением прибора серии «БИОТЕСТЕР». Семенова М.И., Веженкова И.В., Ковалевская А.С., и др. Заявл. 03.11.2022; опубл. 22.11.2022. Бюл. № 12. EDN: ZIJFMC

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

- Panarin VM, Maslova AA, Ryleeva EM, Savinkova SA. Autonomous system of surface water bodies monitoring for real time. *Ecology and Industry of Russia*. 2022;26(4):50–55. doi: 10.18412/1816-0395-2022-3-50-55 EDN: ITCNDU
- Patent RUS № 2818532 C1/ 02.05.24. Bull. № 13. Panarin VM, Ryleeva EM, Sergeeva EV, Magradze MD. *Automated system for monitoring water pollution with effluents of industrial enterprises*. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67269456>. EDN: PIMYHG
- Patent RUS № 2521246 C1/ 27.06.14. Bull. № 18. Avandeeva OP, Barenbojm GM, Borisov VM, et al. *Submersible complex of environmental monitoring of water bodies*. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37449221>. EDN: ZFPQBF
- Patent RUS № 2499248 C1/ 20.11.2013 Bull. № 32. Abramov OI, Barenbojm GM, Borisov VM, et al. *Complex of environmental monitoring of water facilities*. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37519578>. EDN: VUHWVC
- Shiryayeva MA, Naumenko NO, Karpenko NP. Innovative hydrological monitoring technologies for water bodies quality prognosing. *Occupational Health and Human Ecology*. 2024;(2):175–190. doi: 10.24412/2411-3794-2024-10212 EDN: PIBWBY
- Schastlivtsev EL, Yukina NI, Bykov AA. Analysis and assessment of water quality in the mining region using information technology. *Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)*. 2017;(S23):580–587. doi: 10.25018/0236-1493-2017-10-23-580-587 EDN: ZWSTQT
- Markina TA, Bobyrev SV, Tikhomirova EI, Nikolayeva EA. Improving the system of ecological monitoring of springs in natural park «Kumysnaya Polyana» in Saratov city on the basis of geoinformation modeling. *Izvestiya of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2016;18(2-3):766–770. EDN: XU XRQF
- Mkrtychyan FA, Soldatov VYu, Mkrtychyan MA. Expert system for automating hydrophysical studies for the purpose of adaptive identification of water environment parameters in the optical range. *Problems of Environment and Natural Resources*. 2024;(6):129–144. doi: 10.36535/0235-5019-2024-06-4 EDN: NTXDFH
- Bergua JF, Hu L, Fuentes-Chust C, et al. Lateral flow device for water fecal pollution assessment: from troubleshooting of its microfluidics using bioluminescence to colorimetric monitoring of generic *Escherichia coli*. *Lab Chip*. 2021;21(12):2417–2426. doi: 10.1039/d1lc00090j
- Willis JR, Sivaganesan M, Haugland RA, et al. Performance of NIST SRM® 2917 with 13 recreational water quality monitoring qPCR assays. *Water Res*. 2022;212:118114. doi: 10.1016/j.watres.2022.118114
- Zainurin SN, Wan Ismail WZ, Mahamud SNI, et al. Advancements in monitoring water quality based on various sensing methods: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(21):14080. doi: 10.3390/ijerph192114080
- Zhang H, Li H, Gao D, Yu H. Source identification of surface water pollution using multivariate statistics combined with physicochemical and socioeconomic parameters. *Sci Total Environ*. 2022;806(Pt 3):151274. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.151274
- Kanoun O, Lazarević-Pašti T, Pašti I, et al. A review of nanocomposite-modified electrochemical sensors for water quality monitoring. *Sensors (Basel)*. 2021;21(12):4131. doi: 10.3390/s21124131
- Yaroshenko I, Kirsanov D, Marjanovic M, et al. Real-time water quality monitoring with chemical sensors. *Sensors (Basel)*. 2020;20(12):3432. doi: 10.3390/s20123432
- Fashchevskaya TB, Motovilov YuG, Kortunova KV. Modeling the genetic components of the water and chemical runoff of heavy metals in the basin of the Nizhnekamskoe reservoir. *Vodnye resursy*. 2023;50(4):492–508. doi: 10.31857/S0321059623040077 EDN: QJHXQW
- Kalyuzhin AS, Latyshevskaya NI, Bayrakova AL, et al. Geographic information system as a tool of public health monitoring in Rospotrebnadzor and health care structures given the example of sanitary and hygienic surveillance of water resources: analytical review. *Public Health and Life Environment — PH&LE*. 2024;32(1):36–48. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-1-36-48 EDN: WIGZJG
- Manzhina SA, Domashenko YuYe. Russian and foreign practices of monitoring diffusion pollution entering water bodies. *Ecology and Water Management*. 2020;(3):1–20. doi: 10.31774/2658-7890-2020-3-1-20 EDN: NKUNHC
- Slabunova AV, Slabunov VV, Surovikina AP. The current state of the environmental monitoring system in the context of water bodies diffuse pollution assessment. *Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems*. 2020;(4):103–121. doi: 10.31774/2222-1816-2020-4-103-121 EDN: WOFZZH
- Polyanin VO. Conceptual approaches to monitoring diffuse pollution of water bodies. *Water Resources*. 2020;47(5):785–793. doi: 10.1134/S0097807820050152 EDN: BXZOK
- Yasinsky SV, Kashutina EA, Sidorova MV. The current state of the problem of assessing the characteristics of water bodies diffuse pollution in lowland watersheds. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2023;87(1):115–130. doi: 10.31857/S258755662301017X EDN: LVDCSQ
- Kirpichnikova NV. Problems of the organization of monitoring of uncontrolled sources of pollution in the catchments of water bodies. In: *Monitoring of the state and pollution of the environment. Main results and development paths*. Moscow: FGBU IGKE Rosgidrometa i RAN; 2017. P. 422–424. (In Russ.) EDN: ZNIVST
- Sidorova NA, Kalinin VM. Methodological approaches to the monitoring of diffuse pollution of water bodies in the oil fields (for example, deposits uvat group Tyumen region). *Regional Environmental Issues*. 2010;(6):135–140. EDN: NCSNAD
- Prokhorov YuA, Molodyk AD, Lykov IN, et al. Regional network and results of regional monitoring of surface water bodies of the Kaluga region. *Regional Environmental Issues*. 2021;(3):65–70. doi: 10.24412/1728-323X-2021-3-65-70 EDN: BBGPRD
- Kuznetsova KYu. Optimization of methods of state monitoring of water bodies for parasitological indices. *Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2017;96(5):437–442. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-5-437-442 EDN: YSQDET
- Timoshchuk IV, Gorelkina AK, Mikhaylova ES, Utrobina TA. Development of a program for step-by-step monitoring of the state of water bodies in resource-oriented regions and consideration of anthropogenic impact. *Ugol' (Russian Coal Journal)*. 2024;(S11):165–170. doi: 10.18796/0041-5790-2024-11S-165-170 EDN: SKAQCZ
- Timofeeva SS. Monitoring of the ecological state of water bodies and identification of sources of their pollution. In: *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. Moscow; 2018. P. 119. (In Russ.) EDN: YSSPAD
- Meshchaninova EG, Akhromeeva NO. The use of remote sensing materials in monitoring water pollution. In: *Basic principles of land management and cadastre development*. Novocherkassk; 2022. P. 109–112. (In Russ.) EDN: ZACVKG
- Kochev DV, Emikh NA, Kurganovich KA. Remote monitoring of surface water quality of water bodies as a factor in solving socio-economic problems of the Asia-Pacific region. In: *Scientific vector in the Asia-Pacific region: Proceedings of the international scientific and practical conference of young scientists*. Cheat; 2022. P. 35–39. (In Russ.) EDN: UAQLJP
- Tolkachev GYu, Korzhenevskiy BI, Kolomiitsev NV. Monitoring of sediment pollution for various water bodies in the upper Volga region.

- Geoekologiya. Inzheneraya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya.* 2023;(3):65–75. doi: 10.31857/S0869780923030116 EDN: WNKUCO
30. Barabashin TO, Korablina IV, Pavlenko LF, et al. Methodological support of pollution monitoring of the azov and black seas water bodies. *Aquatic Bioresources & Environment.* 2018;1(3-4):9–27. doi: 10.47921/2619-1024_2018_1_3-4_9 EDN: YSEVVZ
 31. Bagmanov KR, Shamaev DE. Digital solutions for monitoring pollution of bottom sediments of water bodies by heavy metals and petroleum products. In: *Proceedings of the XIX All-Russian Conference of Young Scientists, postgraduates and students with international participation "Food Technologies and Biotechnologies"*. Kazan; 2025. P. 1113–1125. EDN: FHPVOR
 32. Nemtin GN, Wertgeim AG, Kalinin AI. Organization and maintenance of pollution monitoring in bottom sediments of water bodies of Perm region. In: *Proceedings of the international scientific and practical conference "Geography and Region"*. Perm; 2015. P. 111–114. EDN: VJLDFP
 33. Minchenok EE, Pakhomova NA. Assessment of urban water ecosystems using hydrobiological indicator. *Theoretical and Applied Ecology.* 2016;(3):48–55. EDN: YGHJQR
 34. Korolevskaya VM, Bashirova MN, Epifanova AA, et al. Evaluation of the quality of water bodies biological and toxicological indicators. *Veles.* 2016;(6-1):53–57. EDN: WJXJUV
 35. Golovina NA, Romanova NN, Golovin PP, Zdrok AV. Monitoring of the quality and safety of water biological resources from water bodies of the Central Federal District of the Russian Federation. *Hygiene and Sanitation, Russian journal.* 2020;99(3):246–252. doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-3-246-252 EDN: DWCVUF
 36. Shkundina FB, Nikitina OA. Environmental monitoring of organic pollution of water bodies in the city of autotrophic benthos. In: *Collection of scientific papers based on the materials of the 6th All-Russian Scientific and Practical conference with international participation "Environmental problems of industrial cities"*. Saratov; 2013. P. 316–318. EDN: ZTCVAR
 37. Grekov AN, Vyshkvarkova EV, Ivakin YaA, et al. Biological early warning system for the aquatic environment control. *Ecological Systems and Devices.* 2024;(1):38–48. doi: 10.25791/esip.1.2024.1425 EDN: VMQPZI
 38. Legin E, Zadorozhnaya O, Khaydukova M, et al. Rapid evaluation of integral quality and safety of surface and waste waters by a multisensor system (electronic tongue). *Sensors (Basel).* 2019;19(9):2019. doi: 10.3390/s19092019
 39. Eptashvili AV, Fonova SI. The influence of wastewater on natural bodies of water. In: *Materials of the eleventh International Innovation Project "School of Ecological and Geological Perspectives"*. Voronezh; 2024. P. 166–171. EDN: GWMNTR
 40. Ainyulova AE, Bochko TF, Duvanakulov MA. Analysis of the impact of the gas station network of LLC Lukoil-Yugnefteprodukt on environmental components in the city of Krasnodar. In: *Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference "Actual problems of geoecology and Environmental Management"*. Krasnodar; 2024. P. 166–171. EDN: FHOEMY
 41. Zakolyukina AM. Monitoring of flow quality indicators of flow into the Kuban river. In: *Collection of materials of the VII International Scientific and Practical Conference of students, postgraduates and young scientists dedicated to the 110th anniversary of the birth of T.V. Alekseeva "Fundamental and applied research of young scientists"*. Omsk; 2023. P. 292–295. EDN: NNIOJC
 42. Prozhhorina TI, Nagih TV. Assessment of the impact of wastewater left-bank treatment facilities on the quality the waters of the Voronezh reservoir. *Housing and Utilities Infrastructure.* 2018;(3):65–70. EDN: RWTKCF
 43. Ignatenko A.V. Bioecological control of wastewater safety. In: *Materials of the reports of the V International Water Forum "Water Resources and Climate"*. Minsk; 2017. P. 151–154. EDN: YUJWJR
 44. Ignatenko AV. Method of sample preparation and sewage sludge wastes toxicity biotesting. *Proceedings of BSTU. Issue 2, Chemical Engineering, Biotechnology, Geoecology.* 2020;(1):102–107. EDN: NXSMPO
 45. Larin VE, Polyanskaya SA, Rechkalov VV, et al. Comparison of toxicity indices of water samples with excess standards for physico-chemical parameters. *Production Quality Control.* 2017;(3):50–54. EDN: YFZZNH

ОБ АВТОРАХ

* **Киёк Ольга Васильевна**, д-р мед. наук, доцент;
адрес: Россия, 350063, Краснодар, ул. им. Митрофана Седина, д. 4;
ORCID: 0000-0003-0900-6313;
eLibrary SPIN: 5634-9234;
e-mail: olga.kiek@mail.ru.

Редько Андрей Николаевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-3454-1599;
eLibrary SPIN: 5517-3692;
e-mail: redko2005@mail.ru

Енина Элла Юрьевна;
ORCID: 0000-0002-4466-7427;
eLibrary SPIN: 7899-3343;
e-mail: ella14081993@yandex.ru

Круподер Анна Сергеевна;
ORCID: 0000-0003-3470-8923;
eLibrary SPIN: 1425-6166;
e-mail: anya.krupoder@mail.ru

Богдан Александр Петрович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-1786-6906;
eLibrary SPIN: 2471-9592;
e-mail: BogdanAP@ksma.ru

AUTHORS' INFO

* **Olga V. Kiyok**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor;
address: 4 Mitrofan Sedin st, Krasnodar, Russia, 350063;
ORCID: 0000-0003-0900-6313;
eLibrary SPIN: 5634-9234;
e-mail: olga.kiek@mail.ru.

Andrey N. Redko, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0002-3454-1599;
eLibrary SPIN: 5517-3692;
e-mail: redko2005@mail.ru

Ella Yu. Enina;
ORCID: 0000-0002-4466-7427;
eLibrary SPIN: 7899-3343;
e-mail: ella14081993@yandex.ru

Anna S. Krupoder;
ORCID: 0000-0003-3470-8923;
eLibrary SPIN: 1425-6166;
e-mail: anya.krupoder@mail.ru

Alexander P. Bogdan, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-1786-6906;
eLibrary SPIN: 2471-9592;
e-mail: BogdanAP@ksma.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco690295>

EDN: RKZLGY

Оценка патогенности погодно-климатических условий Камчатского края

А.Р. Погорелов

Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Климат — важнейший фактор в формировании среды обитания и здоровья человека. С учётом значимости климата на макро- и мезоуровнях особую востребованность приобретает региональный уровень исследований погодно-климатических условий для медицинских целей. Выбор в этом направлении Камчатского края обусловлен недостатком представлений о региональных медико-климатических условиях и потребностью в охране здоровья населения.

Цель. Региональная оценка патогенности погодно-климатических условий Камчатского края.

Методы. Исследование основано на метеоданных за 2010–2024 гг. по метеостанциям, охватившим все климатические подобласти и административные районы субъекта. Оценка строилась на расчёте комплексного биоклиматического индекса (индекса патогенности погоды) с построением рядов динамики среднегодовых показателей и годового хода. Для оценки пространственного распределения индекса разработана серия карт. Дополнительно реализован корреляционный анализ между показателями индекса и общей заболеваемостью населения.

Результаты. Определено практически однородное варьирование среднегодовых показателей индекса по территориям Камчатки. Это отражает устойчивость погодно-климатических условий, сезонных и территориальных различий их патогенности. Нарастание патогенности происходит по основному направлению от юго-восточных, центральных к северным районам. В тёплый период большую выраженность имеют различия между континентальными и прибрежными территориями, когда в первых из них индекс достигает наилучших (оптимальных) значений в крае. В холодный период, особенно в январе, в регионе повсеместно наблюдается острая патогенность. Наибольшее число корреляционных связей установлено между показателями заболеваемости и индекса за холодный период года (сильная связь — болезни органов дыхания).

Заключение. Для Камчатского края впервые проведена оценка патогенности погодно-климатических условий. Выявлена её относительно стабильная пространственно-временная дифференциация. Выделены наиболее пригодные и непригодные территории для реализации мероприятий медицинской, санаторно-курортной, туристско-рекреационной деятельности. К числу первых отнесены центральные внутриматериковые территории, вторых — остров Беринга и юго-западное побережье Камчатки.

Ключевые слова: медицинская климатология; биоклимат; дискомфортность климата; индекс патогенности погоды; климатические факторы; здоровье населения; заболеваемость населения; Камчатка.

Как цитировать:

Погорелов А.Р. Оценка патогенности погодно-климатических условий Камчатского края // Экология человека. 2025. Т. 32, № 9. С. 628–639.

DOI: 10.17816/humeco690295 EDN: RKZLGY

Assessment of the Pathogenicity of Weather and Climatic Conditions in the Kamchatka Territory

Artur R. Pogorelov

Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Climate is one of the most important factors shaping human habitat and health. Given the significance of climate at the macro- and meso-levels, regional-level studies of weather and climatic conditions for medical purposes are particularly relevant. The choice of the Kamchatka Territory for this research is explained by the insufficient knowledge of regional medical and climatic conditions and the need to protect public health.

AIM: This study aimed to provide a regional assessment of the pathogenicity of weather and climatic conditions in the Kamchatka Territory.

METHODS: The study was based on meteorological data from 2010–2024 collected from meteorological stations covering all climatic subregions and administrative districts of the territory. The assessment was carried out using a composite bioclimatic index (weather pathogenicity index), with the construction of time series for mean annual values and annual cycles. To evaluate the spatial distribution of the index, a series of maps was developed. In addition, correlation analysis was performed between index values and overall population morbidity.

RESULTS: Almost homogeneous variation of mean annual index values was identified across the territories of Kamchatka. This reflects the stability of weather and climatic conditions, as well as seasonal and territorial differences in their pathogenicity. Increasing pathogenicity was observed along the main gradient from southeastern and central to northern areas. In the warm season, differences between continental and coastal areas were more pronounced, with the former showing the most favorable (optimal) values of the index across the territory. In the cold season, especially in January, acute pathogenicity was observed throughout the region. The greatest number of correlations was established between morbidity rates and index values during the cold season (with a strong association for respiratory diseases).

CONCLUSION: This study provides the first assessment of the pathogenicity of weather and climatic conditions in the Kamchatka Territory. A relatively stable spatiotemporal differentiation of pathogenicity was identified. The most suitable and unsuitable areas were determined for implementing medical, sanatorium–resort, and tourism–recreational activities. The most favorable areas were central inland territories, whereas the least suitable were Bering Island and the southwestern coast of Kamchatka.

Keywords: medical climatology; bioclimate; climate discomfort; weather pathogenicity index; climatic factors; public health; population morbidity; Kamchatka.

To cite this article:

Pogorelov AR. Assessment of the Pathogenicity of Weather and Climatic Conditions in the Kamchatka Territory. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(9):628–639. DOI: 10.17816/humeco690295 EDN: RKZLGY

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco690295>

EDN: RKZLGY

Kamchatka Territory气候条件致病性评估

Artur R. Pogorelov

Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

摘要

论证: 气候是人类生存环境与健康形成的关键因素。鉴于气候在宏观和中观层面的重要性，对天气 - 气候条件进行区域性医学研究具有特别的医学意义。选择Kamchatka Territory作为研究对象，是由于对该地区医学 - 气候条件的认识不足，以及保障居民健康的需求。

目的: 区域性评估Kamchatka Territory天气 - 气候条件的致病性。

方法: 研究基于2010 - 2024年间气象台站数据，覆盖该地区所有气候亚区和行政区。通过计算综合生物气候指数（天气致病性指数），建立年均值动态序列和年度变化曲线。为评估指数的空间分布，绘制了一系列地图。此外，还进行了指数指标与居民总发病率之间的相关性分析。

结果: 研究表明，Kamchatka Territory各地年均指数值的变化几乎一致。这反映了天气 - 气候条件的稳定性，以及其致病性在季节和地域上的差异。致病性总体呈现由东南部和中部向北部递增的趋势。在暖季，大陆性地区与沿海地区的差异更为明显，其中大陆性地区的指数达到全区最优（最佳）水平。在寒季，尤其是1月，全区普遍表现为急性致病性。相关性分析显示，发病率与寒季指数之间建立了最多的相关联系（其中呼吸系统疾病的相关性最强）。

结论: 本研究首次对Kamchatka Territory天气 - 气候条件的致病性进行了评估。结果揭示了其相对稳定的时空分化格局。划分出了最适宜与最不适宜开展医疗、疗养、旅游与康养活动的区域。前者为中部大陆性地区，后者包括白令岛和Kamchatka Territory西南沿海地区。

关键词: 医学气候学；生物气候；气候不适宜性；天气致病性指数；气候因素；居民健康；居民发病率；Kamchatka。

引用本文:

Pogorelov AR. Kamchatka Territory气候条件致病性评估. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(9):628-639. DOI: 10.17816/humeco690295
EDN: RKZLGY

收到: 11.09.2025

接受: 19.09.2025

发布日期: 27.09.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Климатический фактор занимает важное место в формировании окружающей среды обитания и условий жизни человека. Климат на макро- и мезоуровнях рассматривается как общий энергетический фон формирования здоровья и предпосылка проявления патологических состояний среди населения [1, 2]. Именно поэтому в научно-практическом отношении особую актуальность и востребованность составляют оценочные исследования погодно-климатических условий для медицинских и медико-географических целей, реализованные на региональном уровне [3–5]. Результаты подобных исследований раскрывают региональные особенности потенциальной значимости погодно-климатических условий для населения, его здоровья и реализации различных видов жизнедеятельности. Важным аспектом также является получение информации о внутрирегиональных (территориальных) различиях, актуальной для проведения исследований более локального характера, регионального стратегирования и реализации мероприятий по адаптации к климатическим (биоклиматическим) рискам. Такие действия особенно важны в крупных северных регионах с дифференцированными и часто дискомфортными климатическими условиями [6, 7], к числу которых относится Камчатский край.

Камчатский край — один из наиболее отдалённых восточных регионов страны, территория которого полностью относится к районам Крайнего Севера и характеризуется весьма сложными условиями природно-климатической среды. Неоднократно указывалось, что климат оказывает сильное влияние на формирование здоровья населения Камчатки [8–10]. В условиях данного региона в связи с климатическими факторами выявлены риски распространения болезней органов дыхания [11] и более высокой заболеваемости внебольничными пневмониями в различные месяцы года [12]. Также на основе медико-социологических оценок местными жителями отмечается достаточно сильная зависимость между собственным здоровьем и погодно-климатическими условиями проживания [13]. Сказанное подтверждает необходимость и актуальность изучения проблемы погодно-климатических условий Камчатского края относительно здоровья населения на основании данных специальных биоклиматических (медико-климатических) индексов. В этом направлении для интересующего региона выполнен ряд работ локального характера, ограничивающихся только пределами краевой столицы — Петропавловска-Камчатского [14–18]. Лишь отдельные макрорегиональные исследования позволили осветить некоторые показатели биоклимата Камчатского края на общем фоне Дальнего Востока [19–21], два из которых посвящены проблеме влияния климатических условий на респираторную систему человека. Именно поэтому медико-климатическое изучение Камчатского края на региональном уровне остаётся недостаточно разработанной и актуальной научной задачей.

К настоящему времени создано множество биоклиматических индексов, позволяющих проводить исследования для медицинских целей. Из них ограниченное число пригодно для реализации комплексных исследований различных свойств погодно-климатических условий какой-либо территории. К последним относится общий индекс патогенности погоды (ИПП) или метеорологической ситуации — эмпирический индекс, основанный на оценке нагрузки окружающей среды [22], который считается одним из лучших биоклиматических индексов для изучения теплового стресса [23] и информативным для комплексной оценки влияния погоды на здоровье [24]. Данный индекс, предложенный Г.Т. Латышевым и В.Г. Бокшей, позволяет оценить степень патогенного (раздражающего) действия комплекса погодно-климатических условий на человека, прежде всего определить риски отрицательной реакции для больных людей [25]. Общий ИПП пригоден для комплексных исследований биоклиматической комфортности территорий регионального уровня и выявления внутрирегиональных различий [26–28]. Направленность индекса на медицинский (клинический) аспект оценки погодно-климатических условий актуальна в контексте необходимости улучшения качества жизни и охраны здоровья населения Камчатского края, а также долгосрочных перспектив развития в регионе санаторно-курортного дела и лечебно-оздоровительного туризма¹.

Цель исследования. Региональная оценка патогенности погодно-климатических условий Камчатского края, основанная на данных общего ИПП за 2010–2024 гг.

МЕТОДЫ

Оценка патогенности погодно-климатических условий основывалась на суточных метеорологических данных по 12 основным (репрезентативным) метеостанциям Камчатского края (табл. 1), полученных на специализированных электронных ресурсах Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации — Мирового центра данных (meteo.ru) и справочного информационного портала «Погода и климат» (pogodaiklimat.ru). Отобранные метеоданные приводили к сопоставимому виду и сводили в тематическую базу данных, в которой производили дальнейшие расчёты. Временной охват данных составил многолетний период 2010–2024 гг., что соответствует фактическому современному климату. Представленные метеостанции характеризуются равномерной расположенностью по территории Камчатского края, охватывают все его климатические подобласти (согласно климатическому районированию

¹ Стратегия социально-экономического развития Камчатского края до 2035 г. Приложение № 1 к Постановлению Правительства Камчатского края № 541-П от 30 октября 2023 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://agvet.kamgov.ru/document/frontend-document/view-npa?id=35121> Дата обращения: 11.08.2025.

Таблица 1. Общая погодно-климатическая характеристика метеостанций Камчатского края**Table 1.** General weather and climate characteristics of meteorological stations in the Kamchatka Region

Метеостанция (индекс ВМО)	Населённый пункт (АР)	КР	h	Многолетние среднегодовые показатели погодно-климатических условий							
				t _m	t _{min}	t _{max}	RH	V	N	P	
Петропавловск-Камчатский (32583)	Петропавловск-Камчатский городской округ	В	32	+3,5	-16,9	+26,7	71,1	3,8	1007,6	5,0	
Сосновка (32547)	Сосновка (Елизовский район)	В	40	+2,1	-25,4	+29,0	77,4	1,6	1007,6	4,7	
Большереецк (32562)	Усть-Большереецк (Усть-Большереецкий район)	З	30	+1,4	-28,5	+24,2	84,7	3,7	1007,8	6,8	
Соболево (32477)	Соболево (Соболевский район)	З	25	+0,8	-33,2	+25,7	81,3	2,5	1008,1	5,3	
Мильково (32496)	Мильково (Мильковский район)	Ц	168	-0,9	-40,5	+29,3	73,7	1,5	1008,6	4,6	
Эссо (32363)	Эссо (Быстринский район)	СХ	481	-1,5	-33,6	+28,9	72,8	1,3	1009,3	6,0	
Усть-Камчатск (32408)	Усть-Камчатск (Усть-Камчатский район)	В	19	+0,8	-32,6	+25,5	81,1	4,1	1008,1	5,1	
Тигиль (32293)	Тигиль (Тигильский район)	З	16	-1,4	-37,2	+28,3	76,7	1,8	1008,2	4,3	
Оссора (32246)	Оссора (Карагинский район)	В	7	-0,9	-35,3	+26,1	78,1	3,2	1010,0	4,9	
Каменское (25745)	Каменское (Пенжинский район)	С	35	-4,8	-42,5	+28,2	74,1	3,5	1012,2	6,3	
Тилички (25950)	Тилички (Олюторский район)	В	89	-1,0	-27,0	+23,1	74,1	4,1	1009,5	4,7	
Остров Беринга (32618)	Никольское (Алеутский район)	В	16	+3,5	-12,2	+18,0	86,5	6,8	1007,2	7,9	

Примечание. ВМО — Всемирная метеорологическая организация; АР — административный район; КР — климатическое районирование (климатическая подобласть); В — Восточная Приморская; З — Западная; Ц — Центральнo-Камчатская межгорная депрессия; СХ — Срединный хребет; С — Северная; h — высота метеостанции над уровнем моря, м; t_m — среднегодовая температура, °С; t_{min} — температура абсолютного минимума, °С; t_{max} — температура абсолютного максимума, °С; RH — относительная влажность воздуха, %; V — скорость ветра, м/с; N — нижняя облачность, баллы; P — атмосферное давление, гПа.

по В.И. Кондратьеву [29]) и административные (муниципальные) районы. Это позволило комплексно описать общие и внутренние региональные особенности патогенности погодно-климатических условий.

Собственно оценка патогенности погодно-климатических условий Камчатского края строилась на расчёте комплексного биоклиматического индекса — общего ИПП или I [25], равного сумме частных индексов патогенности по основным метеорологическим факторам (параметрам) и основанного на общей формуле [30]:

$$I=0,02(18-t)^2+10^{(h-70/20)}+0,2v^2+0,06n^2+0,06(\Delta P)^2+0,3(\Delta t)^2,$$

где t — среднесуточная температура воздуха, °С; h — среднесуточная относительная влажность воздуха, %; v — среднесуточная скорость ветра, м/с; n — облачность (нижняя), баллы; ΔP — межсуточное изменение атмосферного давления, гПа; Δt — межсуточное изменение температуры воздуха, °С.

Интерпретация индекса зависит от его величины. Чем выше значение индекса, тем патогенность погоды хуже (сильнее). В работе принята следующая классификация индекса [31], которая позволила дать качественную характеристику и определить соответствующие условия (или тип) патогенности: 0,0–9,9 — оптимальные (комфортные); 10,0–16,0 — слабо раздражающие; 16,1–18,0 — умеренно раздражающие; 18,1–24,0 — сильно раздражающие;

более 24 — острые. Дополнительно к данной классификации введён тип экстремальной патогенности, определяемой как двойное умноженное от минимальной величины индекса острого типа — более 48. Это необходимо для установления чрезвычайно высоких (экстремальных) значений ИПП в условиях разнообразных погодно-климатических условий большого по площади территории и северного по положению Камчатского края.

Суточные данные стали основой для дальнейшего расчёта ИПП за каждый календарный месяц и в среднем за год. Многолетние месячные данные позволили построить для всех метеостанций (территорий) годовой ход ИПП. Для каждого сезона по средним календарным месяцам (зима — январь; весна — апрель; лето — июль; осень — октябрь) с помощью серии карт, подготовленных в геоинформационном программном пакете QGIS 3.34.8, получена пространственная визуализация распределения ИПП. Всё это в совокупности позволило описать общегодовые, сезонные и территориальные особенности патогенности погодно-климатических условий Камчатского края.

Дополнительно проведён статистический корреляционный анализ для установления корреляционных связей между показателями ИПП и общей заболеваемости населения (совокупно по всем классам и по отдельным — болезням органов дыхания, системы кровообращения). При их расчёте использовали коэффициент Спирмена

(доверительный интервал 0,95). Выбор классов болезней органов дыхания, системы кровообращения обусловлен климатической зависимостью ряда входящих в них нозоформ и установленными связями данных классов болезней с рядом биоклиматических индексов [2, 26, 32], а также их широким распространением, эпидемиологической и социальной значимостью для здоровья населения исследуемого региона [33]. Данные по заболеваемости населения за 2010–2024 гг. получены в Камчатском краевом медицинском информационно-аналитическом центре. Анализ необходим для общего выявления потенциальной значимости патогенности погоды в увеличении заболеваемости населения на региональном уровне и определения перспективности выбранного индекса для дальнейших исследований, связанных с оценкой влияния погодноклиматических условий на здоровье населения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Многолетняя общая динамика среднегодовых показателей ИПП различных территорий Камчатского края за 2010–2024 гг. (рис. 1) не претерпевала выраженных изменений. Большинство территорий из года в год, как правило, отличалось практически однородным варьированием среднегодовых показателей, отражая тем самым устойчивость сложившихся погодноклиматических условий и различий их патогенности. В то же время северные территории (Каменское, Тиличики, Оссора, Тигиль) отличились более высокими значениями среднегодовых показателей индекса в начале исследуемого периода, в дальнейшем показавшими снижение на 10,7–22,1% от максимума. Несмотря на это, северные территории продолжают характеризоваться высокими значениями среднегодового ИПП в сравнении с другими районами полуострова. В регионе наблюдается общая

территориальная закономерность, выраженная в увеличении среднегодовых показателей индекса от юго-восточных и центральных (внутриматериковых) к северным территориям. Относительно худшие в региональном контексте Камчатского края значения среднегодовых показателей ИПП характерны для северных (Каменское, Оссора, Тиличики), западных (Усть-Большерецк, Соболево) и некоторых восточных, в том числе островных (Усть-Камчатск, Никольское) территорий. Относительно лучшие — для юго-восточных прибрежных и внутриматериковых территорий (Петропавловск-Камчатский, Сосновка, Мильково, Эссо, Тигиль). Максимальные значения устойчиво с 2013 г. типичны для территории за пределами основной части региона — острова Беринга (Никольское). Минимальные значения актуальны для краевой столицы — Петропавловска-Камчатского.

Годовой ход ИПП показывает как общие особенности, так и различия исследуемого процесса в Камчатском крае (рис. 2). Общая особенность просматривается в правильном годовом ходе по причине закономерной смены сезонов — понижении и увеличении индекса в более тёплые и холодные периоды года соответственно. Различия связаны с неоднородностью величин и качественных характеристик индекса, отражающих различную степень патогенности погодноклиматических условий территорий. Данные различия более выражены для прибрежных и континентальных территорий (рис. 3), когда в первом случае наблюдаются относительно меньшие вариации значений, во втором — напротив, они более выражены и резки в разные сезоны. На прибрежных территориях патогенность погоды ни в одном месяце не достигает оптимального (комфортного) уровня. В тёплый период года здесь устанавливается слабо раздражающий тип патогенности с наибольшей длительностью в Петропавловске-Камчатском (с мая по сентябрь). В Оссоре

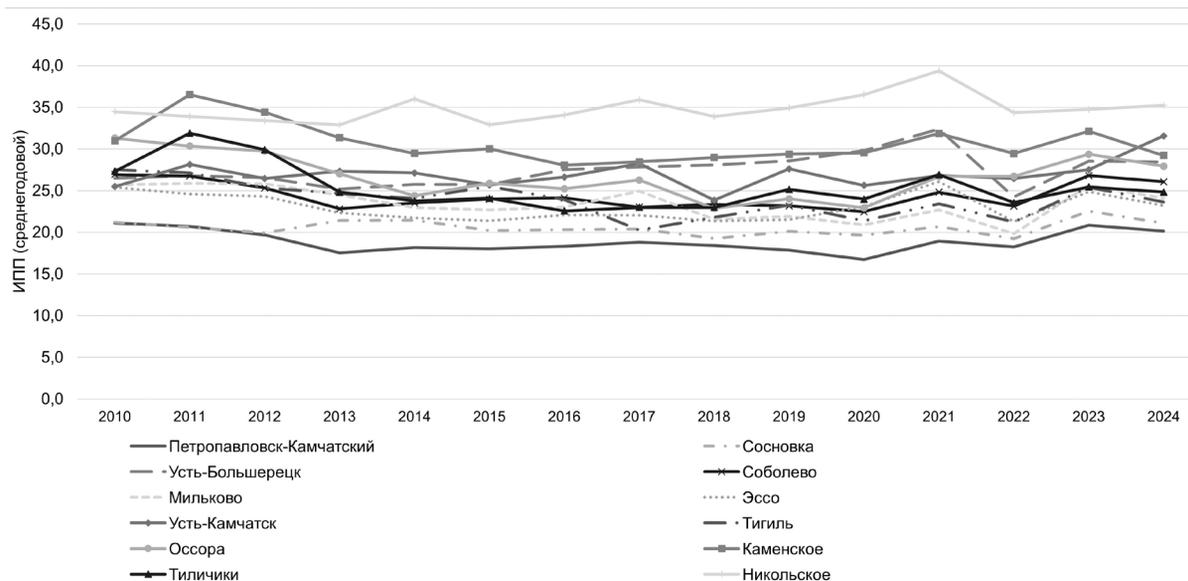


Рис. 1. Динамика среднегодового показателя индекса патогенности погоды (ИПП) в разрезе метеостанций Камчатского края в 2010–2024 гг.

Fig. 1. Temporal variation of the mean annual weather pathogenicity index (WPI) across meteorological stations of the Kamchatka Territory in 2010–2024.

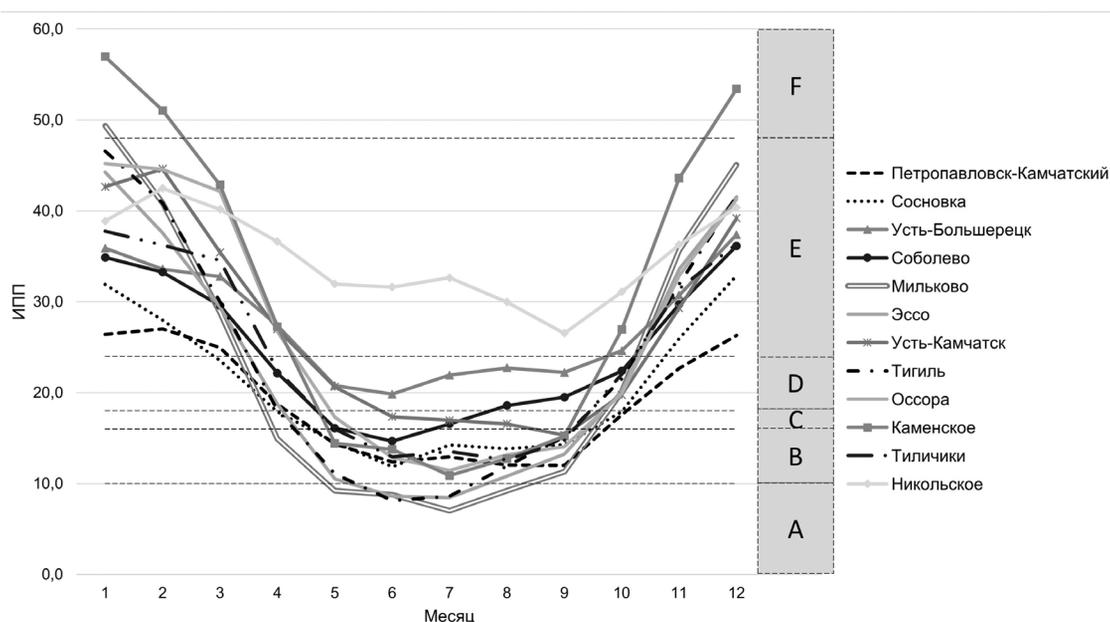


Рис. 2. Годовой ход индекса патогенности погоды (ИПП) в разрезе метеостанций Камчатского края в 2010–2024 гг. (тип патогенности: А — оптимальный; В — слабо раздражающий; С — умеренно раздражающий; D — сильно раздражающий; E — острый; F — экстремальный).
Fig. 2. Annual course of the weather pathogenicity index (WPI) across meteorological stations of the Kamchatka Territory in 2010–2024 (pathogenicity types: A, optimal; B, mildly irritating; C, moderately irritating; D, strongly irritating; E, acute; F, extreme).

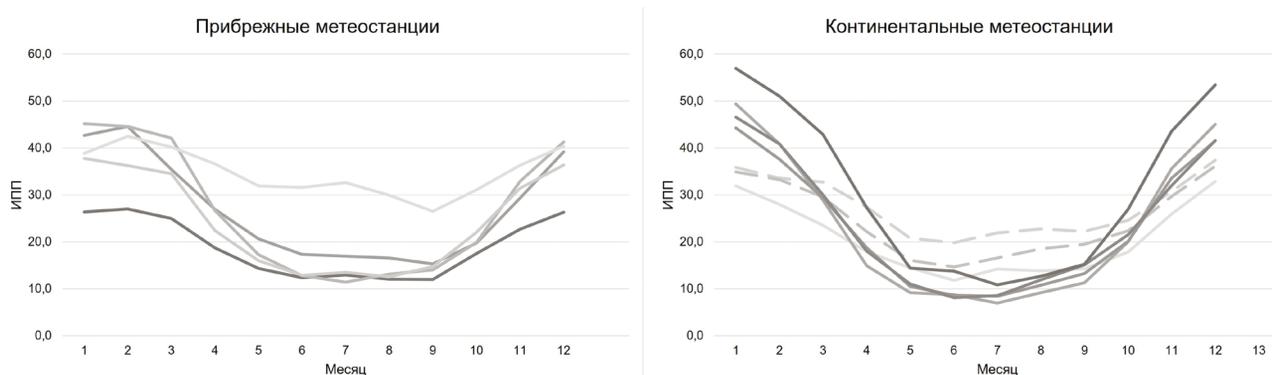


Рис. 3. Годовой ход индекса патогенности погоды (ИПП) в разрезе сгруппированных прибрежных и континентальных метеостанций Камчатского края в 2010–2024 гг.
Fig. 3. Annual course of the weather pathogenicity index (WPI) across grouped coastal and continental meteorological stations of the Kamchatka Territory in 2010–2024

и Тиличиках такая патогенность погоды устанавливается с июня по сентябрь, в Усть-Камчатске — только в сентябре (пограничное значение — август; остальные месяцы лета — умеренно раздражающая погода). В холодное время года — всю календарную зиму, март и ноябрь (последний кроме Петропавловска-Камчатского) в прибрежных районах устанавливается острая патогенность погоды, которая в отдельных случаях длится дольше (в апреле — Усть-Камчатск, Оссора). Для межсезонья, как правило, характерна сильно раздражающая погода, на отдельных территориях — умеренно раздражающая (Петропавловск-Камчатский — октябрь, Оссора — май). Особым исключением не только для прибрежных, но и остальных территорий Камчатского края является остров Беринга, где круглогодично на протяжении всех месяцев наблюдается только острая патогенность погоды.

Несмотря на то что она не достигает экстремальных значений, отсутствие оптимальных, слабо или умеренно раздражающих типов патогенности погоды позволяет охарактеризовать островную территорию наихудшими погодно-климатическими условиями для здоровья населения.

Континентальные территории Камчатского края отличаются более выраженным годовым ходом индекса и соответственно разнообразными типами патогенности погодно-климатических условий. Исключением являются Усть-Большерецк и Соболево (выделены пунктирными линиями на рис. 3) со схожим годовым ходом прибрежных территорий, что связано, несмотря на их фактическое континентальное (неприбрежное) положение, близостью к морю (10–12 км). Оптимальный (комфортный) тип погоды устанавливается в Мильково (наибольшая длительность в регионе — с мая по август), Эссо и Тигиле

(в обоих случаях — июнь–июль; пограничное значение в мае и августе в Эссо). На остальных территориях, кроме Усть-Большерецка, наилучшим возможным типом погоды за год является слабо раздражающая патогенность, продолжительно наблюдаемая в Сосновке и Каменском (с мая по сентябрь). В юго-западной части региона в Соболево такой тип погоды достигается только в июне, в Усть-Большерецке — не достигается вовсе, в тёплый период года здесь наблюдается сильно раздражающая патогенность. Для всех континентальных территорий в холодное время года характерна острая патогенность погоды (повсеместно — ноябрь–февраль), нередко продолжающаяся до марта (кроме Сосновки). Наиболее длительный период острого типа погоды типичен для Усть-Большерецка и Каменского, в общей совокупности длится с октября по апрель. В отдельных континентальных районах ИПП достигает экстремальных значений — в январе (Мильково) и всю календарную зиму в декабре–феврале (Каменское). Несмотря на то что в Мильково январь отличается экстремальным значением индекса, в силу длительного и наиболее продолжительного в регионе установления оптимального (комфортного) типа данную территорию Центральной Камчатки можно отнести к наиболее благоприятным по погодно-климатическим условиям. С учётом пограничных значений ИПП в мае и августе, отсутствия экстремальных проявлений благоприятным по погодно-климатическим условиям также можно считать ещё одну территорию центральной части региона — Эссо. Длительный период года с экстремальными значениями индекса, отсутствие оптимального типа погоды в течение года позволяют отнести Каменское к территориям с фактически наиболее неблагоприятными для здоровья населения погодно-климатическими условиями, возможными в материковой части Камчатского края (Северной Корьякии).

Камчатский край отличается территориальными различиями патогенности погодно-климатических условий в различные календарные сезоны года (рис. 4). В январе повсеместно на всей территории региона устанавливается острая патогенность погоды, которая может достигать экстремальных значений во внутриматериковых районах Центральной Камчатки (Мильково) и крайнего северо-запада (Каменское). В апреле продолжает наблюдаться острая патогенность погоды, но уже в меньшей части региона. В это время слабо раздражающие по патогенности погодно-климатические условия формируются в Центральной Камчатке (Мильково), умеренно раздражающий тип также наблюдается на отдельных континентальных территориях (Сосновка, Тигиль). В июле в большей части региона наблюдаются погодно-климатические условия от оптимальных (комфортных) до умеренно раздражающих по патогенности. Наилучшие (оптимальные) условия формируются в пределах внутриматериковых территорий полуострова (Мильково, Эссо, Тигиль), на севере и юго-востоке они достигают слабо раздражающего типа. Только в Усть-Большерецке погода держится на уровне

сильно раздражающей патогенности, а в Никольском (остров Беринга) устойчиво сохраняется острая патогенность. Неблагоприятная ситуация по патогенности погодно-климатических условий в последних пунктах связана с комплексным влиянием некомфортных для человека сравнительно низких температур, высокой относительной влажности, регулярных и нередко сильных ветров. В октябре в Камчатском крае начинает увеличиваться патогенность погодно-климатических условий, достигая сильно раздражающего типа на большей части территорий. Острый тип патогенности погоды сохраняется в Никольском, Усть-Большерецке и становится типичным для Каменского. Умеренно раздражающая погода сохраняется на юго-востоке — в Петропавловске-Камчатском и Сосновке.

Сезонные особенности в различиях ИПП в целом согласуются с ранее обозначенной общей территориальной закономерностью, наблюдаемой для среднегодовых показателей. В тёплое время года большую выраженность имеют различия между континентальными и прибрежными районами, когда в первых из них ИПП достигает наилучших значений в крае. Частная ситуация наблюдается в холодное время года, когда в отдельных наиболее континентальных районах ИПП достигает наихудших из возможных в крае значений (отчасти нарушая общую закономерность для центральной части полуострова). Наибольшая патогенность погодно-климатических условий в Камчатском крае и особенно в северных, центральных районах, как правило, устанавливается именно в январе. Это определяет данный месяц в региональном масштабе как наиболее патогенный по погодно-климатическим условиям и неблагоприятный для здоровья населения.

С учётом медицинской направленности ИПП определённый интерес представляет установление корреляционных связей между его показателями и фактическими проблемами здоровья населения на региональном уровне, определяемыми общей заболеваемостью. Для этой задачи был реализован корреляционный анализ с показателями заболеваемости (общей, болезней органов дыхания и системы кровообращения), показавший наличие 11 корреляционных связей с коэффициентом 0,3 и более, из них 3 — статистически значимые (табл. 2). Наибольшее число корреляционных связей (по всем показателям заболеваемости) выявлено с ИПП холодного периода года в январе. Здесь же установлены все статистически значимые связи с показателями заболеваемости всего населения — болезни органов дыхания (высокая — 0,78), детского населения — болезни органов дыхания (высокая — 0,76) и общая заболеваемость (заметная — 0,59). ИПП за среднегодовой и тёплый период года (июль) получил слабые корреляционные связи со многими показателями заболеваемости. Умеренная и заметная корреляционная связь установлена только с показателями заболеваемости детского населения болезнями системы кровообращения (обе статистически не значимы).

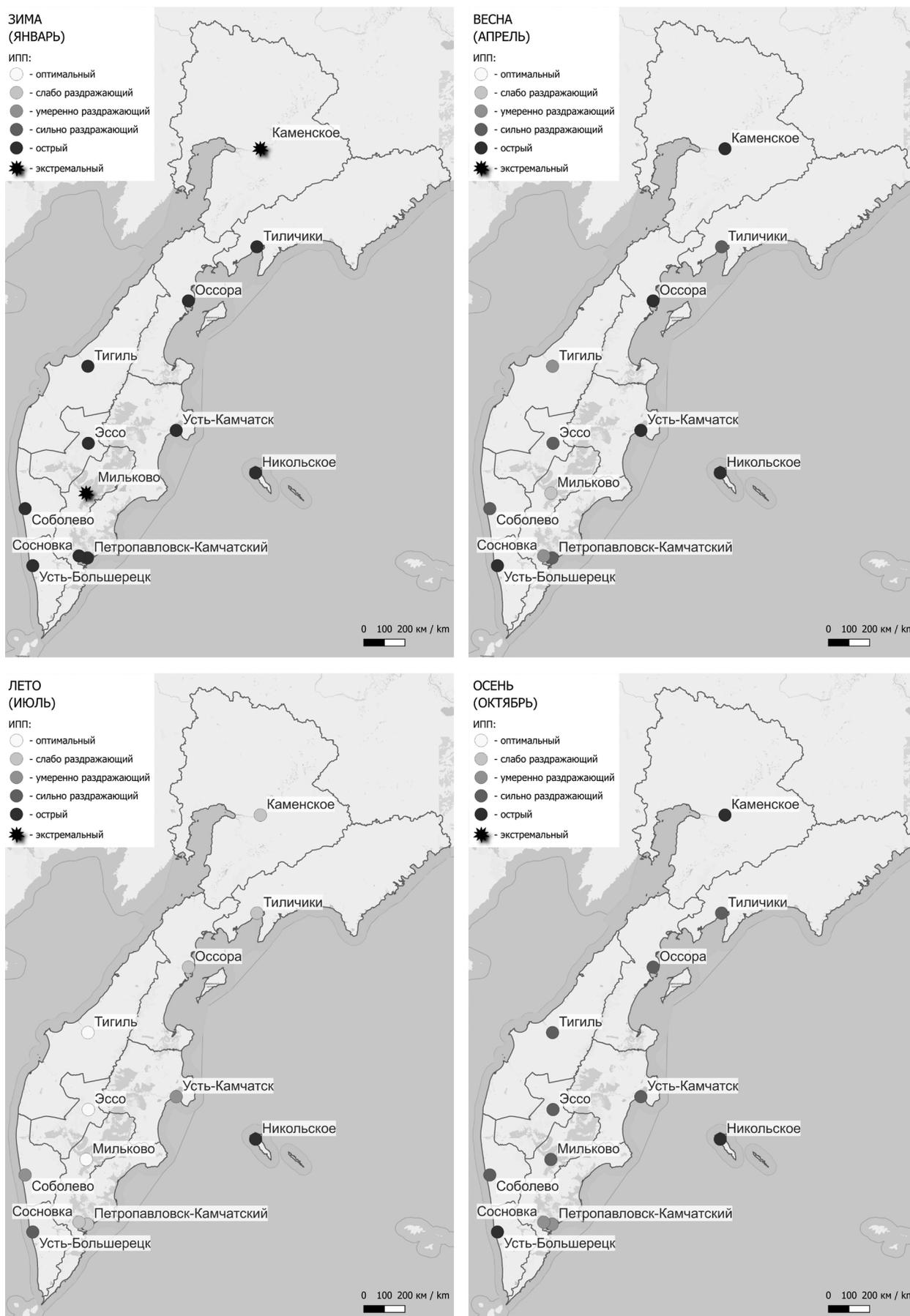


Рис. 4. Территориальные и сезонные различия индекса патогенности погоды (ИПП) в Камчатском крае.

Fig. 4. Territorial and seasonal differences in the weather pathogenicity index (WPI) in the Kamchatka Territory.

Таблица 2. Результаты корреляционного анализа между показателями общей заболеваемости и индексом патогенности погоды ($r_s > 0,3$)**Table 2.** Results of the correlation analysis between overall morbidity indicators and the weather pathogenicity index ($r_s > 0.3$)

Показатели общей заболеваемости		Индекс патогенности погоды		
		среднегодовой	январь	июль
Всё население	Общая заболеваемость (все классы)	–	0,41	–
	Болезни органов дыхания	–	0,78*	–
	Болезни системы кровообращения	–	0,56	–
Взрослое население	Общая заболеваемость (все классы)	–	0,57	–
	Болезни органов дыхания	–	0,46	–
	Болезни системы кровообращения	–	0,55	–
Детское население	Общая заболеваемость (все классы)	–	0,59*	–
	Болезни органов дыхания	–	0,76**	–
	Болезни системы кровообращения	0,42	–0,34	0,58

Примечание. Статистически значимые коэффициенты корреляции: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$. Прочерк — корреляция, в том числе статистически значимая, со значением коэффициента более 0,3 не выявлена.

ОБСУЖДЕНИЕ

Региональная дифференциация патогенности погоднo-климатических условий в Камчатском крае выражается территориальными и сезонными особенностями, причины которых обусловлены различиями температурно-влажностного и ветрового режимов. Основные закономерности связаны с увеличением значений ИПП по направлению от юго-восточных и, как правило, центральных к северным территориям. Вместе с тем в регионе наблюдаются различия между континентальными и прибрежными территориями, выраженные годовым ходом ИПП, некоторыми сезонными и территориальными особенностями. Это отчасти согласуется с ранее полученными результатами исследования патогенности погоды на примере схожего по приморскому положению, но более южного дальневосточного региона — Приморского края [34]. В то же время прибрежные территории Камчатского края, в отличие от аналогичных в Приморском крае, отличаются более правильным годовым ходом ИПП (главным образом в связи с температурным фактором). Именно поэтому особенности континентального и прибрежного положения, в том числе в связи с различиями климатообразующих факторов, могут оказывать влияние на дифференциацию патогенности погоднo-климатических условий на региональном уровне. В прибрежных районах в тёплое время года нередко наблюдаются более высокие значения ИПП в сравнении с континентальными. Кроме того, островное положение территории в условиях северного климата круглогодично способствует формированию неблагоприятных для населения погоднo-климатических условий. Ярким примером служит остров Беринга (Никольское), где круглый год устойчиво сохраняется острая патогенность погоды.

В Камчатском крае отчётливо выражено повсеместное увеличение ИПП в зимний сезон, достигающего острого

типа, в отдельных случаях — экстремального. Полученная новая региональная информация о неблагоприятной обстановке по ИПП дополняет ранние макрорегиональные [19, 21] и локальные [16, 18] медико-климатические исследования, подтверждает значительный и устойчивый уровень биоклиматического дискомфорта (с холодным стрессом) для населения Камчатского края прежде всего в холодное время года. Это также согласуется с полученными в настоящем исследовании результатами корреляционного анализа, по итогам которого большинство корреляционных связей (и всех статистически значимых) установлено между показателями заболеваемости и ИПП холодного периода года в январе. В частности, для территории Дальнего Востока ранее устанавливались статистически значимые корреляции с другими биоклиматическими индексами [2, 32]. В цитируемых исследованиях обнаруживались сильные корреляционные связи с заболеваемостью населения болезнями органов дыхания, что и на примере ИПП позволяет говорить о вкладе погоднo-климатического фактора в распространение данной группы заболеваний. Необходимо отметить перспективность ИПП для региональных исследований влияния климатических факторов на динамику и распространение болезней органов дыхания.

Сложившаяся в Камчатском крае общая пространственно-временная стабильность патогенности погоднo-климатических условий, оценённая с помощью соответствующего биоклиматического индекса, определила разные территории по степени комфортности для общего самочувствия и здоровья человека. Менее комфортные условия типичны для северных, прибрежных юго-западных и островных территорий, более комфортные — центральных и юго-восточных. С учётом внутрирегиональных особенностей данная информация необходима для рационального и эффективного планирования различных специальных мероприятий медицинской, санаторно-курортной

и туристско-рекреационной деятельности в Камчатском крае. Результаты оценки патогенности погодноклиматических условий позволяют рекомендовать реализацию перечисленных мероприятий в тёплое время года в центральных районах (Мильково, Эссо), для жителей Корякского округа (в первую очередь, Тигильского района) опорным пунктом можно рассматривать Тигиль. Дополнительно в тёплое время года и периоды межсезонья при соблюдении правил нахождения на открытом воздухе перспективны территории Юго-Восточной Камчатки (Сосновка, Петропавловск-Камчатский). Круглогодично непригодны, прежде всего для мероприятий санаторно-курортной деятельности, территории острова Беринга (Никольское) и юго-западного побережья Камчатки (Усть-Большерецк).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе специального комплексного биоклиматического индекса для Камчатского края впервые проведена оценка патогенности погодноклиматических условий на региональном уровне. К настоящему времени в регионе сложилась относительно стабильная пространственно-временная картина по исследованному процессу, что нашло подтверждение в динамике среднегодовых показателей ИПП, его сезонных и территориальных различий. Практически всем территориям края свойственен правильный годовой ход индекса, просматриваемый в равномерном снижении его величины к тёплому и увеличении к холодному времени года. При этом более выраженная контрастность годового хода актуальна для континентальных территорий. Общее ухудшение патогенности погодноклиматических условий наблюдается по основному направлению от юго-восточных и центральных к северным районам (общая территориальная закономерность региона). Исследование позволило выделить территории, пригодные для реализации мероприятий санаторно-курортной и смежной деятельности. Наиболее пригодны центральные внутриматериковые территории, круглогодично непригодны остров Беринга и юго-западное побережье Камчатки. Также результаты работы определили перспективность использования ИПП в региональных исследованиях влияния погодноклиматических факторов на здоровье населения и особенно проблем, связанных с респираторной заболеваемостью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Grigorieva EA. Climate and human health: spatial aspects. *Health. Medical Ecology. Science*. 2017;(4):88–90. doi: 10.5281/zenodo.835339 EDN: ZVZYXV
2. Grigorieva EA, Khristoforova NK. Climate and human health at the Russian Far East. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;26(5): 4–10. doi: 10.33396/1728-0869-2019-5-4-10 EDN: SSKGTT
3. Klinskaja EO, Grigoreva EA. Weather conditions of the Jewish Autonomous Region as risk factor of development of diseases of

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. А.Р. Погорелов — определение концепции, работа с данными, визуализация, написание и редактирование рукописи. Автор одобрил рукопись (версию для публикации), а также согласился нести ответственность за все аспекты настоящей работы, гарантирует надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Неприменимо, т.к. исследование основано на методических данных.

Источники финансирования. Исследование проведено в рамках темы госзадания Минобрнауки РФ № 125022102815-5 (раздел 3).

Раскрытые интересы. 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.R. Pogorelov: conceptualization, data curation, visualization, 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: Not applicable, because the study is based on weather data.

Funding sources: The study was conducted within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. 125022102815-5 (Section 3).

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 obtained or published material (text, images, or data) was used in this study or article.

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.

respiratory organs of the population. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2011;(3):45–49. EDN: OCSGBD

4. Stefanovich AA, Voskresenskaya EN. Changes in complex bioclimatic indicators in Crimea since the middle of the 20th century. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(1):65–77. doi: 10.17816/humeco111767 EDN: VLNKIA

5. Tupov SS, Koroleva EG, Pashkov SV. Bioclimatic indicators in regional medico-geographical studies. *Proceedings of Voronezh*

- State University. Series: Geography. Geoecology.* 2023;(4):98–108. doi: 10.17308/geo/1609-0683/2023/4/98-108 EDN: XPSLUB
6. Revich BA, Kharkova TL. Climate risks of social development of the Yamal-Nenets Autonomous District. *Studies on Russian Economic Development.* 2023;34(4):536–542. doi: 10.1134/s1075700723040147 EDN: HGOVOK
 7. Grigorieva EA, Walsh JE, Alexeev VA. Extremely cold climate and social vulnerability in Alaska: problems and prospects. *Climate.* 2024;12(2):20. doi: 10.3390/cli12020020 EDN: TXDEQF
 8. Klochkov AA. Population health as the major resource for social-economic development of Kamchatka. In: *Conservation of Biodiversity of Kamchatka and Adjacent Seas: Proceedings of the V Scientific Conference.* Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress; 2004. P. 187–190. (In Russ.)
 9. Naymushina TA, Shmeleva EV. The territory of Kamchatka as a habitat for ethnic groups. In: *Kamchatka is inhabited by different peoples: materials of the XXIV Krashennnikov readings.* Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatka Regional Scientific Library; 2007. P. 129–132. (In Russ.)
 10. Perervenko OV, Antoniuik MV. Climate, ecological and hygienic characteristics of the spacecraft Kamchatka and health alien population. *Health. Medical Ecology. Science.* 2010;(3):8–12. EDN: MUDSYH
 11. Pogorelov AR. Medico-geographical assessment of the prevalence of respiratory diseases in northern and southern areas of the Russian Far East: comparison of Kamchatka and Primorsky Regions. *Public Health and Life Environment.* 2023;31(4):30–39. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-4-30-39 EDN: SZEKZI
 12. Rakhmanov RS, Potekhina NN, Grishin IA, et al. Epidemiological features of community-acquired pneumonia under extreme natural-climatic conditions. *Public Health and Life Environment.* 2017;(4):53–56. doi: 10.35627/2219-5238/2017-289-4-53-56 EDN: YLIDFN
 13. Pogorelov AR. Self-assessment of health and quality of life in the Kamchatka Region: results of the regional medico-sociological survey. *Social aspects of population health.* 2022;68(2):4. doi: 10.21045/2071-5021-2021-68-2-4 EDN: SZEKZI
 14. Rakhmanov RS, Mikhanoshina NV. On problem of evaluation of health risk for population due to natural-climatic conditions of Kamchatka. *Public Health and Life Environment.* 2014;(3):7–9. EDN: SKHPGX
 15. Pogorelov AR. Change of severity of weather in Petropavlovsk-Kamchatsky. In: *Geosystems and their components in Northeast Asia: evolution and dynamics of natural, natural resource and socio-economic relations.* Vladivostok: Dalnauka; 2016. P. 366–368. EDN: VWJMKZ
 16. Rakhmanov RS, Bogomolova ES, Razgulina SA, et al. To the question of assessment of health risk of the population of weather-climate conditions in the territory of the Avacha agglomeration of Kamchatka. *Occupational Medicine and Human Ecology.* 2022;(2):100–112. doi: 10.24412/2411-3794-2022-10208 EDN: RWCTGL
 17. Rakhmanov RS, Spirin SA. Assessment of the influence of physical factors of the external environment on the heat feeling of a human in the conditions of Kamchatka. *Marine Medicine.* 2022;8(2):54–60. doi: 10.22328/2413-5747-2022-8-2-54-60 EDN: MHHQNG
 18. Rakhmanov RS, Bogomolova ES, Spirin SA. To the question of the influence of meteorological factors on population health in the conditions of the Kamchatsky Krai. *Sanitary Doctor.* 2022;(8):607–614. doi: 10.33920/med-08-2208-08 EDN: VCUWAD
 19. Derkacheva LN. Medical and climatic conditions of the Far Eastern region and their impact on respiratory system. *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration.* 2000;(6):51–54. EDN: HRSDGN
 20. Grigorieva EA. The acclimatization stress for respiratory organs of people changing their geographic latitudes over the Russian Far East. *The Bulletin of the North-East Scientific Center.* 2011;(3):83–88. EDN: NXSWAX
 21. Gritsina OP, Yatsenko AK, Trankovskaya LV, et al. Analysis of bioclimatic comfort indicators in the Far Eastern Federal District. *Pacific Medical Journal.* 2025;(1):45–50. doi: 10.34215/1609-1175-2025-1-45-50 EDN: UIXZYB
 22. Grigorieva EA. *Climate as an ecological factor of human life* [dissertation]. Vladivostok; 2016. 363 p. Available from: https://www.dvfu.ru/upload/medialibrary/938/Григорьева_ДД_2017_11_01.pdf (In Russ.) EDN: PDEXFA
 23. de Freitas CR, Grigorieva EA. A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices. *Int J Biometeorol.* 2017;61(3):487–512. doi: 10.1007/s00484-016-1228-6
 24. Stefanovich AA, Voskresenskaya EN. Modern assessment methods of comfort of bioclimatic conditions for resort areas. *Monitoring Systems of Environment.* 2021;(1):7–17. doi: 10.33075/2220-5861-2021-1-7-17 EDN: OXSSOO
 25. Boksha VG. *Handbook of climatotherapy.* Kyiv: Zdorovya; 1989. 203 p. (In Russ.) ISBN: 5-311-00337-5
 26. Vykhovanets YuG, Tetyura SM, Vykhovanets TA, et al. Assessment of the influence of meteorological and environmental factors on diseases of the circulatory system in the population of the industrial region. *Health Care of the Russian Federation.* 2025;69(1):70–76. doi: 10.47470/0044-197X-2025-69-1-70-76 EDN: FHHQXY
 27. Perevedentsev YuP, Shumikhina AV. The dynamics of the bioclimatic indices of environmental comfort in the Udmurt Republic, Russia. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennyye Nauki.* 2016;158(4):531–547. EDN: XWRPVV
 28. Perevedentsev YuP, Malkhazova SM, Aukhadeev TR, Shantalinsky KM. Medical and demographic consequences of climate change and the assessment of comfort level of weather-climatic conditions in the Volga Federal District. *Geography, Environment, Sustainability.* 2016;9(4):63–76. doi: 10.15356/2071-9388_04v09_2016_05 EDN: YMDBCR
 29. Kondratyuk VI. *Climate of Kamchatka.* Moscow: Gidrometeoizdat; 1974. 202 p. (In Russ.) URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01007408384>
 30. Andreev SS. *Integral assessment of climatic comfort on the example of the territory of the Southern Federal District of Russia.* St. Petersburg: RGGMU; 2011. 302 p. (In Russ.) EDN: QMBWRV
 31. Aizenshtat BA, Lukina LP. *Thermal regime of man.* St. Petersburg: Gidrometeoizdat; 1993. 167 p. (In Russ.) ISBN: 5-286-00951-4
 32. Grigorieva EA. Climatic discomfort and morbidity at the Russian Far East. *Regional Problems.* 2018;21(2):105–112. doi: 10.31433/1605-220X-2018-21-2-105-112 EDN: XSAFDF
 33. Pogorelov AR. Territorial differentiation of public health in Kamchatka Krai. *Regional Research.* 2022;(1):56–67. doi: 10.5922/1994-5280-2022-1-5 EDN: ZJBCSP
 34. Lisina IA, Vasilevskaya LN, Lebedeva OI, Volkova DI. A study of the spatial and temporal distribution of the total climate pathogenicity index of Primorsky Krai for 2011–2020. *Pacific Geography.* 2022;(4):72–81. doi: 10.35735/26870509_2022_12_7 EDN: DTXNIU

ОБ АВТОРЕ

* Погорелов Артур Русланович;

адрес: Россия, 690041, Владивосток, ул. Радио, д. 7;
ORCID: 0000-0001-7682-571X;
eLibrary SPIN: 3907-3488;
e-mail: pogorelov_ar@mail.ru

AUTHOR'S INFO

*Artur R. Pogorelov;

address: 7 Radio st, Vladivostok, Russia, 690041;
ORCID: 0000-0001-7682-571X;
eLibrary SPIN: 3907-3488;
e-mail: pogorelov_ar@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco688477>

EDN: AXJQYI

Характеристика заболеваемости беременных в регионе Восточной Сибири: ретроспективное эпидемиологическое исследование

Я.А. Лещенко, А.А. Лисовцов

Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований, Ангарск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Среди характеристик репродуктивного здоровья женщин большое значение имеют показатели заболеваемости беременных.

Цель. Оценка распространённости заболеваний, осложнявших течение беременности, в Иркутской области в период с 2005 по 2023 г.

Методы. Тип исследования: ретроспективное дескриптивное эпидемиологическое. Источники информации — базы данных Росстата и статистические сборники «Основные показатели здоровья матери и ребёнка, деятельность службы охраны детства и родовспоможения в Российской Федерации». Выявление трендов изменения показателей заболеваемости осуществляли аналитическим выравниванием временного ряда с помощью линейной модели по методу наименьших квадратов с помощью стандартных средств Microsoft Office 2007 и IBM SPSS Statistics 23.

Результаты. С 2006 по 2023 г. произошли значительные изменения в составе заболеваний беременных: снизилась распространённость инфекций мочеполовой системы (в Российской Федерации — в 1,36 раза, в Иркутской области — в 1,65 раза) и болезней системы кровообращения (в Российской Федерации — в 1,85 раза, в Иркутской области — в 2,82 раза). Распространённость болезней эндокринной системы была переменной, но в 2019–2023 гг. шёл последовательный рост показателя: в Российской Федерации — с 9,29 до 11,47%, в Иркутской области — с 11,34 до 13,03%. Наибольшие негативные изменения произошли в динамике гестационного сахарного диабета: с 2014 по 2023 г. стремительно увеличилась распространённость данного заболевания среди беременных: в Российской Федерации — с 1,33 до 11,38%, в Иркутской области — с 1,31 до 13,58%.

Заключение. В Иркутской области и в целом в Российской Федерации в первой четверти XXI в. отмечается значительная распространённость заболеваний среди беременных. В связи с этим требуются дальнейшее совершенствование профилактических мероприятий, развитие современных технологий оказания медицинской помощи беременным, расширение и совершенствование скрининговых программ. Особое внимание следует уделить мерам по снижению распространённости анемии, болезней эндокринной системы, гестационного сахарного диабета.

Ключевые слова: заболевания, осложняющие течение беременности; количественные характеристики; тренды.

Как цитировать:

Лещенко Я.А., Лисовцов А.А. Характеристика заболеваемости беременных в регионе Восточной Сибири: ретроспективное эпидемиологическое исследование // Экология человека. 2025. Т. 32, № 9. С. 640–650. DOI: 10.17816/humeco688477 EDN: AXJQYI

Рукопись поступила: 30.07.2025

Рукопись одобрена: 23.09.2025

Опубликована online: 26.09.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco688477>

EDN: AXJQYI

Morbidity Characteristics of Pregnant Women in Eastern Siberia: A Retrospective Epidemiological Study

Yaroslav A. Leshchenko, Alexandr A. Lisovtsov

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Among the indicators of women's reproductive health, morbidity rates during pregnancy hold particular significance.

AIM: The work aimed to assess the prevalence of diseases complicating pregnancy in the Irkutsk Region during the period 2005–2023.

METHODS: Study design: retrospective descriptive epidemiological study. Data sources: Rosstat databases and statistical digests Key Indicators of Maternal and Child Health, Activities of Child Welfare and Obstetric Care Services in the Russian Federation. Trends in morbidity indicators were identified by analytical smoothing of time series using a linear least squares model with standard Microsoft Office 2007 tools and IBM SPSS Statistics 23.

RESULTS: From 2006 to 2023, substantial changes occurred in the pattern of morbidity among pregnant women: the prevalence of genitourinary system infections decreased (by a factor of 1.36 in the Russian Federation and 1.65 in the Irkutsk Region), as did that of circulatory system diseases (by a factor of 1.85 in the Russian Federation and 2.82 in the Irkutsk Region). The prevalence of endocrine system diseases was variable; however, in 2019–2023 it showed a steady upward trend: in the Russian Federation from 9.29% to 11.47%, and in the Irkutsk Region from 11.34% to 13.03%. The most pronounced negative trend was observed for gestational diabetes mellitus: between 2014 and 2023, its prevalence among pregnant women increased sharply—from 1.33% to 11.38% in the Russian Federation and from 1.31% to 13.58% in the Irkutsk Region.

CONCLUSION: In the Irkutsk Region and in the Russian Federation as a whole, the first quarter of the 21st century has been marked by a high prevalence of diseases among pregnant women. This underscores the need for further improvement of preventive measures, development of advanced medical technologies for maternal care, and expansion and refinement of screening programs. Particular attention should be given to reducing the prevalence of anemia, endocrine system diseases, and gestational diabetes mellitus.

Keywords: diseases complicating pregnancy; quantitative characteristics; trends.

To cite this article:

Leshchenko YaA, Lisovtsov AA. Morbidity Characteristics of Pregnant Women in Eastern Siberia: A Retrospective Epidemiological Study. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(9):640–650. DOI: 10.17816/humeco688477 EDN: AXJQYI

Received: 30.07.2025

Accepted: 23.09.2025

Published online: 26.09.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco688477>

EDN: AXJQYI

Eastern Siberia地区孕妇发病特征：一项回顾性流行病学研究

Yaroslav A. Leshchenko, Alexandr A. Lisovtsov

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, Russia

摘要

论证：在女性生殖健康的特征中，孕妇的发病率指标具有重要意义。

目的：评估2005—2023年Irkutsk Region妊娠并发疾病的流行情况。

方法：研究类型：回顾性描述性流行病学研究。信息来源：Rosstat（俄罗斯联邦国家统计局）数据库及统计汇编《母婴健康主要指标、儿童保健和产科服务工作》。采用最小二乘法线性模型对时间序列进行分析性平滑处理，利用Microsoft Office 2007和IBM SPSS Statistics 23标准工具揭示孕妇发病率变化趋势。

结果：2006—2023年间，孕妇疾病谱发生显著变化：泌尿生殖系统感染的流行率下降（俄罗斯联邦下降1.36倍，Irkutsk Region下降1.65倍），循环系统疾病的流行率也有所下降（俄罗斯联邦下降1.85倍，Irkutsk Region下降2.82倍）。内分泌系统疾病的流行率呈变动趋势，但在2019—2023年间持续增长：俄罗斯联邦从9.29%上升至11.47%，Irkutsk Region从11.34%上升至13.03%。妊娠期糖尿病的动态变化最为不利：2014—2023年间，该病在孕妇中的流行率急剧增加，俄罗斯联邦从1.33%上升至11.38%，Irkutsk Region从1.31%上升至13.58%。

结论：在21世纪前四分之一的时间里，Irkutsk Region及整个俄罗斯联邦孕妇疾病的高流行率显著存在。因此，需要进一步完善预防措施，发展现代化孕产妇医疗服务技术，扩大和优化筛查项目。应特别关注降低贫血、内分泌系统疾病和妊娠期糖尿病的流行率。

关键词：妊娠并发疾病；数量特征；趋势。

引用本文：

Leshchenko YaA, Lisovtsov AA. Characteristics of the Morbidity of Pregnant Women in the Region of Eastern Siberia: Retrospective Epidemiological Study. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(9):640–650. DOI: 10.17816/humeco688477 EDN: AXJQYI

收到: 30.07.2025

接受: 23.09.2025

发布日期: 26.09.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Одним из важнейших показателей общественного здоровья и компонентов демографического воспроизводства является репродуктивное здоровье населения, в том числе показатели распространённости заболеваний и патологических состояний, осложняющих течение беременности. Последние могут негативно влиять на формирование состояния здоровья плода, новорождённого, ребёнка более старшего возраста и даже взрослого [1, 2].

В утверждённом распоряжением Правительства Российской Федерации 15.03.2025 № 615-р «Стратегии действий по реализации семейной и демографической политики, поддержке многодетности в Российской Федерации до 2036 года» среди приоритетных мер по реализации задачи по охране материнского, отцовского и детского здоровья, укреплению репродуктивного здоровья граждан указано на обеспечение дальнейшего развития современных технологий оказания медицинской помощи беременным, дальнейшее расширение и совершенствование скрининговых программ для беременных, новорождённых и детей других возрастов, проведение научных исследований в области охраны материнства и детства¹.

В указанном контексте большое значение имеет состояние здоровья беременных в регионах Сибири, обладающих малочисленным населением, проживающим в сложных природно-климатических и социально-экономических условиях.

Цель исследования. Оценка распространённости заболеваний и патологических состояний, наиболее часто осложняющих течение беременности, в Иркутской области в период с 2005 по 2023 г. и выявление главных тенденций в динамике основных форм патологий.

МЕТОДЫ

Тип исследования: ретроспективное дескриптивное эпидемиологическое. Источниками информации послужили статистические базы данных Росстата² и статистические сборники «Основные показатели здоровья матери и ребёнка, деятельности службы охраны детства и родовспоможения в Российской Федерации за 2007–2024 гг.»³.

¹ Стратегия действий по реализации семейной и демографической политики, поддержке многодетности в Российской Федерации до 2036 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 15 марта 2025 г. № 615-р. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/r10o4FJgcqMhYx2bGAJRxMNNs2m7pmN4.pdf> Дата обращения: 02.06.2025.

² Статистические базы данных Росстата. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721> Дата обращения: 21.01.2020.

³ Подготовлены специалистами Департамента мониторинга, анализа, и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения РФ и специалистами ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения РФ.

Анализировали шесть наиболее массовых форм заболеваний, включённых в годовую отчётную форму федерального статистического наблюдения № 32 «Сведения о медицинской помощи беременным, роженицам и родильницам», утверждённую Приказом Росстата от 27.11.2015 № 591 (ред. от 24.12.2018): анемия, болезни системы кровообращения, инфекции мочеполовой системы, сахарный диабет, венозные осложнения, болезни эндокринной системы. Показатель распространённости отдельных форм болезней рассчитывали как число зарегистрированных заболеваний на 100 женщин, закончивших беременность. Изучали генеральные совокупности беременных в Иркутской области. Для выявления тренда изменения показателей заболеваемости в определённые временные интервалы применили аналитическое выравнивание временного ряда с помощью линейной модели по методу наименьших квадратов с помощью стандартных средств Excel (Microsoft Office 2007) и IBM SPSS Statistics 23. Заключение о наличии тренда делали при уровне значимости p меньше 0,05 для полученного критерия F . Для определения доли вариации показателя, которую объясняет линейный тренд, использовали коэффициент детерминации (R^2).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Выявлены особенности, динамика нарушений состояния здоровья беременных в Иркутской области и в среднем по Российской Федерации за 19-летний период (2005–2023 гг.). В 2005 г. в Российской Федерации в порядке убывания значений показателей распространённости ранговые места занимали следующие заболевания (на 100 женщин, закончивших беременность): анемия (41,5%); инфекции мочеполовой системы (21,2%); болезни системы кровообращения (10,6%); болезни эндокринной системы (8,3%); венозные осложнения (3,9%); гестационный сахарный диабет (0,16%; табл. 1). Аналогичным образом в Иркутской области в 2005 г. ранговые места занимали: анемия (37,4%); инфекции мочеполовой системы (20,3%); болезни эндокринной системы (16,4%); болезни системы кровообращения (7,5%); венозные осложнения (2,5%); гестационный сахарный диабет (0,1%).

Как видно из представленных данных, основные различия между среднероссийскими показателями и показателями по Иркутской области касались болезней системы кровообращения и болезней эндокринной системы. В Иркутской области на 29,3% ниже, чем в среднем по Российской Федерации, показатель распространённости болезней системы кровообращения и на 49,4% выше показатель распространённости болезней эндокринной системы.

Для выявления тенденций в динамике болезней, осложняющих течение беременности, провели анализ изменений уровней распространённости каждой из рассматриваемых форм патологии за 19-летний период (2005–2023 гг.)

Таблица 1. Показатели распространённости заболеваний и патологических состояний, осложнявших течение беременности, в Иркутской области и Российской Федерации (РФ) в период с 2005 по 2023 г. (на 100 женщин, закончивших беременность)

Год	Анемия		Инфекции мочеполовой системы		Болезни системы кровообращения		Болезни эндокринной системы		Венозные осложнения		Гестационный сахарный диабет	
	Иркутская область	РФ	Иркутская область	РФ	Иркутская область	РФ	Иркутская область	РФ	Иркутская область	РФ	Иркутская область	РФ
2005	37,4	41,5	20,3	21,2	7,5	10,6	16,4	8,3	2,5	3,9	0,1	0,2
2006	35,5	41,6	21,5	21,3	7,1	10,9	13,9	8,0	2,7	4,1	0,2	0,2
2007	34,4	39,0	19,2	20,4	6,6	10,3	11,7	7,3	2,5	4,1	0,1	0,2
2008	31,7	37,5	17,3	19,9	5,7	10,5	9,4	6,8	2,1	4,2	0,2	0,3
2009	26,4	35,3	16,4	19,2	6,0	10,3	7,1	6,4	2,4	4,4	0,2	0,3
2010	23,5	34,7	14,2	19,2	6,0	10,4	5,6	6,2	2,4	4,5	0,5	0,4
2011	23,9	34,1	14,1	18,8	5,8	9,9	5,2	5,8	2,7	4,5	0,3	0,4
2012	25,8	32,7	14,0	17,9	5,7	9,6	5,2	5,5	2,6	4,5	0,4	0,5
2013	27,0	33,1	13,0	17,4	6,7	9,7	4,3	5,5	2,4	4,7	0,5	0,7
2014	28,7	32,0	12,7	17,0	4,9	9,0	4,5	5,5	3,0	4,8	1,3	1,3
2015	28,9	32,6	12,9	16,6	3,0	8,3	6,2	6,6	3,4	5,2	2,3	2,2
2016	30,4	32,7	11,9	16,8	4,5	8,0	7,4	7,0	3,3	5,5	3,3	3,1
2017	33,3	34,0	14,0	17,0	4,8	7,8	7,8	7,8	3,3	5,7	4,9	4,5
2018	36,2	35,6	14,9	16,6	3,7	7,6	8,8	8,4	3,3	5,8	6,6	5,8
2019	34,9	36,0	16,2	16,9	4,1	7,4	11,3	9,3	3,4	6,5	8,0	7,2
2020	35,0	35,5	14,2	16,3	3,5	6,6	10,3	9,5	3,5	6,1	8,5	7,8
2021	35,4	35,4	13,5	15,8	3,1	6,2	11,9	10,2	3,2	6,4	10,2	9,0
2022	36,6	34,6	14,1	16,1	2,9	5,9	13,4	11,1	4,1	6,7	11,4	10,5
2023	37,6	34,7	13,0	15,6	2,5	5,9	13,0	11,5	3,5	6,7	13,6	11,4
Уравнение тренда	2010–2023: $y=1,1x+22,6$	2014–2023: $y=0,3x+32,4$	2005–2023: $y=-0,3x+18,4$	2005–2023: $y=-0,3x+21,0$	2005–2023: $y=-0,3x+7,5$	2005–2023: $y=-0,3x+11,7$	2013–2023: $y=1,0x+3,2$	2012–2023: $y=0,6x+4,3$	2005–2023: $y=0,1x+2,2$	2005–2023: $y=0,2x+3,5$	2012–2023: $y=1,2x-2,1$	2012–2023: $y=1,1x-1,6$
Значимость	$F=195,4$; $p<0,001$; $R^2=0,94$	$F=9,1$; $p=0,017$; $R^2=0,53$	$F=14,8$; $p=0,001$; $R^2=0,46$	$F=169,9$; $p<0,001$; $R^2=0,91$	$F=94,1$; $p<0,001$; $R^2=0,85$	$F=358,7$; $p<0,001$; $R^2=0,96$	$F=236,8$; $p<0,001$; $R^2=0,96$	$F=597,1$; $p<0,001$; $R^2=0,98$	$F=49,8$; $p<0,001$; $R^2=0,75$	$F=329,0$; $p<0,001$; $R^2=0,95$	$F=585,2$; $p<0,001$; $R^2=0,98$	$F=756,0$; $p<0,001$; $R^2=0,99$

Анемия

Наиболее распространённой формой экстрагенитальной патологии среди беременных (в Иркутской области и в среднем по Российской Федерации) была анемия. При этом уровень её распространённости с 2005 по 2016 г. в Иркутской области был значительно ниже (особенно в середине указанного временного интервала), чем в среднем по Российской Федерации (см. табл. 1, рис. 1).

С 2005 по 2014 г. по Российской Федерации динамика показателей распространённости анемии беременных характеризовалась снижающимся трендом: значения показателя снизились с 41,5 до 32,0%. С 2015 по 2023 г. отмечался умеренный повышающийся тренд ($R^2=0,53$), в ходе которого показатель вначале возрос с 32,0 до 36,0%, затем незначительно снизился до 34,7% (см. рис. 1).

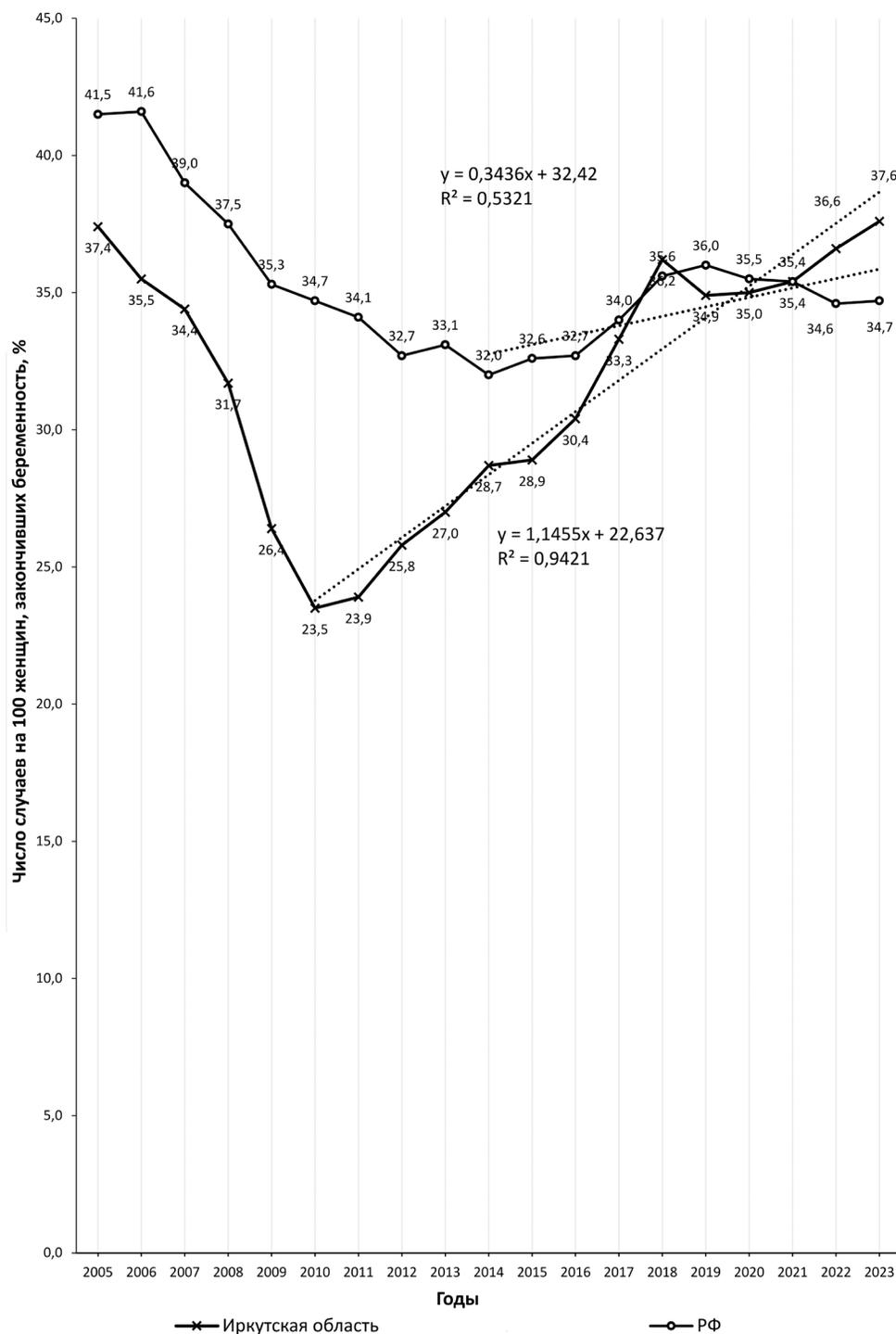


Рис. 1. Динамика показателей распространённости анемии среди беременных в Российской Федерации (РФ) и Иркутской области с 2005 по 2023 г. (на 100 женщин, закончивших беременность).

Fig. 1. Trends in the prevalence of anemia among pregnant women in the Russian Federation and the Irkutsk Region from 2005 to 2023 (per 100 women who completed pregnancy).

В Иркутской области в динамике с 2005 по 2010 г. наблюдалось выраженное снижение распространённости анемии у беременных — с 37,4 до 23,5% на 100 женщин, закончивших беременность. В дальнейшем в 2011–2023 гг. показатель распространённости в столь же выраженном темпе возрастал (при некоторых колебаниях значения в отдельные годы; $R^2=0,94$), увеличившись с 23,5 до 37,6% (см. рис. 1).

Инфекции мочеполовой системы

В начале периода наблюдения (2006–2007 гг.) показатели распространённости инфекций мочеполовой системы среди беременных имели сходные значения в Российской Федерации (21,3–20,4%) и Иркутской области (21,5–19,2%). На обоих объектах имели место понижающиеся тренды показателей ($R^2=0,96$ и $R^2=0,46$ соответственно), в результате чего в 2023 г. в Российской Федерации

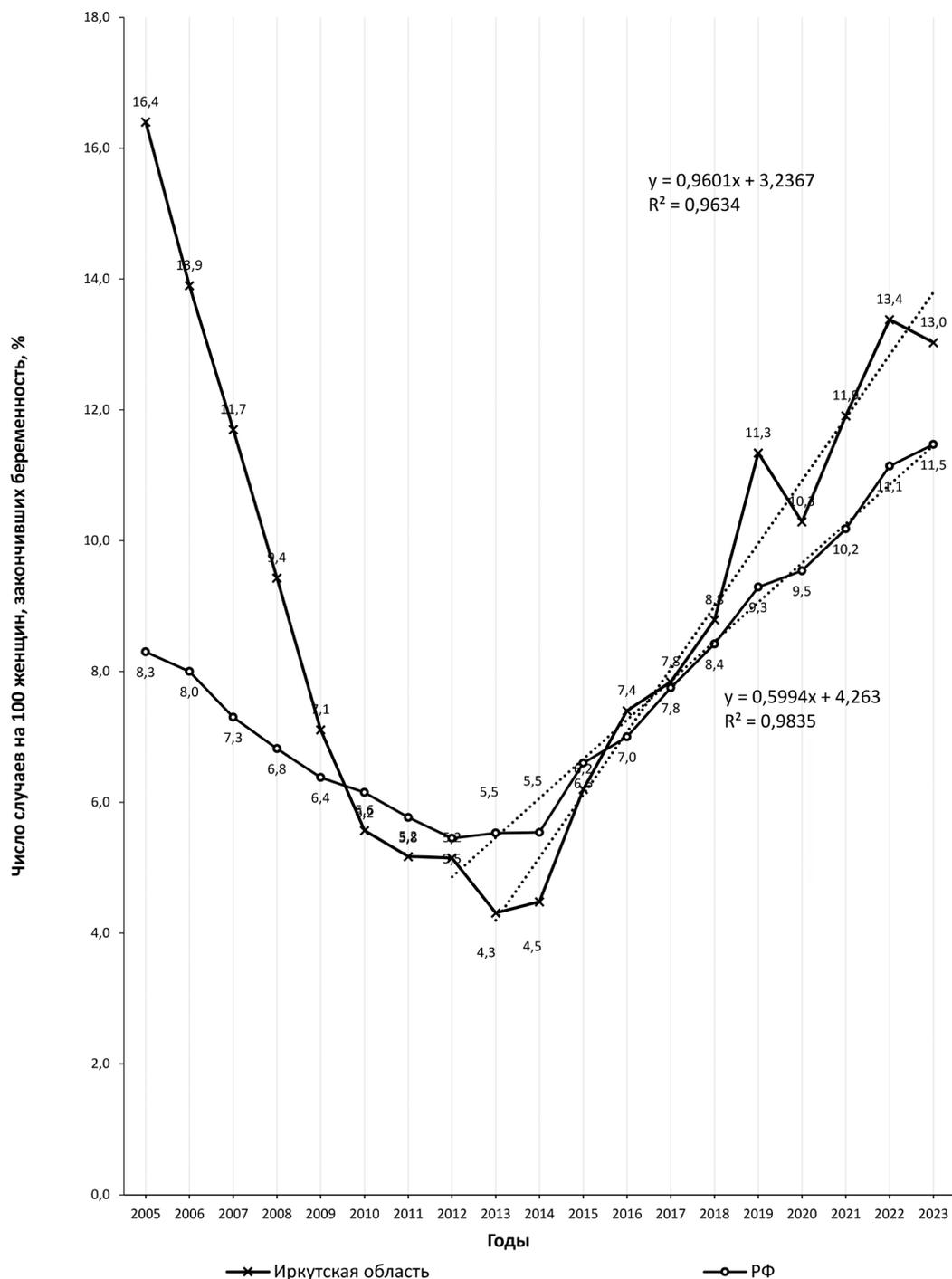


Рис. 2. Динамика показателей распространённости болезней эндокринной системы среди беременных в Российской Федерации (РФ) и Иркутской области с 2005 по 2023 г. (на 100 женщин, закончивших беременность).

Fig. 2. Trends in the prevalence of endocrine system diseases among pregnant women in the Russian Federation and the Irkutsk Region from 2005 to 2023 (per 100 women who completed pregnancy).

значение показателя составило 15,6%, в Иркутской области — 13,0% (см. табл. 1).

Болезни системы кровообращения

В период наблюдения в динамике показателей распространённости болезней системы кровообращения среди беременных отмечались сходные снижающиеся тренды в среднем по Российской Федерации ($R^2=0,96$) и в Иркутской области ($R^2=0,84$). При этом значения показателя в Иркутской области в течение всего периода наблюдения (7,5–2,5%) были ниже среднероссийских значений (10,9–5,9%; см. табл. 1).

Болезни эндокринной системы

Динамика показателей распространённости болезней эндокринной системы в Российской Федерации и Иркутской области имела сходную конфигурацию в виде вогнутой кривой с более высокими значениями показателя в начале и конце периода наблюдения и более низкими — в середине периода (рис. 2). При этом в начале периода (2005 г.) показатель распространённости по Иркутской области вдвое превышал среднероссийский показатель: 16,4 против 8,3%. Но к 2013–2014 гг. в результате высокого темпа снижения показателя по Иркутской области и низкого темпа снижения среднероссийского показателя

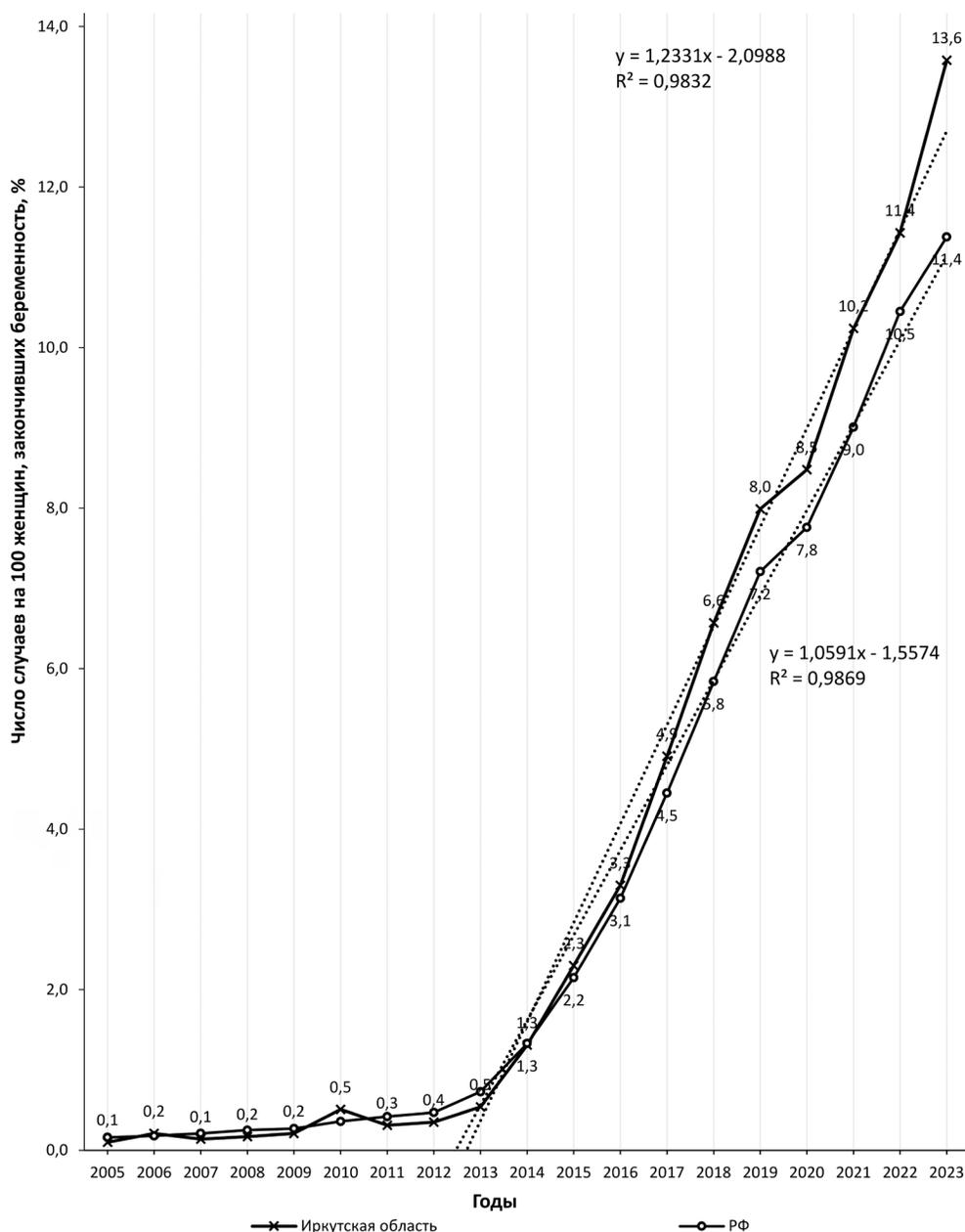


Рис. 3. Динамика показателей распространённости гестационного сахарного диабета среди беременных в Российской Федерации (РФ) и Иркутской области с 2005 по 2023 г. (на 100 женщин, закончивших беременность).

Fig. 3. Trends in the prevalence of gestational diabetes mellitus among pregnant women in the Russian Federation and the Irkutsk Region from 2005 to 2023 (per 100 women who completed pregnancy).

их значения сблизилась и составили 4,3–5,5%. В период с 2015 по 2023 г. наблюдались устойчивые возрастающие тренды показателей по Российской Федерации ($R^2=0,98$) и по Иркутской области ($R^2=0,96$).

Венозные осложнения

Динамика показателей распространённости венозных осложнений у беременных в течение всего периода наблюдения характеризовалась значимыми устойчивыми возрастающими трендами в среднем по Российской Федерации ($R^2=0,95$) и в Иркутской области ($R^2=0,75$; см. табл. 1). В Иркутской области ежегодно регистрировались значения показателя, которые были на 34–50% ниже среднероссийского уровня (см. табл. 1).

Гестационный сахарный диабет

С 2005 по 2013 г. показатели распространённости гестационного сахарного диабета у беременных при медленном возрастании значений ежегодно регистрировались на очень близких уровнях (от 0,10–0,16% до 0,73–0,54%). В последующий период (2014–2023 гг.) произошёл резкий рост значений показателя в обоих наблюдаемых объектах.

При анализе диаграммы (рис. 3) обращает на себя внимание наметившееся в 2019 г. замедление темпа роста гестационного сахарного диабета (кривая стала более полой). Но в 2020–2023 гг. темп роста гестационного сахарного диабета вновь ускорился.

ОБСУЖДЕНИЕ

В Иркутской области, как и по России в целом, продолжительное время наиболее часто осложнявшими течение беременности были анемия, инфекции мочеполовой системы, болезни системы кровообращения и болезни эндокринной системы. Значительные изменения в иерархии заболеваний беременных произошли в первом-третьем десятилетиях XXI в., когда с 2006 по 2023 г. снизилась распространённость инфекций мочеполовой системы (по Российской Федерации — в 1,36 раза, по Иркутской области — в 1,65 раза) и болезней системы кровообращения (по Российской Федерации — в 1,85 раза, по Иркутской области — в 2,82 раза).

В динамике показателей распространённости анемии беременных в период наблюдения отмечались разнонаправленные тренды. В среднем по Российской Федерации с 2005 по 2014 г., а в Иркутской области с 2005 по 2010 г. отмечалось последовательное снижение значений показателя распространённости анемии. Но в дальнейшем и по Российской Федерации, и в регионе эта тенденция сменилась на противоположную, причём в Иркутской области как снижающийся, так и повышающийся тренды были значительно более выражены, чем в среднем по Российской Федерации. С 2019 г. наметилась определённая стабилизация среднероссийских значений данного

показателя. В Иркутской области после стабилизации значений показателя в 2019–2021 гг. вновь наметилась тенденция к его росту в 2022–2023 гг. В отношении вышеописанных разнонаправленных изменений уровня распространённости анемии среди беременных нет достаточной ясности. Возможно, это в какой-то мере обусловлено принятием в 2013 г. новых диагностических критериев, а также изменениями социально-экономической ситуации, не всегда рациональными действиями по реформированию системы здравоохранения.

При всех изменениях масштабов распространённости анемии она продолжает оставаться наиболее массовой экстрагенитальной патологией беременных в России и, в частности, в Иркутской области. Её негативное влияние на репродуктивную функцию женщин носит комплексный характер как фактора, обуславливающего развитие осложнений беременности — тошноты и рвоты в первом триместре (гиперемезис беременных), преэклампсии, эклампсии, угрозы прерывания беременности, и как фактора, обуславливающего патологические изменения у плода — гипоксию головного мозга, отставание в росте и развитии, снижение иммунной резистентности и риск внутриутробного инфицирования [3–6].

С 2019 по 2023 г. проявилась тенденция к последовательному росту показателя распространённости болезнью эндокринной системы, который увеличился по Российской Федерации — с 9,3 до 11,5%, по Иркутской области — с 11,3 до 13,0%. Такая динамика внушает тревогу, поскольку течение беременности, сопровождаемое, например, некомпенсированным тиреотоксикозом, может вызывать фетальный гипертиреоз [7]. В случаях, когда проводят лечение беременной, направленное на снижение уровня ТТГ, возможно развитие фетального гипотиреоза и зоба у 25% новорождённых [8].

Наиболее радикальные сдвиги негативного характера произошли в динамике гестационного сахарного диабета, когда в течение десяти лет (2014–2023 гг.) скачкообразно увеличился показатель распространённости данного заболевания: по Российской Федерации — с 1,3 до 11,4%, по Иркутской области — с 1,3 до 13,6%. В качестве одной из причин такой динамики может быть активное внедрение во врачебную практику современного протокола (клинических рекомендаций) по гестационному сахарному диабету с введением новых диагностических критериев. Вероятность влияния фактора усовершенствования диагностики на рост выявляемости беременных с гестационным сахарным диабетом отмечают отечественные и зарубежные авторы [9–11]. Однако такой устойчивый и стремительный рост распространённости данного заболевания одним только фактором совершенствования диагностики объяснить, по-видимому, нельзя. Так, причинами может быть и то, что гестационный сахарный диабет в некоторых случаях является манифестом скрытых заболеваний, сопровождающихся нарушениями углеводного и липидного обмена (например, метаболического

синдрома), особенно с учётом тенденции увеличения возраста матери, или заболеваний ятрогенного генеза, например, последствий лекарственной терапии, направленной на сохранение беременности, процедур ЭКО и др. [12]. Обращает на себя внимание наметившееся в 2019 г. замедление темпа роста гестационного сахарного диабета. Но в 2020–2023 гг. рост заболеваемости вновь ускорился. Это ускорение в точности совпало с развернувшейся в 2020–2021 гг. пандемией новой коронавирусной инфекции COVID-19. В этот период появились зарубежные публикации о влиянии COVID-19 на течение беременности. Так, было установлено, что у беременных, инфицированных COVID-19, тяжелее протекает беременность [13–15].

О том, что новая коронавирусная инфекция может способствовать развитию заболеваний, осложняющих беременность, указывали в своих публикациях отечественные авторы [16–20]. Именно поэтому можно допустить, что она стала ещё одним фактором, обусловившим повышение распространённости гестационного сахарного диабета среди беременных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С 2005 по 2023 г. в Иркутской области, как и в Российской Федерации в целом, в состоянии здоровья беременных отмечались изменения как позитивного, так и негативного характера: происходило снижение распространённости инфекций мочеполовой системы, болезней системы кровообращения, но в то же время возросла частота выявления болезней эндокринной системы, гестационного сахарного диабета. В динамике распространённости анемии и венозных осложнений происходили разнонаправленные изменения без устойчивой тенденции к росту или снижению. Ситуация в целом далека от благополучной и требует дальнейшего развития современных технологий оказания медицинской помощи беременным, расширения и совершенствования скрининговых программ для беременных. Особое внимание следует уделить мерам по снижению заболеваемости беременных анемией, болезнями эндокринной системы, гестационным сахарным диабетом.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Я.А. Лещенко — концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных, подготовка и переработка статьи, окончательное редактирование и утверждение рукописи; А.А. Лисовцов — получение и статистическая обработка данных, подготовка статьи, окончательное редактирование и утверждение 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. Этическую экспертизу протокола исследования не проводили, информированное согласие на участие в исследовании не получали. Основание — в исследовании использованы публичные статистические данные, не содержащие персональных сведений о пациентах.

Источники финансирования. Работа выполнялась по плану научно-исследовательских работ в рамках государственного задания № 075-00484-25-00 от 25.12.2024.

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: Ya.A. Leshchenko: conceptualization, methodology, formal analysis, writing—original draft, writing—review & editing; A.A. Lisovtsov: 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 protocol was not reviewed by an ethics committee. No informed consent for participation in the study was obtained, as the study used publicly available data containing no personally identifiable patient information.

Funding sources: The study was conducted as part of the research plan of the state assignment No. 075-00484-25-00, approved on December 25, 2024.

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 obtained or published material (text, images, or data) was used in this study or article.

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.

Prevalence 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. Starodubov VI, Sukhanova LP. Reproductive problems of the demographic development of Russia. Moscow: Menedzher zdravookhraneniya; 2012. 320 p. (In Russ.) EDN: QMDFXF
2. Verzilina IN, Churnusov MN. Research of morbidity of pregnant women in the Belgorod region. *Challenges in Modern Medicine*. 2011;(10):14:154–158. EDN: OONXCN
3. Sorokina AV. Anemia in pregnant women. *Russian bulletin of Obstetrician-Gynecologist*. 2015;15(5):132–137. doi: 10.17116/rosakush2015154132-137 EDN: VHUJJJ
4. Petrov YuA, Goryaeva AE. Iron deficiency anemia in pregnant women. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2018;(5-1):240–244. EDN: XQGALJ
5. Ivanov DO, Iurev VK, Shevtsova KG, et al. Morbidity of pregnant anemia and its impact on infant mortality. *Pediatrician (St. Petersburg)*. 2019;10(1):1:43–48. doi: 10.17816/PED10143-48 EDN: HXPHLR
6. Moiseeva KE, Shevtsova KG, Berezkina EN, Kharbedia ShD. Pregnancy anemia as a medical and social problem. *Bulletin of Science and Practice*. 2019;5(1):103–110. doi: 10.5281/zenodo.2539588 EDN: YUDROX
7. Glinier D. The systematic screening and management of hypothyroidism and hyperthyroidism during pregnancy. *Trends Endocrinol Metab*. 1998;9(10):403–411. doi: 10.1016/s1043-2760(98)00095-2
8. Fadeyev VV. The upper reference level of TSH: are there sufficient arguments for its change. *Problems of Endocrinology*. 2008;54(1):46–50. doi: 10.14341/probl200854146-50 EDN: CKKMJN
9. Sukhikh GT, Krasnopolsky VI, Runikhina NK, et al. Transition to a new level of management of hypertensive and metabolic complications in pregnancy: current diagnostic criteria for gestational diabetes mellitus. *Akusherstvo i Ginekologiya*. 2013;(3):4–9. EDN: QAWKKB
10. Peaceman AM, Clifton RG, Phelan S, et al. Lifestyle interventions limit gestational weight gain in women with overweight or obesity: LIFE-moms prospective meta-analysis. *Obesity (Silver Spring)*. 2018;26(9):1396–1404. doi: 10.1002/oby.22250
11. Pastorino S, Bishop T, Crozier SR, et al. Associations between maternal physical activity in early and late pregnancy and offspring birth size: remote federated individual level meta-analysis from eight cohort studies. *BJOG*. 2018;126(4):459–470. doi: 10.1111/1471-0528.15476
12. Dzugkoev SG, Tedtoeva AI, Dzugkoeva FS, et al. Pregnancy and diabetes. *Modern Problems of Science and Education*. 2016;(4):44. EDN: WIQBON
13. Chen L, Li Q, Zheng D, et al. Clinical characteristics of pregnant women with COVID-19 in Wuhan, China. *N Engl J Med*. 2020;382(25):e100. doi: 10.1056/NEJMc2009226
14. Qosimova ZN, Acmalchodjaeva II, Rustamova RI, Qosimova MD. Coronavirus infection during the pregnancy. *Mother and Child*. 2021;(3):34–36. EDN: QFRYLZ
15. Mirzozoda GS, Dodkhoeva MF, Abdullaeva RA. COVID-19 and women's reproductive health. *Avicenna Bulletin*. 2022;24(3):385–393. doi: 10.25005/2074-0581-2022-24-3-385-393 EDN: ZAWFSH
16. Belokrinitskaya TE, Artymuk NV, Filippov OS, Shifman EM. Dynamics of the epidemic process and the course of the COVID-19 in pregnant women of the Far Eastern and Siberian Federal Districts. *Gynecology*. 2020;22(5):6–11. doi: 10.26442/20795696.2020.5.200439 EDN: JOAWAV
17. Belokrinitskaya TE, Artymuk NV, Filippov OS, Frolova NI. Clinical course, maternal and neonatal outcomes of COVID-19 infection in pregnancy: an epidemiological study in Siberia and the Far East. *Gynecology*. 2021;23(1):43–47. doi: 10.26442/20795696.2021.1.200639 EDN: UUHGDO
18. Zhukovets IV, Andrievskaya IA, Krivoshchekova NA, et al. First effects of the COVID-19 pandemic: pregnancy complications, newborn health and expected reproductive losses. *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration*. 2022;(84):77–85. doi: 10.36604/1998-5029-2022-84-77-85 EDN: HGZCJ
19. Volkova NI, Panenko SO. Gestational diabetes mellitus: current screening problems. *Diabetes Mellitus*. 2022;25(1):72–80. doi: 10.14341/DM12727 EDN: OJNTSE
20. Belokrinitskaya TE, Frolova NI, Mudrov VA, et al. Postcovid syndrome in pregnant women. *Akusherstvo i Ginekologiya*. 2023;(6):60–68. doi: 10.18565/aig.2023.54 EDN: YZCQPW

ОБ АВТОРАХ

* **Лещенко Ярослав Александрович**, д-р мед. наук, профессор; адрес: Россия, 655827, Ангарск, 12А микрорайон, д. 3, а/я 1170; ORCID: 0000-0001-5687-6966; eLibrary SPIN: 3430-2802; e-mail: yaleshenko@gmail.com

Лисовцов Александр Александрович, канд. мед. наук; ORCID: 0000-0003-2993-4563; eLibrary SPIN: 4369-4741; e-mail: a.a.lisovtsov@gmail.com

AUTHORS' INFO

* **Yaroslav A. Leshchenko**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; address: 3 microdistrict 12A, PO box 1170, Angarsk, Russia, 665827; ORCID: 0000-0001-5687-6966; eLibrary SPIN: 3430-2802; e-mail: yaleshenko@gmail.com

Alexandr A. Lisovtsov, MD, Cand. Sci. (Medicine); ORCID: 0000-0003-2993-4563; eLibrary SPIN: 4369-4741; e-mail: a.a.lisovtsov@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco689685>

EDN: DGYTEA

Взаимосвязь вариаций нарушения здоровья населения субарктического региона с гелиогеофизическими факторами и кислородным статусом приземного воздуха при различном уровне солнечной активности

О.Н. Рагозин¹, Е.Ю. Шаламова¹, А.Б. Гудков², И.А. Погонышева³, Л. Мутэло⁴,
Э.Р. Рагозина¹, Д.А. Погонышев³

¹ Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, Ханты-Мансийск, Россия;

² Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия;

³ Нижневартковский государственный университет, Нижневартковск, Россия;

⁴ Университет Лимпопо, Полокване, Южно-Африканская Республика

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Общеизвестно, что здоровье человека зависит от динамики космической погоды. Однако остаются нерешёнными вопросы циклического взаимодействия отдельных групп заболеваний с основными компонентами солнечной радиации и её производными.

Цель. Оценить стабильность временных рядов нарушений здоровья населения Севера, линейную и фазовую синхронизацию с гелиогеофизическими факторами и кислородным статусом в зависимости от уровня солнечной активности.

Методы. Данные о числе солнечных пятен получены из материалов Королевской обсерватории Бельгии. Для оценки уровня солнечной радиации, планетарного и локального индексов магнитной активности использовали материалы Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации. Расчёт парциальной плотности кислорода производили по значениям температуры, атмосферного давления и относительной влажности воздуха. Сведения по обращаемости в службу скорой медицинской помощи получили из базы данных вызовов. Сравнивали показатели 2001 и 2007 гг. (соответственно с высокой и низкой солнечной активностью). Для математической обработки применяли вейвлет-анализ.

Результаты. В общей выборке базы вызовов скорой медицинской помощи степень рассеивания данных в 2001 г. составила 14,69%, в 2007 г. — 15,83%; у мужчин показатель соответственно равнялся 25,78% и 24,40%, у женщин — 23,75% и 23,23% в обеих группах и не зависел от уровня солнечной активности. Временная совокупность в случаях инфекционных заболеваний, нарушений психики, патологии мочеполовой системы, беременности и родов становится неоднородной при росте солнечной активности, а для болезней органов дыхания наблюдается консолидация временного ряда. Линейная синхронизация характеризуется умеренной положительной связью (0,338) между обращаемостью и парциальной плотностью кислорода, которая снижается до уровня слабой (0,177) при повышении солнечной активности; линейная синхронизация вызовов с числом солнечных пятен (0,139), солнечной радиацией (0,278) и локальным индексом магнитной активности (0,119) при росте солнечной активности снижается до уровня статистического шума. В год активного Солнца наблюдается рост индекса синфазности общей обращаемости при увеличении числа солнечных пятен (2001 г. — 57,4%; 2007 г. — 61,1%) и уровня солнечной радиации (2001 г. — 55,6%; 2007 г. — 60,4%), синфазность обращаемости и парциальной плотности кислорода снижается (2001 г. — 77,2%; 2007 г. — 68,5%). При оценке фазового десинхронизации гелиофизических факторов и отдельных нозологических групп обнаруживаются три типа реакции: отсутствие реакции, синхронизация и десинхронизация.

Заключение. При росте солнечной активности временная совокупность вызовов скорой медицинской помощи становится неоднородной в случаях инфекционных заболеваний, нарушений психики, патологии мочеполовой системы, беременности и родов. При болезнях органов дыхания наблюдается обратный эффект в виде консолидации временного ряда. В год спокойного Солнца присутствует умеренная линейная синхронизация между обращаемостью и парциальной плотностью кислорода, которая снижается до уровня слабой при повышении солнечной активности при выраженных межполовых различиях. Взаимосвязь нарушений здоровья с числом солнечных пятен, солнечной радиации, планетарного и локального индексов магнитной активности в год активного Солнца ослабевает до уровня статистического шума. При повышении солнечной активности наблюдается фазовый десинхронизация между колебаниями нарушений здоровья и вариабельностью парциальной плотности кислорода. Десинхронизация ритмов здоровья наблюдается только при оценке их взаимосвязи с общепланетарными параметрами. При сравнении временных рядов обращаемости в службу скорой медицинской помощи, стратифицированной по нозологическим группам, с рассчитанными для данной местности локальным индексом магнитной активности и парциальной плотности кислорода отмечается снижение фазового десинхронизации.

Ключевые слова: солнечная активность; геомагнитная активность; парциальная плотность кислорода; Север; межполовые различия; нозологические группы.

Как цитировать:

Рагозин О.Н., Шаламова Е.Ю., Гудков А.Б., Погонышева И.А., Мутэло Л., Рагозина Э.Р., Погонышев Д.А. Взаимосвязь вариаций нарушения здоровья населения субарктического региона с гелиогеофизическими факторами и кислородным статусом приземного воздуха при различном уровне солнечной активности // Экология человека. 2025. Т. 32, № 9. С. 651–660. DOI: 10.17816/humeco689685 EDN: DGYTEA

Рукопись поступила: 21.08.2025

Рукопись одобрена: 06.09.2025

Опубликована online: 16.09.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco689685>

EDN: DGYTEA

Relationship Between Variations in Population Health Disorders in a Subarctic Region and Heliogeophysical Factors and Oxygen Status of Surface Air Under Different Levels of Solar Activity

Oleg N. Ragozin¹, Elena Yu. Shalamova¹, Andrei B. Gudkov², Irina A. Pogonysheva³, Livhuwani Muthelo⁴, Elina R. Ragozina¹, Denis A. Pogonyshv³

¹ Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia;

² Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia;

³ Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia;

⁴ University of Limpopo, Polokwane, South Africa.

ABSTRACT

BACKGROUND: It is generally recognized that human health depends on the changes of space weather. However, the cyclic interactions of specific groups of diseases with the main components of solar radiation and its derivatives remain unresolved.

AIM: The work aimed to assess the stability of time series of health disorders in the northern population, as well as linear and phase synchronization with heliogeophysical factors and oxygen status depending on the level of solar activity.

METHODS: Data on sunspot numbers were obtained from the Royal Observatory of Belgium. To assess the level of solar radiation, as well as planetary and local indices of magnetic activity, materials from the All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information were used. Partial oxygen density was calculated from values of temperature, atmospheric pressure, and relative humidity. Data on ambulance calls were retrieved from the emergency service database. Indicators from 2001 and 2007 (years of high and low solar activity, respectively) were compared. Wavelet analysis was applied for mathematical processing.

RESULTS: In the overall ambulance call dataset, the degree of data dispersion in 2001 was 14.69%, compared with 15.83% in 2007; in men, the indicator was 25.78% and 24.40%, respectively, and in women 23.75% and 23.23%, independent of solar activity level. The temporal distribution of cases of infectious diseases, mental disorders, genitourinary pathology, pregnancy, and childbirth became heterogeneous with increasing solar activity, whereas for respiratory diseases a consolidation of the time series was observed. Linear synchronization was characterized by a moderate positive association (0.338) between ambulance calls and partial oxygen density, which decreased to a weak level (0.177) with rising solar activity; linear synchronization with sunspot numbers (0.139), solar radiation (0.278), and the local magnetic activity index (0.119) weakened to the level of statistical noise during high solar activity. In the active Sun year, the in-phase synchronization index of total ambulance calls increased with the number of sunspots (57.4% in 2001; 61.1% in 2007) and solar radiation (55.6% 2001; 60.4% in 2007), whereas synchronization between calls and partial oxygen density declined (77.2% 2001; 68.5% 2007). Assessment of phase desynchronization between heliophysical factors and specific nosological groups revealed three reaction types: absence of reaction, synchronization, and desynchronization.

CONCLUSION: With increasing solar activity, the temporal distribution of ambulance calls becomes heterogeneous for infectious diseases, mental disorders, genitourinary pathology, pregnancy, and childbirth. In the case of respiratory diseases, the opposite effect is observed in the form of time series consolidation. In a year of the quiet Sun, moderate linear synchronization exists between ambulance calls and partial oxygen density, which declines to weak synchronization with increasing solar activity, accompanied by pronounced sex-related differences. Associations of health disorders with sunspot numbers, solar radiation, and planetary and local magnetic activity indices weaken to statistical noise during active Sun periods. With increasing solar activity, phase desynchronization is observed between fluctuations in health disturbances and the variability of oxygen partial density. Desynchronization of health rhythms is observed only in relation to global planetary parameters. When comparing time series of ambulance calls stratified by nosological groups with the locally calculated magnetic activity index and partial oxygen density, phase desynchronization was found to decrease.

Keywords: solar activity; geomagnetic activity; partial oxygen density; North; sex differences; nosological groups.

To cite this article:

Ragozin ON, Shalamova EYu, Gudkov AB, Pogonysheva IA, Muthelo L, Ragozina ER, Pogonyshv DA. Relationship Between Variations in Population Health Disorders in a Subarctic Region and Heliogeophysical Factors and Oxygen Status of Surface Air Under Different Levels of Solar Activity. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(9):651–660. DOI: 10.17816/humeco689685 EDN: DGYTEA

Received: 21.08.2025

Accepted: 06.09.2025

Published online: 16.09.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco689685>

EDN: DGYTEA

亚北极地区居民健康损害变异与日地物理因素及近地层空气氧状态在不同太阳活动水平下的相关性

Oleg N. Ragozin¹, Elena Yu. Shalamova¹, Andrei B. Gudkov², Irina A. Pogonysheva³, Livhuwani Muthelo⁴, Elina R. Ragozina¹, Denis A. Pogonyshv³

¹ Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia;

² Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia;

³ Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia;

⁴ University of Limpopo, Polokwane, South Africa.

摘要

论证: 人类健康受空间天气动态的影响已得到普遍认可。然而,不同疾病组与太阳辐射主要成分及其衍生物之间的周期性相互作用仍未得到充分阐明。

目的: 评估北方地区居民健康损害时间序列的稳定性,其与日地物理因素及氧状态的线性和相位同步关系,并分析其在不同太阳活动水平下的特征。

方法: 太阳黑子数据信息来自 Royal Observatory of Belgium。为评估太阳辐射、行星和局地磁活动指数的水平,采用All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information的资料。氧分压密度依据气温、大气压和相对湿度计算。居民健康数据来源于急救医疗呼叫数据库。比较2001年和2007年的指标(分别对应高、低太阳活动期)。数学处理采用小波分析。

结果: 在急救医疗呼叫总样本中,数据离散度在2001年为14.69%,2007年为15.83%;男性分别为25.78%和24.40%,女性分别为23.75%和23.23%,不依赖于太阳活动水平。在高太阳活动期,感染性疾病、精神障碍、泌尿生殖系统疾病以及妊娠和分娩的时间序列趋于非均质化,而呼吸系统疾病则表现为序列整合。线性同步性分析显示,健康损害与氧分压密度之间存在中度正相关(0.338),在高太阳活动期下降至弱相关水平(0.177);与太阳黑子数(0.139)、太阳辐射(0.278)及局地磁活动指数(0.119)的线性同步性在高太阳活动期减弱至统计噪声水平。在太阳活动年,健康损害与太阳黑子数的同相指数增加(2001年57.4%;2007年61.1%),与太阳辐射的同相指数亦增加(2001年55.6%;2007年60.4%),而与氧分压密度的同相指数则下降(2001年77.2%;2007年68.5%)。在评估健康损害与日地物理因素的相位不同步性时,发现了三种类型的反应:无反应、同步和不同步。

结论: 在高太阳活动期,感染性疾病、精神障碍、泌尿生殖系统疾病以及妊娠和分娩的时间序列趋于非均质化。呼吸系统疾病则表现为时间序列整合效应。在低太阳活动期,健康损害与氧分压密度之间存在中度线性同步,而在高太阳活动期降至弱同步,并呈现显著性别差异。健康损害与太阳黑子数、太阳辐射、行星及局地磁活动指数的相关性在高太阳活动期减弱至统计噪声水平。随太阳活动增强,健康损害波动与氧分压密度变异之间出现相位不同步性。健康节律的去同步化仅在其与全球性参数的关系中观察到。在将按疾病组别分层的急救就诊时间序列与当地磁活动指数和氧分压密度进行比较时,观察到相位不同步性有所减弱。

关键词: 太阳活动;地磁活动;氧分压密度;北方地区;性别差异;疾病组别。

引用本文:

Ragozin ON, Shalamova EYu, Gudkov AB, Pogonysheva IA, Muthelo L, Ragozina ER, Pogonyshv DA. 亚北极地区居民健康损害变异与日地物理因素及近地层空气氧状态在不同太阳活动水平下的相关性. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(9):651-660.

DOI: 10.17816/humeco689685 EDN: DGYTEA

收到: 21.08.2025

接受: 06.09.2025

发布日期: 16.09.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Организм человека постоянно находится в состоянии внешнего десинхронизации, то есть рассогласования по фазе собственных ритмов жизнедеятельности и ритмов датчиков времени [1]. Этот процесс может развиваться при изменениях гелиоклиматических факторов, при сменной работе, эмоциональном стрессе, развитии соматической и психической патологии [2].

В субарктических регионах в связи с характерным гелиофизическим статусом циркумполярных областей возникают условия для нарушения временной организации психофизиологических функций организма [3].

Во время солнечных вспышек наблюдается усиление волнового электромагнитного излучения во всём спектральном диапазоне, в межпланетное пространство выбрасываются мощные потоки заряженных частиц, энергия и скорость которых намного больше, чем у компонентов солнечного ветра [4], что изменяет световой и тепловой баланс, геомагнитную активность, влияет на погоду, кислородный статус и состояние биосферы [5]. До настоящего времени неясно, насколько длительность периода наблюдений влияет на выявление гелиоклиматических ритмов и вариаций нарушения здоровья при экологическом мониторинге, имеется ли их взаимосвязь. Важно установить, какова чувствительность групп заболеваний к гелиофизическим факторам и специфичность их развития и обострения. Необходимость комплексного анализа взаимодействия гелиоклиматических факторов и нарушений здоровья человека определяет актуальность данного исследования.

Цель исследования. Оценить стабильность временных рядов нарушений здоровья населения Севера, линейную и фазовую синхронизацию с гелиогеофизическими факторами и кислородным статусом в зависимости от уровня солнечной активности.

МЕТОДЫ

Информация об обращениях в службу скорой медицинской помощи (СМП) Ханты-Мансийска получена из электронной базы данных вызовов за 2001 и 2007 гг. в среднем за сутки по следующим классам в соответствии с МКБ-10¹: некоторые инфекционные и паразитарные болезни (АВ); психические расстройства и расстройства поведения (F); болезни нервной системы (G); болезни системы кровообращения (I); болезни органов дыхания (J); болезни органов пищеварения (K); болезни мочеполовой системы (N); беременность, роды и послеродовой период (O);

¹ Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации № 170 от 27 мая 1997 г. «О переходе органов и учреждений здравоохранения Российской Федерации на Международную статистическую классификацию болезней и проблем, связанных со здоровьем, X пересмотра». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_115103 Дата обращения: 17.03.2025.

травмы и другие воздействия от внешних причин (ST). Для анализа ритмов используется абсолютная величина обращаемости в СМП. Относительная величина (на 1 тыс. населения) применяется при анализе процентного вклада нозологий при изменении солнечной активности. Показатель обращаемости также стратифицировали по полу.

Данные об относительном ежедневном числе солнечных пятен (число Вольфа — W) получены из общедоступных материалов Королевской обсерватории Бельгии (Брюссель)². Сравнивали показатели за 2007 г., который является одним из наиболее спокойных периодов 23-го цикла солнечной активности (среднемесячный сглаженный минимум W составляет 2,2), и за 2001 г., характеризующийся высокой активностью Солнца (W — 180,3). Для оценки годовой динамики уровня солнечной радиации (СР, Вт/м²), планетарного магнитного индекса (Аp, нТл), локального индекса геомагнитной активности (К-индекс, баллы) использовали материалы Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации — Мирового центра данных³.

Для расчёта парциальной плотности кислорода (ППК, г/м³), или весового содержания кислорода, использовали ежедневные среднесуточные значения температуры окружающего воздуха (Т, °С), атмосферного давления (Р, мм рт. ст.) и относительной влажности (φ, %). ППК прямо пропорциональна атмосферному давлению за вычетом парциального давления водяного пара и обратно пропорциональна температуре воздуха: $ППК = 83 \times (P - \varphi) / T$. Наблюдается прямая корреляция ППК с парциальным давлением кислорода во вдыхаемом и альвеолярном воздухе в зависимости от физических характеристик [6].

Для оценки временных рядов применяли вейвлет-анализ, по результатам которого можно судить, как меняется спектральный состав анализируемого ряда со временем⁴. Определяли средний уровень показателя (мезор, $M \pm SD$), энергию ритма (эквивалент амплитуды, усл. ед.), коэффициент вариации (C_v , %), коэффициент линейной синхронизации (r_s , усл. ед.), индекс синфазности (ИСФ, %).

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия» (заключение № 214 от 15.10.2024).

РЕЗУЛЬТАТЫ

С 2001 по 2007 г. выявлен прирост среднегодового уровня (мезора), обращаемости в СМП, энергии колебаний

² WDC-SILSO. Royal Observatory of Belgium, Brussels. Режим доступа: <http://www.sidc.be/silso/datafiles> Дата обращения: 17.03.2025.

³ Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных. Режим доступа: <http://mete.ru> Дата обращения: 17.03.2025.

⁴ Программа исследования биологических ритмов методом вейвлет-анализа. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014611398 от 03.02.2014.

Таблица 1. Мезор, энергия ритмов и коэффициент вариации обращаемости в службу скорой медицинской помощи в годы с разной солнечной активностью**Table 1.** Mesor, rhythm energy, and coefficient of variation of ambulance service utilization during years of different solar activity

Обращаемость, случаи	Мезор, M±SD		Энергия, усл. ед.		Коэффициент вариации, %	
	2001 г.	2007 г.	2001 г.	2007 г.	2001 г.	2007 г.
Общие	65,77±9,66	80,37±12,72	4418,33	6621,02	14,69	15,83
Мужчины	22,06±5,69	26,42±6,45	518,87	739,60	25,78	24,40
Женщины	25,36±6,02	34,58±8,03	679,62	1260,20	23,75	23,23
AB	1,04±1,66	2,22±1,71	3,83	7,86	160,32	76,71
F	3,78±2,09	4,60±2,30	18,65	26,49	55,30	49,95
G	4,38±2,28	4,33±2,38	24,42	24,41	52,07	55,10
I	10,04±3,58	12,70±4,11	113,54	178,27	35,68	33,36
J	7,19±3,05	11,34±7,48	61,06	184,69	42,43	65,98
K	5,17±2,41	6,19±2,71	32,58	45,62	46,63	43,81
N	1,96±1,49	2,80±1,77	6,04	10,95	76,04	63,19
O	1,07±1,06	1,75±1,42	2,26	5,07	99,37	80,86
ST	9,01±3,55	8,99±3,65	93,73	94,22	39,46	40,57

Примечание. AB — инфекционные и паразитарные болезни; F — психические расстройства и расстройства поведения; G — болезни нервной системы; I — болезни системы кровообращения; J — болезни органов дыхания; K — болезни органов пищеварения; N — болезни мочеполовой системы; O — беременность, роды и послеродовой период; ST — травмы и другие воздействия от внешних причин.

общего показателя и по группам заболеваний. Вероятно, что подобная динамика объясняется больше социально-демографическими причинами, чем влиянием космофизических факторов (табл. 1). Так, прирост населения Ханты-Мансийска с 2001 по 2007 г. составил 56,2% (с 40 455 до 63 200 населения), обращаемость в СМП выросла на 26%. В абсолютных числах отмечен рост обращаемости в СМП с 15 924 (2001 г.) до 20 141 (2007 г.) вызовов в год, тогда как относительный уровень (случаи на тыс. населения) несколько снизился — с 393,6 (2001 г.) до 318,6 (2007 г.).

В общей выборке степень рассеивания данных, выражаемая C_v (см. табл. 1), является средней (10–20%), у мужчин и женщин — значительной (больше 20% и меньше 33%) и не зависит от уровня солнечной активности. Согласно анализу обращений в СМП с учётом отдельных нозологических групп, временная совокупность числа вызовов становится неоднородной при росте солнечной активности в случаях инфекционных и паразитарных заболеваний, при нарушениях психики, патологии мочеполовой системы, беременности, родов и их осложнений. Для некоторых групп болезней наблюдается обратный эффект в виде консолидации временного ряда (болезни органов дыхания). Отчётливой реакции на изменение уровня солнечной активности временных рядов болезней нервной системы, пищеварительного тракта и сердечно-сосудистых заболеваний, а также частоты травм различной этиологии не наблюдается, хотя многие исследователи отмечают влияние активного солнца на эти кластеры нарушений здоровья [7–10].

На следующем этапе исследования оценили линейную синхронизацию временных рядов общей и межполовой обращаемости в СМП с гелиогеофизическими показателями и ППК в годы с разной солнечной активностью. В 2007 г. выявляется умеренная положительная связь между обращаемостью (случаи) и величиной ППК, которая соответствовала слабому уровню при повышении солнечной активности. Межполовые различия характеризуются снижением взаимосвязей обращаемости и ППК у женщин с умеренного до слабого (0,318–0,186) при росте солнечной активности. Изменение коэффициента линейной корреляции «случаи/ППК» у мужчин при увеличении солнечной активности незначительно. В год активного Солнца ослабевает взаимосвязь колебаний обращаемости с динамикой количества W , уровнем CP и K -индексом до уровня статистического шума — 0,01–0,09 (табл. 2).

Чтобы проанализировать взаимосвязь гелиофизических факторов и нарушений здоровья, необходимо обозначить, что такое синхронность и синфазность временных рядов. Под синхронными колебаниями понимаются два процесса, при которых в каждый момент времени происходят одинаковые изменения, но присутствует определённый фазовый сдвиг. У синфазных процессов в каждый момент времени фазы совпадают. Синфазность 100% свидетельствует об одномоментности изменений, нулевое значение говорит о том, что колебания происходят в противофазе. В более сложных процессах, где присутствуют несколько колебаний (в нашем случае это постоянные и вставочные ритмы изучаемых показателей), можно вычислить долю синфазных компонент. Далее обозначим её как ИСФ (%).

Таблица 2. Линейная синхронизация (усл. ед.) общей и межполовой обращаемости в службу скорой медицинской помощи с гелиогеофизическими факторами и парциальной плотностью кислорода в годы с разной солнечной активностью**Table 2.** Linear synchronization (arb. units) of total and sex-specific ambulance service utilization with heliogeophysical factors and partial oxygen density during years of different solar activity

2001 г.	Случаи	Мужчины	Женщины	Ар	W	СР	К-индекс	ППК
Случаи	1,000	0,534	0,576	0,049	0,054	0,080	0,022	0,177
Мужчины	0,534	1,000	0,114	0,075	0,066	0,067	0,025	0,119
Женщины	0,576	0,114	1,000	0,090	0,089	0,143	0,073	0,186
Ар, нТл	0,049	0,075	0,090	1,000	0,150	0,088	0,029	0,034
W	0,054	0,066	0,089	0,150	1,000	0,058	0,045	0,073
СР, Вт/м ²	0,080	0,067	0,143	0,088	0,058	1,000	0,052	0,587
К-индекс, баллы	0,022	0,025	0,073	0,029	0,045	0,052	1,000	0,103
ППК, г/м ³	0,177	0,119	0,186	0,034	0,073	0,587	0,103	1,000
2007 г.	Случаи	Мужчины	Женщины	Ар	W	СР	К-индекс	ППК
Случаи	1,000	0,500	0,648	0,052	0,139	0,278	0,119	0,338
Мужчины	0,500	1,000	0,077	0,044	0,118	0,107	0,079	0,150
Женщины	0,648	0,077	1,000	0,088	0,080	0,299	0,050	0,318
Ар, нТл	0,052	0,044	0,088	1,000	0,081	0,049	0,108	0,027
W	0,139	0,118	0,080	0,081	1,000	0,132	0,242	0,105
СР, Вт/м ²	0,278	0,107	0,299	0,049	0,132	1,000	0,214	0,603
К-индекс, баллы	0,119	0,079	0,050	0,108	0,242	0,214	1,000	0,280
ППК, г/м ³	0,338	0,150	0,318	0,027	0,105	0,603	0,280	1,000

Примечание. Ар — планетарный магнитный индекс; W — число солнечных пятен; СР — солнечная радиация; К-индекс — локальный индекс геомагнитной активности; ППК — парциальная плотность кислорода.

При повышении солнечной активности наблюдается увеличение фазовой синхронизации общего показателя обращаемости в СМП (случаи) при увеличении числа солнечных пятен (W) и уровня СР; при этом синфазность обращаемости в СМП с параметрами общепланетарной, локальной магнитной и ППК снижается (табл. 3).

Наблюдается выраженная синхронизация обращаемости в СМП с W и уровнем СР и десинхронизация нарушений здоровья и величины ППК с ростом солнечной активности с менее отчётливой реакцией изменения общепланетарной и локальной магнитной активности.

Обнаруженная динамика показателя общей обращаемости в СМП недостаточна для предметного прогнозирования ухудшения состояния здоровья населения. Исходя из этого, следующим этапом исследования явилась

оценка фазового десинхрониза по динамике ИСФ гелиофизических факторов и отдельных нозологических групп.

При таком подходе выявлены три типа реагирования: отсутствие реакции, повышение и снижение синфазности. Как оказалось, величина ИСФ нозологических групп, характеризующих психическую патологию и разнообразный спектр патологических состояний при беременности, родах и в послеродовом периоде, не реагирует на изменения основных гелиофизических параметров (W и уровень СР) и их производных — Ар, К-индекс, ППК (табл. 4).

Было обнаружено, что десинхронизация нарастает в группах нервных заболеваний и патологии органов дыхания при увеличении числа W, в группах с патологией сердечно-сосудистой системы и органов дыхания

Таблица 3. Динамика индекса синфазности (%) гелиогеофизических факторов и обращаемости в службу скорой медицинской помощи в годы с разной солнечной активностью**Table 3.** Changes of the in-phase index (%) of heliogeophysical factors and ambulance service utilization during years of different solar activity

Год	Случаи/W	Случаи/СР	Случаи/Ар	Случаи/К-индекс	Случаи/ППК
2001	61,1	60,4	61,3	64,9	68,5
2007	57,4	55,6	64,3	66,2	77,2

Примечание. W — число солнечных пятен; СР — солнечная радиация; Ар — планетарный магнитный индекс; К-индекс — локальный индекс геомагнитной активности; ППК — парциальная плотность кислорода.

Таблица 4. Динамика индекса синфазности гелиогеофизических параметров и нозологических групп в годы с разной солнечной активностью**Table 4.** Changes of the in-phase index of heliogeophysical parameters and nosological groups during years of different solar activity

Индекс синфазности, %	W		CP		Ap		К-индекс		ППК	
	2001 г.	2007 г.	2001 г.	2007 г.	2001 г.	2007 г.	2001 г.	2007 г.	2001 г.	2007 г.
AB	61,9	60,9	63,1	62,0	→		64,6	62,1	66,1	65,2
					61,9	68,1				
F	61,7	62,9	66,0	65,8	61,7	63,2	63,4	60,8	62,5	62,9
G			62,5	64,7	→		→		64,3	63,3
	67,0	62,4			67,0	62,3	67,1	62,5		
I	61,5	62,9	→		←		66,8	66,0	68,5	70,5
			63,6	57,5	61,5	66,2				
J	→		→		66,8	66,1	←		←	
	66,8	57,7	59,7	51,2			61,9	71,1	68,3	78,9
K	65,2	64,6	62,2	59,9	65,2	66,8	64,9	63,5	←	
									64,1	69,7
N	66,2	66,1	66,4	63,5	→		63,8	63,9	63,8	65,7
					66,2	61,1				
O	66,6	63,5	66,0	65,0	66,6	63,1	66,4	62,7	65,6	62,1
ST	←		70,9	68,6	←		62,7	62,9	59,9	62,5
	59,3	65,3			59,3	64,2				

Примечание. AB — некоторые инфекционные и паразитарные болезни; F — психические расстройства и расстройства поведения; G — болезни нервной системы; I — болезни системы кровообращения; J — болезни органов дыхания; K — болезни органов пищеварения; N — болезни мочеполовой системы; O — беременность, роды и послеродовой период; ST — травмы и другие воздействия от внешних причин; W — число солнечных пятен; CP — солнечная радиация; Ap — планетарный магнитный индекс; К-индекс — локальный индекс геомагнитной активности; ППК — парциальная плотность кислорода.

при повышении CP, в группах заболеваний нервной системы при изменениях планетарной и локальной активности (Ap и К индекс).

Наблюдается синхронизация колебаний окологодового количества W с обращаемостью в СМП по поводу различного рода травм. Растёт взаимосвязь колебаний общепланетарной магнитной активности с обращаемостью по поводу инфекционных и паразитарных заболеваний, сердечно-сосудистых заболеваний, травм, усиливается согласованность временных рядов локальной магнитной активности и заболеваний органов дыхания. Повышается синхронизация вариабельности ППК и динамики заболеваний органов дыхания и органов пищеварения. Наиболее чувствительной к экзогенным факторам нозологической группой является патология органов дыхания, далее следуют нервные болезни, сердечно-сосудистые заболевания и травматизм.

ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние космофизических факторов на состояние здоровья человека общепризнано [11]. Исследователи связывают возникновение острых и обострение

хронических заболеваний с хромосферными вспышками [12], прохождением солнечных пятен через центральный меридиан [13].

Солнечная активность — процесс циклический, поэтому циклический же характер имеют и связанные с ней биофизические и социальные процессы. Циклическость признаётся важнейшим аспектом проявления биологической целесообразности и физиологической целостности организмов. Синхронность гелио-, гео- и биофизических процессов отражает единство организмов и среды, к изменениям которой они приспосабливаются. Получены сведения об окологодовой динамике физиологических показателей организма человека, которые связывают с колебаниями магнитной активности в различных широтах [14], различных компонентов солнечного ветра [15], о большей чувствительности к изменениям магнитной активности у мужчин [16]. Получены данные о чувствительности определённых нозологий к космофизическим факторам [5].

В нашем исследовании высокой солнечной активности обнаружена неоднородность годовых колебаний обращаемости в СМП по поводу инфекционных заболеваний, психических расстройств, патологии органов дыхания,

мочеполовой системы, вызовов акушерско-гинекологического и педиатрического кластера.

Предлагаются различные гипотезы влияния экзогенных факторов на здоровье, в том числе флуктуации приземного электромагнитного поля [17]. Была предложена концепция влияния гелиомагнитных вариаций на ионы железа, входящие в состав гемоглобина и ферментов, участвующих в процессах окисления и восстановления, синхронизации внешнего магнитного поля и внутреннего диполя человека, участия магнитного поля в формировании и запуске оксидативного стресса и биоэнергетики клетки в цирка- и инфрадианном диапазоне [18]. Однако в обзорах, посвящённых влиянию космофизических факторов на биологические объекты, отсутствуют примеры исследований опосредованного влияния факторов солнечной активности на кислородный статус приземного слоя воздуха.

Полученные нами данные свидетельствуют о выраженных взаимосвязях ППК и космофизических факторов и их динамики при изменении солнечной активности. Выявлена умеренная линейная синхронизация между обращаемостью в СМП по поводу ухудшения состояния здоровья и ППК, которая имела слабый уровень при повышенной солнечной активности. Межполовые различия характеризуются снижением взаимосвязей обращаемости и ППК у женщин с умеренного до слабого при росте солнечной активности.

В год активного Солнца взаимосвязь колебаний обращаемости с динамикой количества W , уровнем CP и локальным геомагнитным K -индексом снижается до уровня статистического шума.

При оценке фазового десинхроноза нозологических групп и экзогенных факторов выделены три типа реагирования. Вариант с отсутствием реакции на динамику солнечной активности наблюдали в отношении таких нозологий, как психопатология, патология беременности, родов. В то же время имеются литературные данные о том, что воздействию гелиогеофизических факторов подвержены 10–15% от общего количества матерей и плодов [19]. Для психопатологии также отмечены выраженные сезонные корреляции с космофизическими факторами [17], в том числе и в высоких широтах [20].

Некоторые авторы [21] описывают феномен «затягивания» циклов биосистемы внешним колебательным процессом, например, 27-суточным ритмом вращения Солнца.

В нашем исследовании этому соответствовал второй вариант реагирования: наблюдалась синхронизация окологодных вариаций травм и аварий и обострений патологии желудочно-кишечного тракта с гелиомагнитными факторами. Это подтверждают результаты исследований других авторов [22]. При исследовании взаимодействия Солнца и биосистем также выявляются признаки десинхронизации [9].

В нашем исследовании десинхронизация окологодных ритмов здоровья наблюдается только при оценке их взаимосвязи с общепланетарными параметрами, такими как W и Ar . При сравнении временных рядов обращаемости, стратифицированной по нозологическим группам, с K -индексом и ППК, рассчитанными для данных пространственно-временных координат, отмечается снижение фазового десинхроноза в виде увеличения индекса синфазности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При росте солнечной активности временная совокупность вызовов СМП населения северного региона становится неоднородной в случаях инфекционных заболеваний, при нарушениях психики, патологии мочеполовой системы, беременности, родов и их осложнений. При болезнях органов дыхания наблюдается обратный эффект в виде консолидации временного ряда.

В год спокойного Солнца присутствует умеренная линейная синхронизация между обращаемостью в СМП и ППК, которая имеет слабый уровень при повышенной солнечной активности. Межполовые различия характеризуются снижением взаимосвязей обращаемости и ППК у женщин при росте солнечной активности. Взаимосвязь динамики нарушений здоровья с космофизическими факторами W , CP , Ar и K -индекс в год активного Солнца уменьшается до уровня статистического шума.

При анализе доли синфазных компонент отдельных нозологических групп и экзогенных факторов выделены три типа реагирования: синхронизация, десинхронизация и отсутствие реакции. Наиболее чувствительной к изменениям космофизических и погодных факторов нозологической группой у жителей Севера является патология органов дыхания, далее по убывающей: нервные болезни, сердечно-сосудистые заболевания и травматизм. Фазовый десинхроноз при повышении солнечной активности наблюдается между колебаниями общей обращаемости в СМП и вариабельностью ППК в приземном слое воздуха.

При сравнении временных рядов обращаемости, стратифицированной по нозологическим группам, отмечается снижение фазового десинхроноза с локальными (K -индексом и ППК) факторами. Десинхронизация ритмов нарушений здоровья наблюдается при оценке их взаимосвязи с общепланетарными (W и Ar) гелиогеофизическими параметрами.

С учётом цикличности изучаемых процессов информативными величинами для оценки влияния экзогенных факторов на нарушения здоровья могут выступать коэффициенты вариации, степень линейной синхронизации и уровень фазового десинхроноза сравниваемых временных рядов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. О.Н. Рагозин — существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, редактирование и окончательное утверждение рукописи; Е.Ю. Шаламова — подготовка первого варианта статьи; А.Б. Гудков — редактирование первого варианта статьи; И.А. Погоньшева — анализ данных; Л. Мутэло — анализ данных; Э.Р. Рагозина — набор первичного материала; Д.А. Погоньшев — анализ данных. 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 БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия» (заключение № 214 от 15.10.2024).

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: O.N. Ragozin: conceptualization, methodology, writing—review & editing; E.Yu. Shalamova: writing—original draft; A.B. Gudkov: writing—review & editing; I.A. Pogonyshva: formal analysis; L. Muthelo: formal analysis; E.R. Ragozina: data curation; D.A. Pogonyshv: formal analysis. 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 the Khanty-Mansiysk State Medical Academy (Approval No. 214, dated October 15, 2024).

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 obtained or published material (text, images, or data) was used in this study or article.

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

- Datieva FS. Current aspects of human chronoadaptation and desadaptation. *Bashkortostan Medical Journal*. 2021;16(6):71–78. EDN: ZPXWFK
- Gubin DG, Kolomeychuk SN, Markov AA, et al. Spring-summer dynamics of circadian light hygiene and health indicators of Arctic residents. In: *Actual problems of somnology. collection of abstracts of reports of the XIII All-Russian scientific and practical conference*. Tyumen; 2022. P. 23–24. (In Russ.) EDN: WNFVIG
- Nagornev SN, Frolkov VK, Khudov VV. The influence of extreme climatogeographical factors of the arctic zone of the Russian Federation on the functional state of indigenous and newly-arrived population. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022;(2):53–69. EDN: LEUALA
- Vladimirovskiy BM, Temuryants NA, Martynyuk VS. *Space weather and our life*. Moscow: DMK-Press; 2022. 226 p. (In Russ.) ISBN: 978-5-89818-203-8
- Belyaeva VA, Borisova ON, Botoeva NK, et al. *Heliogeophysical factors in chronopathophysiology and clinical medicine*. Vladikavkaz; Tula: IBMI VSC RAS; 2023. 490 p. (In Russ.) ISBN: 978-5-00081-596-0
- Ovcharova VF, Butyeva IV, Shveinova TG, et al. Specialized weather forecast for medical purposes and prevention of meteopathic reactions. *Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy*. 1974;(2):109–119. (In Russ.)
- Botoeva NK, Khetagurova LG, Rapoport SI. A comprehensive analysis of incidence of myocardial infarction in Vladikavkaz depending on solar and geomagnetic activity. *Clinical Medicine*. 2013;91(10):28–34. EDN: RRRSKP
- Martirosyan VV, Krupskaya YuA. Impact analysis of solar activity on incidence and mortality from cerebral stroke in Rostov-on-Don. *Social Aspects of Population Health*. 2013;(4):9. EDN: PJJWGX
- Samoylova NA, Shkilnyuk GG, Goncharova ZA, Stolyarov ID. The influence of solar and geomagnetic activity on the risk of multiple sclerosis (results of correlation and regression analysis). *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2017;117(2-2):42–49. doi: 10.17116/jnevro20171172242-49 EDN: WDJJAS
- Lupov KA. The influence of solar activity on the road safety. *The Siberian State Automobile and Highway University*. 2009;(3):82–85. EDN: PBOJEV
- Bobrovnikskii IP, Nagornev SN, Yakovlev MYU, et al. Perspectives of research of the impact of meteorological and geomagnetic parameters on the incidence and mortality of the population. *Hygiene and Sanitation*. 2018;97(11):1064–1067. doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-11-1064-67 EDN: YPXHWH
- Tyultyayeva LA, Denisova TP, Lipatova TE, Shulpina NYu. Heliogeomagnetic parameters and pathology of digestive organs in patients of different ages. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2020;16(1):181–185. EDN: WYKLT
- Belyayeva VA. Cardiovascular diseases in popular territories population and weather factors. *Hygiene and Sanitation*. 2019;98(10):1148–1154. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-10-1148-1154 EDN: WTNJLZ
- Anisimov SV, Dmitriev EM. Borok geophysical observatory — branch of Schmidt institute of physics of the Earth of RAS. *Earth and the Universe*. 2019;(2):73–84. doi: 10.7868/S0044394819020075 EDN: XRSMU
- Potapov AS, Guglielmi AV, Dovbnya BV. Ultra low frequency emissions ranging from 0.1 to 3 Hz in circumpolar areas. *Solar-Terrestrial Physics*. 2020;6(3):48–55. doi: 10.12737/sz63202006 EDN: NVDVHJ
- Babaeva MI, Rogacheva SM, Vishnevskiy VV. Human adaptation to heliogeophysical disturbances against the background of precipitating factors. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2013;20(2):35–39. doi: 10.17816/humeco17380 EDN: PXSBBW
- Medenkov AA. On the influence of space weather on human psychophysiology. *Aerospace and Environmental Medicine*. 2018;52(1):24–36. doi: 10.21687/0233-528X-2018-52-1-24-36 EDN: YPWJVY

18. Reutov VP, Parshina SS, Samsonov SN, Sorokina EG. Space weather: the relationship between the effects of physical and chemical factors on living organisms. *Eurasian Scientific Association*. 2017;1(9):47–58. (In Russ.) EDN: ZMJEIV
19. Khorseva NI, Grigor'ev YuG, Grigor'ev PE. Influence of Low-Intensity Electromagnetic Fields on the Organism's Antenatal Development. Part 2. Late Effects During the Postnatal Period (Review). *Journal of Medical and Biological Research*. 2018;6(1):41–55. doi: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.1.41 EDN: Y00VWP
20. Shumilov OI, Kasatkina EA, Kleimenova NG, et al. Suicides and mortality from cardiovascular diseases due to space weather factors in high latitudes. *Geophysical Processes and Biosphere*. 2020;19(2):45–56. doi: 10.21455/gpb2020.2-3 EDN: EMFYWI
21. Schetinina SYu, Iudicheva NV. The influence of geomagnetic activity on human health condition. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2021;(5-1):167–169. doi: 10.24412/2500-1000-2021-5-1-167-169 EDN: VZKOAW
22. Kalinin YuK. Solar-geophysical events and aviation catastrophes in the first part of April 2010. *Science and Technological Developments*. 2012;9(1(2)):3–11. EDN: RNOXMZ

ОБ АВТОРАХ

* **Погоньшева Ирина Александровна**, канд. биол. наук, доцент; адрес: Россия, 628611, Нижневартовск, ул. Дзержинского, д. 11, каб. 301; ORCID: 0000-0002-5759-0270; eLibrary SPIN: 6095-8392; e-mail: severina.i@bk.ru

Рагозин Олег Николаевич, д-р мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0002-5318-9623; eLibrary SPIN: 7132-3844; e-mail: oragozin@mail.ru

Шаламова Елена Юрьевна, д-р биол. наук, доцент; ORCID: 0000-0001-5201-4496; eLibrary SPIN: 8125-9359; e-mail: selenzik@mail.ru

Гудков Андрей Борисович, д-р мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0001-5923-0941; eLibrary SPIN: 4369-3372; e-mail: gudkovab@nsmu.ru

Мутэло Ливувани, PhD; Researcher ID: AHC-1001-2022; e-mail: livhuwani.muthelo@ul.ac.za

Рагозина Элина Разифовна; ORCID: 0000-0003-0199-2948; eLibrary SPIN: 7335-7635; e-mail: elinka1000@yandex.ru

Погоньшев Денис Александрович, канд. биол. наук, доцент; ORCID: 0000-0001-8815-1556; eLibrary SPIN: 1179-9674; e-mail: d.pogonyshhev@mail.ru

AUTHORS' INFO

* **Irina A. Pogonysheva**, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor; address: 11 Dzerzhinsky st, ofc 301, Nizhnevartovsk, Russia, 628611; ORCID: 0000-0002-5759-0270; eLibrary SPIN: 6095-8392; e-mail: severina.i@bk.ru

Oleg N. Ragozin, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0000-0002-5318-9623; eLibrary SPIN: 7132-3844; e-mail: oragozin@mail.ru

Elena Yu. Shalamova, Dr. Sci. (Biology), Associate Professor; ORCID: 0000-0001-5201-4496; eLibrary SPIN: 8125-9359; e-mail: selenzik@mail.ru

Andrei B. Gudkov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0000-0001-5923-0941; eLibrary SPIN: 4369-3372; e-mail: gudkovab@nsmu.ru

Livhuwani Muthelo, PhD; Researcher ID: AHC-1001-2022; e-mail: livhuwani.muthelo@ul.ac.za

Elina R. Ragozina; ORCID: 0000-0003-0199-2948; eLibrary SPIN: 7335-7635; e-mail: elinka1000@yandex.ru

Denis A. Pogonyshhev, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor; ORCID: 0000-0001-8815-1556; eLibrary SPIN: 1179-9674; e-mail: d.pogonyshhev@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco686839>

EDN: QVKFFN

Влияние показателей антропометрии и состава тела на силу кистевого хвата у лиц среднего и пожилого возраста в Арктической зоне Российской Федерации

А.А. Абрамов, Г.Н. Кострова, Е.А. Кригер, А.В. Кудрявцев

Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Снижение мышечной силы с возрастом связано с изменениями метаболизма и оказывает существенное влияние на функциональное состояние и качество жизни пожилых людей. Развитие саркопении определяется совокупностью социально-демографических, поведенческих, физиологических и климатических факторов, что обуславливает актуальность изучения предикторов снижения мышечной силы у населения, проживающего в неблагоприятных природно-климатических условиях Европейского Севера России.

Цель. Оценка влияния социально-демографических характеристик, факторов образа жизни, показателей антропометрии и состава тела на силу кистевого хвата у лиц среднего и пожилого возраста, проживающих в Арктической зоне Российской Федерации.

Методы. Исследование основано на использовании данных двух поперечных популяционных исследований, проведённых с интервалом 7,2 года на одной случайной выборке взрослого населения Архангельска ($n=1168$). Оценка связи между силой кистевого хвата и социально-демографическими характеристиками, факторами образа жизни, антропометрическими показателями и параметрами состава тела выполнена в поперечных срезах и на лонгитюдных данных с использованием линейного и логистического регрессионного анализа.

Результаты. В поперечных срезах снижение силы кистевого хвата с возрастом наблюдалось у мужчин и женщин, более выраженным было у мужчин. Сила кистевого хвата была положительно связана с ростом, индексом массы тела, окружностью талии и отношением окружности талии к росту, с наличием высшего образования у мужчин. С более низкими значениями силы кистевого хвата были связаны курение у мужчин и финансовые трудности у женщин. По данным биоимпедансометрии, более высокая скорость основного обмена и более высокая доля жировой массы ассоциированы с большей силой кистевого хвата, тогда как более высокая доля мышечной массы и больший импеданс тела — с меньшей силой. Закономерности, наблюдаемые в поперечных срезах, частично подтвердились на лонгитюдных данных. С меньшими шансами снижения силы кистевого хвата в динамике у женщин были связаны более высокий рост, показатели общего и абдоминального ожирения и более высокая скорость основного обмена, с повышением шансов — возраст, более высокий импеданс тела, большие процентные доли мышечной массы и воды в составе тела. У мужчин с большими шансами снижения силы кистевого хвата в динамике был связан более старший возраст, с меньшими шансами — более высокий рост.

Заключение. Сила кистевого хвата у лиц среднего и пожилого возраста определялась совокупностью факторов, значимость которых варьировала в зависимости от пола. Снижение силы кистевого хвата в динамике в большей степени ассоциировано с показателями антропометрии и состава тела, чем с социально-демографическими и поведенческими факторами. Полученные результаты подчёркивают важность учёта половых различий при разработке стратегий профилактики саркопении у жителей Арктической зоны Российской Федерации.

Ключевые слова: сила кистевого хвата; состав тела; саркопения; старение.

Как цитировать:

Абрамов А.А., Кострова Г.Н., Кригер Е.А., Кудрявцев А.В. Влияние показателей антропометрии и состава тела на силу кистевого хвата у лиц среднего и пожилого возраста в Арктической зоне Российской Федерации // Экология человека. 2025. Т. 32, № 9. С. 661–674. DOI: 10.17816/humeco686839 EDN: QVKFFN

Рукопись поступила: 08.07.2025

Рукопись одобрена: 23.09.2025

Опубликована online: 09.10.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco686839>

EDN: QVKFFN

Influence of Anthropometric and Body Composition Parameters on Handgrip Strength in Middle-Aged and Older Adults in the Russian Arctic

Artem A. Abramov, Galina N. Kostrova, Ekaterina A. Krieger, Alexander A.V. Kudryavtsev

Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Age-related decline in muscle strength is associated with metabolic changes and has a significant impact on performance status and quality of life in older adults. Sarcopenia is caused by a combination of sociodemographic, behavioral, physiological, and climatic factors, underscoring the relevance of studying predictors of muscle strength decline in populations living in unfavorable natural and climatic conditions of Russia's European North.

AIM: The work aimed to assess the influence of sociodemographic characteristics, lifestyle factors, anthropometric measures, and body composition parameters on handgrip strength in middle-aged and older adults residing in the Russian Arctic.

METHODS: The study used data from two cross-sectional population-based studies conducted 7.2 years apart in a single random sample of the adult population of Arkhangelsk ($n = 1168$). Associations between handgrip strength and sociodemographic characteristics, lifestyle factors, anthropometric measures, and body composition parameters were assessed cross-sectionally and longitudinally using linear and logistic regression analysis.

RESULTS: Cross-sectional analyses revealed an age-related decline in handgrip strength in both men and women, with a greater reduction in men. Handgrip strength was positively associated with height, body mass index, waist circumference, and waist-to-height ratio, as well as with higher education in men. Lower handgrip strength was associated with smoking in men and financial difficulties in women. According to bioimpedance data, higher basal metabolic rate and fat mass percentage were associated with greater handgrip strength, whereas higher muscle mass percentage and body impedance were linked to lower strength. Patterns observed cross-sectionally were partially confirmed in longitudinal data. Greater height, general and abdominal obesity parameters, and higher basal metabolic rate were associated with a lower risk of decline in handgrip strength over time in women, whereas older age, greater body impedance, and higher proportions of muscle mass and body water increased the risk. In men, older age was associated with a higher risk of strength decline, whereas greater height reduced the risk.

CONCLUSION: Handgrip strength in middle-aged and older adults was determined by a set of sex-specific factors. Longitudinal decline in handgrip strength was more strongly associated with anthropometric and body composition parameters than with sociodemographic or behavioral factors. These findings highlight the importance of considering sex-specific differences when developing sarcopenia prevention strategies for residents of the Russian Arctic.

Keywords: handgrip strength; body composition; sarcopenia; aging.

To cite this article:

Abramov AA, Kostrova GN, Krieger EA, Kudryavtsev AV. The Impact of Anthropometric and Body Composition Parameters on Grip Strength in Middle-Aged and Older Adults in the Arctic Zone of The Russian Federation. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(9):661–674. DOI: 10.17816/humeco686839 EDN: QVKFFN

Received: 08.07.2025

Accepted: 23.09.2025

Published online: 09.10.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco686839>

EDN: QVKFFN

俄罗斯联邦北极地区中年及老年人群体格参数和身体成分对握力的影响

Artem A. Abramov, Galina N. Kostrova, Ekaterina A. Krieger, Alexander A.V. Kudryavtsev

Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

摘要

论证: 随着年龄增长, 肌肉力量下降与代谢改变密切相关, 并对老年人的功能状态和生活质量产生显著影响。肌少症的发展由社会人口学、行为、生理及气候等多重因素共同决定。因此, 研究居住在俄罗斯欧洲北部恶劣自然气候条件下人群的肌肉力量下降预测因素具有重要意义。

目的: 评估社会人口学特征、生活方式因素、体格参数和身体成分指标对居住在俄罗斯联邦北极地区的中年及老年人握力的影响。

方法: 本研究基于Arkhangelsk成年居民的一个随机样本 ($n=1168$), 利用两项间隔7.2年开展的横断面人群研究数据。通过横断面和纵向数据, 采用线性和逻辑回归分析方法, 评估握力与社会人口学特征、生活方式因素、体格参数及身体成分参数之间的关系。

结果: 在横断面分析中, 男女均随年龄增长出现握力下降, 其中男性下降更为明显。握力与身高、体质指数、腰围及腰高比正相关, 男性中受过高等教育者握力更强。男性吸烟和女性经济困难与较低握力相关。根据生物电阻抗分析, 更高的基础代谢率和较高的脂肪质量比例与更大握力相关, 而更高的肌肉质量比例和更大的全身阻抗与较小握力相关。纵向数据部分验证了横断面中观察到的规律。女性中, 身高较高、总体和腹型肥胖指标以及较高基础代谢率与握力下降风险较低相关, 而年龄、较高体阻抗、较高比例的肌肉和水分则与风险增加相关。男性中, 较高年龄与握力下降风险增加相关, 而身高较高与风险降低相关。

结论: 中年及老年人握力受多种因素综合影响, 其重要性因性别而异。握力的动态下降更大程度上与体格和身体成分指标相关, 而非社会人口学和行为因素。研究结果强调, 在为俄罗斯北极地区居民制定肌少症预防策略时, 应充分考虑性别差异。

关键词: 握力; 身体成分; 肌少症; 衰老。

引用本文:

Abramov AA, Kostrova GN, Krieger EA, Kudryavtsev AV. 俄罗斯联邦北极地区中年及老年人群体格参数和身体成分对握力的影响. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(9):661–674. DOI: 10.17816/humeco686839 EDN: QVKFFN

收到: 08.07.2025

接受: 23.09.2025

发布日期: 09.10.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Снижение мышечной силы с возрастом является естественным физиологическим процессом, сопровождающим старение организма. На протяжении жизни этот показатель претерпевает закономерные изменения: в молодом возрасте преобладают анаболические процессы, способствующие наращиванию мышечной массы и силы, тогда как в пожилом — катаболические, приводящие к их утрате. Возрастное «переключение» метаболического баланса индивидуально, однако исследования свидетельствуют, что снижение массы скелетной мускулатуры может начинаться уже после 30 лет [1].

Мышечная сила тесно связана с массой скелетной мускулатуры и отражает функциональное состояние двигательной системы. Прогрессирующая и генерализованная потеря массы, силы и функции скелетных мышц вследствие старения в гериатрии обозначается термином «саркопения» [2]. Патологические механизмы развития саркопии включают снижение уровня анаболических гормонов (тестостерона, гормона роста и др.), снижение функции мышечной ткани как белкового депо, митохондриальные нарушения, окислительный стресс и хроническое субклиническое воспаление [3, 4]. Важную роль играют нейромышечные изменения, такие как снижение активности альфа-мотонейронов спинного мозга и денервация быстро сокращающихся мышечных волокон [5]. Раннему развитию и прогрессированию саркопии способствуют хронические заболевания, малоподвижный образ жизни и нутритивная недостаточность, прежде всего дефицит белка [6, 7].

Мышечная сила связана с составом тела, включая абсолютную мышечную массу и распределение жировой ткани [8]. Избыточное накопление висцерального жира ведёт к инсулинорезистентности, хроническому субклиническому воспалению, подавлению анаболических процессов в мышцах и развитию саркопии [9]. Половые различия в соотношении мышечной и жировой тканей объясняют различную динамику утраты мышечной силы у мужчин и женщин с возрастом [3].

Распространённость саркопии среди пожилых людей в мире составляет 10,0–16,0% [10]. По результатам исследования, проведённого в Санкт-Петербурге, среди лиц в возрасте 65 лет и старше данный показатель варьирует от 21,1 до 43,9% [11]. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, саркопения рассматривается как биомаркер, позволяющий выявлять лиц с повышенным риском развития нарушений двигательных функций [12]. В соответствии с рекомендациями Европейской рабочей группы по саркопии у пожилых людей (the European Working Group on Sarcopenia in Older People, EWGSOP2, 2019), снижение мышечной силы — силы кистевого хвата (СКХ) является одним из основных диагностических критериев саркопии [6], а кистевая динамометрия — наиболее простым и информативным методом

скрининга риска ухудшения двигательных функций [13]. Исследования показывают, что СКХ является надёжным предиктором риска инвалидности и смерти, превосходя по прогностической ценности индекс массы тела (ИМТ) [14].

Профилактика саркопии имеет ключевое значение для сохранения качества жизни и активного долголетия. В условиях Арктической зоны Российской Федерации ранняя диагностика саркопии приобретает особую значимость, поскольку неблагоприятные природно-климатические факторы, такие как низкие температуры, специфичная для Севера фотопериодичность, колебания атмосферного давления и электромагнитная активность, могут ускорять возрастные изменения, способствуя снижению двигательной активности, мышечной массы и адапционных резервов организма [15]. Понимание механизмов возрастных изменений необходимо для прогнозирования двигательных нарушений, обусловленных снижением мышечной силы, и для разработки эффективных профилактических программ, направленных на сохранение здоровья и качества жизни пожилых людей в Арктической зоне Российской Федерации.

Цель исследования. Оценить влияние социально-демографических характеристик, факторов образа жизни, показателей антропометрии и состава тела на СКХ у лиц среднего и пожилого возраста, проживающих в Арктической зоне Российской Федерации.

МЕТОДЫ

В двух временных точках проведены повторные измерения СКХ на одной и той же когорте, представляющей собой случайную популяционную выборку взрослых жителей Архангельска. Такой подход позволил выполнить анализ связей СКХ с рядом характеристик участников в двух поперечных срезах и в формате лонгитюдного когортного исследования. В качестве зависимых переменных рассматривали СКХ, оценённую в килограммах (кг), а также её снижение во второй временной точке относительно первой (есть/нет). Остальные рассматриваемые параметры включены в качестве потенциальных предикторов СКХ и её снижения и были разбиты на четыре группы: социально-демографические характеристики, факторы образа жизни, антропометрические данные и параметры состава тела.

Повторные измерения СКХ произведены в рамках двух поперечных исследований: «Узнай своё сердце» (УСС; 2015–2017) и «Биомаркеры индивидуальной жизнеспособности у жителей Европейского Севера России» (БИЖ; 2023–2024). Выборка УСС сформирована на основе обезличенной базы адресов жителей Архангельска 35–69 лет, предоставленной региональным фондом обязательного медицинского страхования, с последующей стратификацией по полу и пятилетним возрастным группам. Обученные интервьюеры посещали случайно выбранные адреса и приглашали членов домохозяйств

соответствующего пола и пятилетней возрастной группы к участию в исследовании. Из числа приглашённых 68,2% согласились и прошли базовое интервью на дому, после чего были направлены на медицинское обследование в консультативно-диагностическую поликлинику Северного государственного медицинского университета, которое прошли 96,0%. Общая численность прошедших медицинское обследование составила 2380 человек. Подробное описание дизайна исследования УСС опубликовано ранее [16]. Участники исследования БИЖ (2023–2024) были отобраны из числа участников УСС, наблюдаемых в динамике в качестве когорты, на момент отбора достигших возраста 45–74 лет. Дополнительными критериями включения были проживание в Архангельской области более 10 лет и предоставленное в рамках УСС согласие на приглашение к участию в других исследованиях. Согласно указанным критериям после исключения лиц, выбывших из-под наблюдения, были приглашены 1996 человек. Из них 1168 (58,5%) прошли обследование в консультативно-диагностической поликлинике Северного государственного медицинского университета и составили анализируемую выборку.

Оценку СКХ проводили в двух исследованиях по стандартному протоколу (Southampton protocol) с использованием кистевого динамометра Jamar+ Digital (Jamar, USA) [17]. Калибровка динамометра проводилась в 2018 (Glanford Electronics Ltd, UK, погрешность измерения 0,2 кг), в 2020 и в 2023 гг. (ФГБУ «Архангельский ЦСМ», Архангельск, погрешность измерения 0,3 кг). Между двумя исследованиями прибор не использовался. Для каждой руки было проведено три измерения в положении испытуемого сидя с чередованием правой и левой рук. Результат каждого измерения фиксировали с точностью измерения до 0,1 кг. В анализе использовали максимальное значение, полученное по результатам шести измерений.

Как в УСС, так и в БИЖ проводились интервью с респондентами, в ходе которых собиралась информация о социально-демографических характеристиках, включая возраст (лет), пол (мужской/женский), наличие высшего образования (да/нет), наличие финансовых трудностей, определяемых как трудности в приобретении продуктов питания или одежды (да/нет), а также об образе жизни. Факторы образа жизни включали статус курения в настоящее время (да/нет), опасное употребление алкоголя, определяемое как ≥ 8 баллов по тесту AUDIT — Alcohol Use Disorders Identification Test (да/нет) [18]. В УСС общий уровень физической активности оценивали по 4-уровневой шкале, основанной на опроснике, использованном в Европейском проспективном исследовании по изучению взаимосвязи питания и онкологических заболеваний — EPIC (European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition) [19]. В БИЖ определяли наличие гиподинамии, оцениваемой на основе данных Международного опросника физической активности IPAQ (International Physical Activity Questionnaire) [20].

Участникам обоих исследований проводили антропометрические измерения, включая рост, вес, окружность талии. Рост (см) измеряли ростомером Seca® 217 (Seca Ltd., Гамбург, Германия), окружность талии (см) — лентой Seca® 201, вес (кг) измеряли с помощью биоимпедансного анализатора состава тела TANITA BC 418 (Tanita Corp., Токио, Япония). Рассчитывали ИМТ (отношение массы тела в килограммах к квадрату роста в метрах) и отношение окружности талии к росту (ООТР). Общее ожирение определяли при значении ИМТ ≥ 30 кг/м², абдоминальное ожирение — при значении ООТР $\geq 0,5$. Биоимпедансометрия — метод диагностики состава (композиции) тела человека посредством измерения его электрического сопротивления [21]. Состав тела оценивали только в исследовании УСС посредством биоэлектрического анализа импеданса с использованием анализатора TANITA BC 418 и получением следующих показателей: скорость основного обмена (минимальное количество энергии, необходимое организму для поддержания жизнедеятельности в состоянии покоя) в ккал, импеданс тела (Ом), доля жировой массы (%), доля скелетно-мышечной массы (%) и содержание воды (%).

При статистическом анализе нормальность распределения количественных данных проверяли с использованием критерия Колмогорова–Смирнова. Характеристики участников представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$) для параметрических количественных переменных или медианы (Me) с указанием первого и третьего квартилей ($Q1$ – $Q3$) для непараметрических количественных переменных. Категориальные переменные представлены абсолютными числами (n) и процентными долями (%). Для оценки изменений количественно измеряемых переменных при повторных измерениях использовали парный t -критерий Стьюдента (при нормальном распределении) или ранговый T -критерий Уилкоксона (при скошенном распределении); для дихотомических категориальных переменных — тест χ^2 Мак-Немара.

В рамках поперечных исследований УСС и БИЖ для оценки связи СКХ с характеристиками участников применяли линейный регрессионный анализ. Анализ проводили отдельно для мужчин и женщин. В качестве зависимой переменной использовали количественно оцененную СКХ (кг). В качестве независимых переменных включались социально-демографические характеристики (возраст, высшее образование, наличие финансовых трудностей), факторы образа жизни (курение, опасное употребление алкоголя, низкая физическая активность/гиподинамия), антропометрические показатели (рост, ИМТ, окружность талии, абдоминальное ожирение), параметры состава тела (скорость основного обмена, импеданс тела, доля жировой массы, доля скелетно-мышечной массы, содержание воды). Проводили одномерный анализ, а также многомерный анализ с коррекцией на возраст и рост (потенциально вмешивающиеся

переменные). Результаты одномерного анализа представлены в виде грубых (нескорректированных) коэффициентов регрессии (B), результаты многомерного анализа — в виде скорректированных коэффициентов регрессии (B_c) с 95% доверительными интервалами (ДИ). Значения грубых коэффициентов B отражают средние значения изменений зависимой переменной (СКХ в кг) при изменении соответствующей независимой переменной на единицу её измерения без учёта коррекции на потенциально вмешивающиеся переменные, значения скорректированных коэффициентов — с учётом коррекции на эти переменные. Аналогичным образом с помощью линейных регрессий с коррекцией на возраст и рост анализировали связь характеристик участников, оценённых в УСС (далее — базовые характеристики участников), с количественной оценкой СКХ (кг) в БИЖ.

Базовые характеристики участников также оценивали в качестве потенциальных предикторов снижения СКХ у мужчин и женщин в БИЖ в сравнении с УСС (отрицательное значение разницы результатов двух исследований), рассматриваемого в виде дихотомической переменной (1 — есть снижение; 0 — нет снижения), посредством построения одномерных и многомерных логистических регрессионных моделей. При построении многомерных моделей проводили коррекцию на базовые значения возраста, роста, СКХ и продолжительность наблюдения (в месяцах). Результаты представлены в виде грубого и скорректированного отношения шансов (ОШ) с 95% ДИ. Значения грубых ОШ отражают, во сколько раз изменяются шансы снижения СКХ при изменении соответствующей независимой переменной на единицу измерения без учёта коррекции на потенциально вмешивающиеся переменные, значения скорректированных ОШ — с учётом коррекции на потенциально вмешивающиеся переменные. Значения ОШ >1 означают увеличение шансов снижения СКХ, ОШ <1 — уменьшение шансов снижения СКХ.

Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Расчёты проводили с использованием программного обеспечения Stata 18.0 (StataCorp, College Station, TX, USA).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследование включены 1168 человек, принявших участие в УСС и БИЖ (735 женщин и 433 мужчины). На момент первого наблюдения (УСС, 2015–2017) медиана возраста участников составила 52 года, на момент второго наблюдения (БИЖ, 2023–2024) — 59 лет (табл. 1). Менее 40% участников УСС имели высшее образование. Женщины чаще сообщали о финансовых трудностях, реже — о курении и опасном употреблении алкоголя. Общее ожирение было более распространено среди женщин, абдоминальное — среди мужчин. Участники мужского пола характеризовались более высокой скоростью

основного обмена, большими процентными долями мышечной массы и воды в составе тела. Женщины, в сравнении с мужчинами, имели в среднем большую долю жировой массы и более высокие значения импеданса тела. К моменту второго наблюдения возросла доля участников с высшим образованием, сократилась доля сообщавших о финансовых трудностях, сократилась доля курящих среди женщин. Отмечено уменьшение среднего роста участников обоих полов. У женщин увеличились показатели ИМТ, распространённость общего и абдоминального ожирения. У мужчин произошло увеличение ИМТ и доли имеющих общее ожирение при снижении средних значений окружности талии и ООТР, снижении доли имеющих абдоминальное ожирение.

При анализе данных двух поперечных срезов (УСС и БИЖ) в отдельности в каждом из них наблюдалось снижение СКХ с возрастом у мужчин и у женщин (табл. 2, 3). С учётом коррекции на рост изменение возраста на один год у мужчин ассоциировалось с более выраженным средним снижением СКХ ($-0,30$ кг в УСС, $-0,35$ кг в БИЖ) в сравнении с женщинами ($-0,15$ кг в УСС, $-0,12$ кг в БИЖ). В обоих исследованиях наличие высшего образования было связано с большими значениями СКХ в одномерных моделях, в большей степени у мужчин. После коррекции на возраст и рост эта связь утратила статистическую значимость в УСС и в БИЖ у женщин, но оставалась значимой у мужчин. Также в двух поперечных срезах с учётом коррекции на возраст и рост финансовые трудности были связаны с более низкой СКХ у женщин, курение — с более низкой СКХ у мужчин, но только в БИЖ. Среди антропометрических показателей рост, ИМТ, окружность талии и ООТР независимо от проводимой коррекции были положительно связаны с СКХ у мужчин и у женщин в обоих исследованиях, за исключением окружности талии и ООТР у мужчин в БИЖ. После коррекции на возраст и рост общее и абдоминальное ожирение ассоциировалось с большей СКХ у женщин в УСС и в БИЖ, у мужчин — только абдоминальное ожирение в УСС. По результатам биоимпедансометрии, проводившейся только в УСС, с учётом коррекции на возраст и рост СКХ была выше у мужчин и женщин при увеличении скорости основного обмена и при большей процентной доле жировой массы, а более высокая доля мышечной массы и больший импеданс тела ассоциировались с меньшей СКХ. При аналогичной коррекции процентная доля воды в составе тела была связана с большими значениями СКХ у женщин и с меньшими значениями у мужчин.

Результаты, полученные при анализе поперечных срезов, большей частью подтвердились при анализе лонгитюдных данных — при оценке прогностической ценности базовых характеристик участников в УСС в отношении СКХ в БИЖ (табл. 4). С учётом коррекции на рост в УСС определено снижение СКХ в БИЖ с увеличением возраста в УСС, которое было более выраженным у мужчин. Как и в поперечных исследованиях, при коррекции

Таблица 1. Характеристики участников исследований «Узнай своё сердце» (2015–2017) и «Биомаркёры индивидуальной жизнеспособности у жителей Европейского Севера России» (2023–2024) и их изменения между исследованиями в зависимости от пола ($n=1168$)**Table 1.** Characteristics of participants of the Know Your Heart study (2015–2017) and the Biomarkers of Individual Vitality in Residents of Russia's European North study (2023–2024), and their changes between studies by sex ($n = 1168$)

Характеристики	Женщины ($n=735$)				Мужчины ($n=433$)			
	УСС	БИЖ	разница	p^*	УСС	БИЖ	разница	p^*
Социально-демографические								
Возраст, лет, Me (Min–Max)	52,0 (37,0–68,0)	59,0 (45,0–74,0)	7,0 (5,0–9,0)	<0,001	52,0 (36,0–68,0)	59,0 (45,0–74,0)	7,0 (5,0–9,0)	<0,001
Высшее образование, n (%)	293 (39,9)	298 (40,5)	5 (0,7)	0,025	169 (39,0)	175 (40,4)	6 (1,4)	0,014
Финансовые трудности, n (%)	123 (16,8)	59 (8,1)	–64 (–8,7)	<0,001	32 (7,5)	17 (3,9)	–15 (–3,6)	0,016
Образ жизни								
Курение, n (%)	105 (14,3)	83 (11,3)	–22 (–3,0)	<0,001	119 (27,5)	113 (26,1)	–6 (–1,4)	0,355
Опасное употребление алкоголя, n (%)	17 (2,3)	18 (2,5)	1 (0,2)	0,835	131 (30,4)	132 (30,6)	1 (0,2)	0,838
Низкая физическая активность, n (%)	128 (17,4)	—	—	—	17,4 (14,1)	—	—	—
Гиподинамия, n (%)	—	132 (18,0)	—	—	—	70 (16,2)	—	—
Антропометрические								
Рост, см, $M \pm SD$	162,0 \pm 6,0	161,3 \pm 6,3	–0,7 \pm 1,0	<0,001	176,0 \pm 6,5	175,4 \pm 6,6	–0,6 \pm 0,9	<0,001
ИМТ, кг/м ² , $M \pm SD$	27,6 \pm 5,8	28,9 \pm 5,9	1,2 \pm 2,6	<0,001	27,4 \pm 4,2	28,3 \pm 4,5	0,9 \pm 2,0	<0,001
Окружность талии, см, $M \pm SD$	86,7 \pm 13,6	86,6 \pm 13,5	–0,1 \pm 6,7	0,758	95,2 \pm 11,2	93,7 \pm 11,5	–1,5 \pm 6,4	<0,001
ООТР, %, $M \pm SD$	53,6 \pm 8,7	53,8 \pm 8,7	0,2 \pm 4,2	0,234	54,1 \pm 6,3	53,5 \pm 6,0	–0,6 \pm 3,6	<0,001
Общее ожирение (ИМТ \geq 30), n (%)	233 (31,7)	276 (37,6)	43 (5,9)	<0,001	108 (24,9)	136 (31,4)	28 (6,5)	<0,001
Абдоминальное ожирение (ООТР \geq 0,5), n (%)	444 (60,4)	468 (63,7)	24 (3,3)	0,019	328 (75,8)	307 (70,9)	–24 (–4,9)	0,008
Сила кистевого хвата, кг/м ² , $M \pm SD$	30,1 \pm 5,3	29,5 \pm 5,4	–0,6 \pm 3,4	<0,001	51,5 \pm 8,6	50,8 \pm 9,0	–0,7 \pm 5,3	0,008
Состав тела								
Скорость основного обмена, 100 ккал, Me (Q1–Q3)	13,8 (12,7–15,0)	—	—	—	19,0 (17,1–20,7)	—	—	—
Импеданс тела, 100 Ом, $M \pm SD$	6,1 \pm 0,8	—	—	—	5,2 \pm 0,6	—	—	—
Жировая масса, %, $M \pm SD$	34,6 \pm 7,5	—	—	—	22,2 \pm 6,4	—	—	—
Мышечная масса, %, $M \pm SD$	62,1 \pm 7,2	—	—	—	74,3 \pm 6,1	—	—	—
Содержание воды, %, $M \pm SD$	47,9 \pm 5,5	—	—	—	56,9 \pm 4,7	—	—	—

Примечание. УСС — «Узнай своё сердце»; БИЖ — «Биомаркёры индивидуальной жизнеспособности у жителей Европейского Севера России»; ИМТ — индекс массы тела, ООТР — отношение окружности талии к росту; $M \pm SD$ — среднее значение \pm стандартное отклонение, Me (Min–Max) — медиана (минимальное и максимальное значения), Me (Q1–Q3) — медиана (первый и третий квартили); * количественные переменные — парный t -критерий Стьюдента (при нормальном распределении) или ранговый T -критерий Уилкоксона (при ненормальном распределении); категориальные переменные — тест χ^2 МакНемара.

на возраст и рост в УСС у мужчин наличие высшего образования в УСС ассоциировалось с большей СКХ в БИЖ. Курение в УСС не имело значимой связи с СКХ в БИЖ. Связь финансовых трудностей с меньшими значениями СКХ, показанная у женщин в поперечных исследованиях, сохранялась в одномерном анализе на лонгитюдных данных, где проявилась связь финансовых трудностей с большей СКХ и у мужчин, но эти связи утратили статистическую значимость у обоих полов при коррекции на возраст и рост. Связи между антропометрическими показателями

и СКХ также были схожи с полученными в поперечных срезах: с учётом коррекции на возраст и рост в УСС более высокий рост (коррекция только на возраст), большие ИМТ, окружность талии, ООТР и наличие абдоминального ожирения в УСС были связаны с более высокими значениями СКХ в БИЖ у обоих полов, наличие общего ожирения в УСС — только у женщин. Более высокие показатели скорости основного обмена и доля жировой массы в УСС были связаны с более высокими значениями СКХ в БИЖ у мужчин и женщин. Также у обоих полов повышение

Таблица 2. Коэффициенты линейных регрессий, отражающие связи характеристик мужчин и женщин с силой кистевого хвата (кг) в исследовании «Узнай своё сердце» (2015–2017) без учёта коррекции и с коррекцией на возраст и рост ($n=1168$)

Table 2. Linear regression coefficients showing the associations of characteristics with handgrip strength (kg) in men and women in the Know Your Heart study (2015–2017), unadjusted and adjusted for age and height ($n = 1168$)

Характеристики	Женщины ($n=735$)		Мужчины ($n=433$)	
	B (95% ДИ)	B_c (95% ДИ)	B (95% ДИ)	B_c (95% ДИ)
Социально-демографические				
Возраст	-0,23 (-0,27; -0,19)	-0,15 (-0,19; -0,11)	-0,41 (-0,49; -0,32)	-0,30 (-0,38; -0,21)
Высшее образование	1,71 (0,94; 2,48)	0,17 (-0,53; 0,88)	3,24 (1,59; 4,88)	2,03 (0,60; 3,45)
Финансовые трудности	-1,47 (-2,49; -0,45)	-1,12 (-2,01; -0,24)	3,59 (0,47; 6,71)	2,26 (-0,41; 4,92)
Образ жизни				
Курение	0,81 (-0,29; 1,90)	0,23 (-0,73; 1,19)	-0,95 (-2,78; 0,87)	-1,57 (-3,14; 0,00)
Опасное потребление алкоголя	2,28 (-0,26; 4,83)	1,08 (-1,13; 3,28)	0,08 (-1,70; 1,86)	-1,13 (-2,65; 0,39)
Низкая физическая активность/гиподинамия	0,79 (-0,22; 1,80)	-0,05 (-0,93; 0,83)	1,41 (-0,93; 3,76)	0,04 (-1,97; 2,04)
Антропометрические				
Рост	0,40 (0,34; 0,45)	0,31 (0,25; 0,37)	0,60 (0,48; 0,71)	0,47 (0,36; 0,58)
ИМТ	0,03 (-0,04; 0,10)	0,15 (0,09; 0,21)	0,38 (0,19; 0,57)	0,37 (0,21; 0,54)
Окружность талии	0,00 (-0,03; 0,03)	0,05 (0,02; 0,07)	0,12 (0,05; 0,19)	0,09 (0,03; 0,16)
ООТР	-0,06 (-0,11; -0,02)	0,07 (0,03; 0,12)	0,02 (-0,11; 0,15)	0,16 (0,05; 0,27)
Общее ожирение (ИМТ ≥ 30)	0,54 (-0,28; 1,37)	1,61 (0,89; 2,33)	1,22 (-0,67; 3,10)	1,54 (-0,05; 3,14)
Абдоминальное ожирение (ООТР $\geq 0,5$)	-0,86 (-1,64; -0,08)	1,49 (0,75; 2,23)	1,64 (-0,26; 3,54)	3,20 (1,59; 4,81)
Состав тела				
Скорость основного обмена, 100 ккал	1,01 (0,8; 1,21)	0,64 (0,43; 0,84)	1,46 (1,19; 1,74)	0,81 (0,50; 1,13)
Импеданс тела, 100 Ом	-0,99 (-1,49; -0,50)	-1,47 (-1,89; -1,05)	-3,43 (-4,79; -2,06)	-3,88 (-5,02; -2,75)
Жировая масса	-0,01 (-0,06; 0,04)	0,07 (0,02; 0,12)	0,08 (-0,05; 0,21)	0,16 (0,05; 0,26)
Мышечная масса	0,01 (-0,04; 0,06)	-0,07 (-0,12; -0,02)	-0,08 (-0,22; 0,05)	-0,16 (-0,28; -0,05)
Содержание воды	0,01 (-0,06; 0,08)	0,07 (0,02; 0,12)	-0,11 (-0,28; 0,07)	-0,21 (-0,36; -0,06)

Примечание. B — коэффициенты регрессии в однофакторных моделях; B_c — коэффициенты регрессии в многомерных моделях с поправкой на возраст и рост (для возраста и роста — только на рост или только на возраст соответственно); 95% ДИ — 95% доверительные интервалы; ИМТ — индекс массы тела, ООТР — отношение окружности талии к росту.

показателей импеданса тела, доли мышечной массы и содержания воды в УСС ассоциировалось с более низкими значениями СКХ в БИЖ.

При оценке прогностической ценности базовых характеристик участников в УСС в отношении снижения СКХ (есть/нет) в семилетней динамике (в БИЖ относительно УСС) с учётом коррекции на рост и СКХ в УСС и количество месяцев наблюдения у мужчин и женщин более старший возраст в УСС был связан с большими шансами снижения СКХ. При коррекции на возраст и СКХ в УСС, а также на длительность наблюдения более высокий рост мужчин и женщин в УСС был связан с меньшими шансам снижения СКХ. После коррекции на эти же переменные с дополнением роста уменьшение шансов снижения СКХ в динамике у женщин было связано с более высокими базовыми значениями ИМТ, окружности талии, ООТР, наличием абдоминального ожирения и большими значениями скорости основного обмена, а повышенные

шансы снижения СКХ ассоциировались с более высокими значениями импеданса тела, с большими процентными долями мышечной массы и содержания воды в составе тела. У мужчин большие значения ИМТ, ООТР и общее ожирение ассоциировались со снижением СКХ в нескорректированном анализе, но эти ассоциации утрачивали статистическую значимость при коррекции на базовые значения возраста, роста, СКХ и количество месяцев наблюдения. Отношения шансов снижения СКХ между двумя измерениями в исследованиях УСС и БИЖ, оценённые в логистических регрессиях, представлены в табл. 5.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведена оценка факторов, связанных с СКХ у мужчин и женщин, как на момент измерения (в поперечном срезе), так и в долгосрочной перспективе (в среднем через 7,2 года наблюдения). Связи между СКХ и социально-

Таблица 3. Коэффициенты линейных регрессий, отражающие связи характеристик мужчин и женщин с силой кистевого хвата (кг) в исследовании «Биомаркеры индивидуальной жизнеспособности у жителей Европейского Севера России» (2023–2024) без учёта коррекции и с коррекцией на возраст и рост ($n=1168$)

Table 3. Linear regression coefficients showing the associations of characteristics with handgrip strength (kg) in men and women in the Biomarkers of Individual Vitality in Residents of Russia's European North study (2023–2024), unadjusted and adjusted for age and height ($n = 1168$)

Характеристики	Женщины ($n=735$)		Мужчины ($n=433$)	
	B (95% ДИ)	B_c (95% ДИ)	B (95% ДИ)	B_c (95% ДИ)
Социально-демографические				
Возраст, лет	-0,23 (-0,27; -0,19)	-0,12 (-0,17; -0,08)	-0,51 (-0,60; -0,42)	-0,35 (-0,43; -0,26)
Высшее образование	1,56 (0,78; 2,35)	0,03 (-0,68; 0,75)	2,94 (1,24; 4,65)	1,51 (0,14; 2,89)
Финансовые трудности	-2,11 (-3,52; -0,69)	-1,22 (-2,45; -0,01)	-6,23 (-10,55; -1,91)	-3,37 (-6,83; 0,09)
Образ жизни				
Курение	0,04 (-1,19; 1,27)	-0,48 (-1,56; 0,60)	-0,72 (-2,65; 1,21)	-1,77 (-3,31; -0,24)
Опасное потребление алкоголя	-0,07 (-2,59; 2,44)	-1,25 (-3,43; 0,94)	1,21 (-0,62; 3,04)	-0,52 (-2,00; 0,97)
Низкая физическая активность/гиподинамия	1,23 (0,23; 2,24)	-0,16 (-1,07; 0,75)	3,03 (0,75; 5,32)	-0,00 (-1,88; 1,87)
Антропометрические				
Рост	0,40 (0,35; 0,46)	0,32 (0,26; 0,38)	0,72 (0,61; 0,83)	0,56 (0,45; 0,67)
ИМТ	0,10 (0,03; 0,16)	0,19 (0,13; 0,24)	0,31 (0,13; 0,50)	0,27 (0,12; 0,42)
Окружность талии	0,03 (0,00; 0,06)	0,07 (0,04; 0,10)	0,10 (0,03; 0,17)	0,06 (-0,00; 0,12)
ООТР	-0,02 (-0,07; 0,02)	0,11 (0,07; 0,15)	-0,05 (-0,18; 0,08)	0,10 (-0,00; 0,20)
Общее ожирение (ИМТ ≥ 30)	0,94 (0,14; 1,74)	1,81 (1,12; 2,51)	1,62 (-0,20; 3,44)	1,08 (-0,36; 2,52)
Абдоминальное ожирение (ООТР $\geq 0,5$)	-0,21 (-1,02; 0,60)	1,83 (1,09; 2,57)	-0,73 (-2,59; 1,13)	0,97 (-0,52; 2,45)

Примечание. B — коэффициенты регрессии в однофакторных моделях; B_c — коэффициенты регрессии в многомерных моделях с поправкой на возраст и рост (для возраста и роста — только на рост или только на возраст соответственно); 95% ДИ — 95% доверительные интервалы; ИМТ — индекс массы тела, ООТР — отношение окружности талии к росту.

экономическими характеристиками (образование, финансовые трудности), антропометрическими параметрами и показателями состава тела, выявленные в поперечных исследованиях, частично подтвердились при анализе лонгитюдных данных.

Наличие высшего образования связано с большей СКХ у мужчин, тогда как финансовые трудности были ассоциированы со снижением СКХ у женщин. Наши результаты подтверждаются рядом исследований, показывающих, что низкий социально-экономический статус способствует более быстрой потере мышечной массы и силы с возрастом [22]. По данным систематического обзора [23], влияние социально-экономического статуса на состав тела особенно выражено у женщин.

Связь курения с СКХ, проявившаяся при анализе поперечных данных у мужчин, но не у женщин, подтверждается другими исследованиями [24, 25] и может объясняться изменением гормонального фона у курящих мужчин, что подавляет анаболические процессы в мышцах и способствует атрофии мышечных волокон. Другим возможным её объяснением может быть различие в стаже курения у мужчин и женщин, который не учитывался в данном исследовании. На физиологическом уровне продолжительное курение вызывает нарушение структуры

и метаболизма мышечных волокон под действием компонентов табачного дыма, снижает доставку кислорода к тканям, повышает уровень воспалительных цитокинов, ограничивает усвоение глюкозы и снижает способность к аэробному фосфорилированию [26, 27]. Согласно данным R. Edwards и соавт. [28], именно продолжительность курения, а не количество сигарет в день, оказывает значимое влияние на риск развития саркопении.

С возрастом наблюдалось снижение СКХ, особенно у мужчин, что связано с большим развитием скелетной мускулатуры в сравнении с женщинами. Снижение мышечной силы у мужчин коррелирует с возрастным уменьшением уровня тестостерона [29, 30]. Исследования, проведённые разными авторами, показывают, что заместительная терапия тестостероном у пожилых мужчин способствует увеличению и объёма мышечной ткани, и мышечной силы [31, 32]. У женщин, имеющих в среднем меньшую долю мышечной ткани по сравнению с мужчинами, также наблюдалось снижение СКХ с возрастом, при этом значимым фактором выступала общая масса тела. Согласно полученным результатам, у женщин при наличии ожирения СКХ была выше, а риск снижения мышечной силы в динамике — ниже (для абдоминального ожирения), что, вероятно, связано с влиянием большей

Таблица 4. Коэффициенты линейных регрессий, отражающие связи между базовыми характеристиками женщин и мужчин в исследовании «Узнай своё сердце» (2015–2017) и силой кистевого хвата (кг) в исследовании «Биомаркёры индивидуальной жизнеспособности у жителей Европейского Севера России» (2023–2024) без учёта коррекции и с коррекцией на возраст и рост ($n=1168$)

Table 4. Linear regression coefficients showing the associations of baseline characteristics of men and women in the Know Your Heart study (2015–2017) with handgrip strength (kg) in the Biomarkers of Individual Vitality in Residents of Russia's European North study (2023–2024), unadjusted and adjusted for age and height ($n = 1168$)

Характеристики	Женщины ($n=735$)		Мужчины ($n=433$)	
	B (95% ДИ)	B_c (95% ДИ)	B (95% ДИ)	B_c (95% ДИ)
Социально-демографические				
Возраст	-0,22 (-0,26; -0,18)	-0,13 (-0,17; -0,09)	-0,49 (-0,57; -0,40)	-0,36 (-0,44; -0,28)
Высшее образование	1,60 (0,81; 2,38)	0,07 (-0,64; 0,79)	3,05 (1,34; 4,76)	1,59 (0,20; 2,98)
Финансовые трудности	-1,21 (-2,24; -0,17)	-0,87 (-1,77; 0,04)	3,72 (0,49; 6,95)	2,14 (-0,45; 4,72)
Образ жизни				
Курение	0,45 (-0,66; 1,56)	-0,07 (-1,05; 0,91)	-0,60 (-2,49; 1,30)	-1,34 (-2,87; 0,18)
Опасное потребление алкоголя	1,93 (-0,65; 4,51)	0,77 (-1,47; 3,02)	0,56 (-1,28; 2,41)	-0,88 (-2,36; 0,60)
Низкая физическая активность	0,86 (-0,16; 1,89)	0,07 (-0,83; 0,97)	1,74 (-0,69; 4,17)	0,11 (-1,84; 2,06)
Антропометрические				
Рост	0,40 (0,35; 0,46)	0,33 (0,27; 0,39)	0,70 (0,58; 0,81)	0,54 (0,43; 0,65)
ИМТ	0,06 (-0,00; 0,13)	0,18 (0,12; 0,24)	0,30 (0,10; 0,50)	0,29 (0,13; 0,45)
Окружность талии	0,02 (-0,01; 0,05)	0,06 (0,03; 0,09)	0,11 (0,03; 0,18)	0,07 (0,01; 0,13)
ООТР	-0,04 (-0,08; 0,01)	0,10 (0,05; 0,14)	-0,04 (-0,18; 0,09)	0,12 (0,01; 0,23)
Общее ожирение (ИМТ ≥ 30)	0,93 (0,09; 1,76)	1,96 (1,23; 2,69)	0,48 (-1,48; 2,43)	0,87 (-0,69; 2,42)
Абдоминальное ожирение (ООТР $\geq 0,5$)	-0,33 (-1,13; 0,46)	2,05 (1,30; 2,80)	1,37 (-0,61; 3,34)	3,22 (1,66; 4,79)
Состав тела				
Скорость основного обмена, 100 ккал	1,13 (0,93; 1,34)	0,77 (0,56; 0,97)	1,52 (1,24; 1,8)	0,64 (0,33; 0,95)
Импеданс тела, 100 Ом	-0,01 (-0,02; -0,01)	-0,02 (-0,02; -0,01)	-0,03 (-0,04; -0,01)	-0,03 (-0,04; -0,02)
Жировая масса	0,01 (-0,04; 0,06)	0,09 (0,04; 0,14)	0,03 (-0,11; 0,16)	0,12 (0,01; 0,22)
Мышечная масса	-0,01 (-0,07; 0,04)	-0,09 (-0,14; -0,04)	-0,03 (-0,17; 0,11)	-0,12 (-0,23; -0,01)
Содержание воды	-0,02 (-0,09; 0,05)	-0,12 (-0,19; -0,06)	-0,04 (-0,22; 0,15)	-0,16 (-0,31; -0,01)

Примечание. B — коэффициенты регрессии в однофакторных моделях; B_c — коэффициенты регрессии в многомерных моделях с поправкой на возраст и рост (для возраста и роста — только на рост или только на возраст соответственно); 95% ДИ — 95% доверительные интервалы; ИМТ — индекс массы тела, ООТР — отношение окружности талии к росту.

абсолютной массы тела на СКХ. Увеличение жировой массы ведёт к увеличению общей массы тела, создавая дополнительную нагрузку на опорно-двигательный аппарат, что, в свою очередь, может способствовать гипертрофии и компенсаторному увеличению мышечной силы, что, вероятно, отчасти объясняет связь с большей СКХ.

У мужчин и женщин выявлена прямая зависимость между СКХ и скоростью основного обмена и жировой массой. Мышечная ткань, даже в состоянии покоя, является метаболически активной и требует значительных энергозатрат на поддержание тонуса. Следовательно, большая мышечная масса напрямую связана с более высокой скоростью основного обмена. Человек с большей массой тела (включая жир) постоянно носит на себе дополнительную массу. Это создает повышенную механическую нагрузку на опорно-двигательный аппарат и мышцы

в течение всего дня при выполнении обычных действий (ходьба, подъём по лестнице, просто удержание тела в пространстве). Следствием этого может быть адаптационная гипертрофия: мышцы вынуждены адаптироваться к этой постоянной нагрузке, чтобы эффективно функционировать. Это аналогично принципу силовых тренировок с отягощениями, но в менее интенсивной, фоновой форме. Физиологические механизмы, лежащие в основе полученных результатов, требуют дальнейшего изучения.

Уменьшение СКХ при увеличении относительной массы мышечной ткани, наблюдаемое в нашем исследовании, может быть связано с ухудшением её качественного состава — например, с миофиброзом (замещением мышечных волокон соединительной тканью) или миостеатозом (жировой инфильтрацией, ведущей к жировому перерождению) [33–35]. Эти процессы снижают функциональную

Таблица 5. Отношения шансов снижения силы кистевого хвата между двумя измерениями в исследованиях «Узнай своё сердце» и «Биомаркеры индивидуальной жизнеспособности у жителей Европейского Севера России» в зависимости от базовых характеристик женщин и мужчин, оценённые в логистических регрессиях без коррекции и с коррекцией на базовые значения возраста, роста, силы кистевого хвата и количество месяцев наблюдения ($n=1168$)

Table 5. Odds ratios for decline in handgrip strength between the Know Your Heart and Biomarkers of Individual Vitality in Residents of Russia's European North studies, by baseline characteristics in women and men, estimated from logistic regressions unadjusted and adjusted for baseline age, height, handgrip strength, and months of follow-up ($n = 1168$)

Характеристики	Женщины ($n=735$)		Мужчины ($n=433$)	
	ОШ (95% ДИ)	ОШ _с (95% ДИ)	ОШ (95% ДИ)	ОШ _с (95% ДИ)
Социально-демографические				
Возраст	0,99 (0,98; 1,01)	1,03 (1,00; 1,05)	1,02 (0,99; 1,04)	1,05 (1,01; 1,08)
Высшее образование	1,10 (0,82; 1,49)	1,09 (0,79; 1,51)	1,09 (0,73; 1,62)	0,98 (0,64; 1,50)
Финансовые трудности	0,75 (0,51; 1,1)	0,84 (0,56; 1,26)	1,11 (0,53; 2,33)	0,96 (0,43; 2,14)
Образ жизни				
Курение	1,09 (0,72; 1,66)	1,03 (0,66; 1,61)	0,88 (0,57; 1,35)	1,00 (0,63; 1,60)
Опасное потребление алкоголя	1,38 (0,50; 3,76)	1,29 (0,44; 3,75)	1,08 (0,71; 1,65)	1,30 (0,82; 2,05)
Низкая физическая активность/гиподинамия	0,91 (0,62; 1,34)	0,92 (0,61; 1,38)	0,74 (0,43; 1,28)	0,77 (0,44; 1,38)
Антропометрические				
Рост	1,00 (0,98; 1,02)	0,96 (0,93; 0,99)	0,96 (0,93; 0,99)	0,91 (0,88; 0,95)
ИМТ	0,98 (0,95; 1,00)	0,96 (0,93; 0,99)	1,05 (1,00; 1,10)	1,02 (0,97; 1,08)
Окружность талии	0,99 (0,98; 1,00)	0,98 (0,97; 0,99)	1,01 (0,99; 1,03)	1,01 (0,99; 1,03)
ООТР	0,98 (0,97; 1,00)	0,97 (0,95; 0,99)	1,04 (1,00; 1,07)	1,02 (0,99; 1,06)
Общее ожирение (ИМТ ≥ 30 кг/м ²)	0,92 (0,67; 1,25)	0,76 (0,54; 1,07)	1,61 (1,01; 2,55)	1,53 (0,93; 2,51)
Абдоминальное ожирение (ООТР $\geq 0,5$)	0,71 (0,53; 0,97)	0,55 (0,38; 0,78)	1,13 (0,72; 1,76)	0,78 (0,48; 1,29)
Состав тела				
Скорость основного обмена, 100 ккал	0,93 (0,85; 1,01)	0,83 (0,75; 0,92)	0,99 (0,92; 1,06)	1,02 (0,93; 1,13)
Импеданс тела, 100 Ом	1,10 (0,91; 1,32)	1,36 (1,09; 1,68)	0,76 (0,54; 1,06)	1,06 (0,73; 1,55)
Жировая масса	0,98 (0,97; 1,00)	0,98 (0,96; 1,00)	1,03 (0,99; 1,06)	1,01 (0,98; 1,05)
Мышечная масса	1,02 (1,00; 1,04)	1,03 (1,00; 1,05)	0,97 (0,94; 1,00)	0,98 (0,95; 1,02)
Содержание воды	1,03 (1,00; 1,06)	1,03 (1,00; 1,06)	0,97 (0,93; 1,01)	0,98 (0,94; 1,03)

Примечание. ОШ — отношения шансов; ОШ_с — отношения шансов с коррекцией на базовые характеристики (возраст, рост, силу кистевого хвата в 2015–2017 гг.; для возраста и роста — коррекция возраст и рост не проводилась соответственно) и количество месяцев наблюдения; 95% ДИ — 95% доверительные интервалы; ИМТ — индекс массы тела; ООТР — отношение окружности талии к росту.

способность мышечной ткани, несмотря на сохранение или увеличение её объёма, что носит название «динапения» [36–38]. Эта взаимосвязь не в полной мере объясняется литературными данными и требует дальнейшего изучения. Увеличение содержания воды в организме, по данным нашего исследования, ассоциировалось со снижением СКХ. Повышение доли внеклеточной жидкости (отёчность) может быть связано с ухудшением трофики тканей, нарушением водно-солевого баланса и снижением функциональности мышечной ткани [39, 40].

Повышение импеданса тела ассоциировано с более низкими показателями СКХ как у мужчин, так и у женщин в поперечных исследованиях, а также увеличивало шансы снижения мышечной силы у женщин в долгосрочной перспективе. Повышенные значения импеданса, как правило,

связаны с увеличением доли жировой ткани, снижением относительной мышечной массы и общего содержания воды, особенно внутриклеточной. Таким образом, более высокий импеданс может отражать неблагоприятные изменения в составе тела, сопровождающиеся снижением мышечной функции. Физиологические процессы, объясняющие связь повышенного импеданса со снижением мышечной силы, требуют дальнейшего изучения.

Сильными сторонами данной работы являются проведение повторных измерений СКХ на одной случайной популяционной выборке взрослого населения, наблюдаемой в динамике в качестве когорты, с применением единого подхода и стандартизированных методов измерения. В совокупности это обеспечило сопоставимость данных, полученных в двух точках времени, и позволило

оценить изменения СКХ в динамике. Изучение связей СКХ с широким спектром индивидуальных характеристик позволило получить комплексное представление о факторах, влияющих на мышечную силу, выявить закономерности возрастных изменений и половые различия. Поскольку исследование проведено с участием жителей одного региона Российской Федерации, обобщаемость его результатов может быть ограничена. Некоторые из выявленных закономерностей могут носить региональный характер и быть связаны с климатическими условиями и образом жизни. Участники с низким уровнем образования и курящие имели повышенный риск развития тяжёлых заболеваний или смерти в интервале между обследованиями, что могло привести к их исключению из проведённого анализа и, как следствие, к недооценке ассоциаций между социально-демографическими, поведенческими факторами и снижением мышечной силы. Кроме того, вероятно недооценка связей между изучаемыми характеристиками и снижением СКХ у мужчин, что обусловлено меньшим числом участников мужского пола и связанной с этим ограниченной статистической мощностью анализа. Используемые данные биоимпедансометрии не являются золотым стандартом оценки функционального состояния мышц, что могло привести к недооценке связей между мышечной массой и фактической СКХ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование продемонстрировало, что снижение мышечной силы с возрастом более выражено у мужчин. СКХ также положительно связана с наличием высшего образования у мужчин. Финансовые трудности ассоциировались с более низкими показателями мышечной силы у женщин. В поперечных срезах более высокий рост, большие значения ИМТ, окружности талии и ООТР, скорость основного обмена и более высокая доля жировой массы были положительно связаны с СКХ, а высокие значения доли мышечной массы и большой импеданс тела — с меньшими значениями. В качестве факторов, повышающих шансы снижения СКХ у женщин в семилетней динамике, были определены более высокий рост, показатели общего и абдоминального ожирения и более высокая скорость основного обмена. Ухудшали прогноз более старший возраст, более высокий импеданс тела, большие процентные доли мышечной массы и воды в составе тела. У мужчин с большими шансами снижения СКХ в динамике был связан более старший возраст, с меньшими шансами — более высокий рост. В целом снижение мышечной силы в динамике в значительно большей степени определялось антропометрическими и характеристиками состава тела, чем социально-демографическими и образом жизни. Результаты исследования, проведённого на выборке жителей климатически неблагоприятной территории Арктической зоны Российской Федерации,

демонстрируют важность учёта половых различий и совокупности рассмотренных факторов при разработке региональных стратегий профилактики саркопении.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. А.А. Абрамов — анализ литературных источников, написание разделов «Введение» и «Результаты исследования», редактирование статьи; Г.Н. Кострова — общая концепция исследования, редактирование статьи; Е.А. Кригер — анализ литературных источников, написание раздела «Обсуждение», редактирование статьи; А.В. Кудрявцев — общая концепция статьи, статистический анализ данных, описание методики, редактирование статьи, руководство научным коллективом. 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 Северного государственного медицинского университета (Архангельск): исследование «Узнай своё сердце» — протокол № 01/01-15 от 27.01.2015, исследование «Биомаркеры индивидуальной жизнеспособности у жителей Европейского Севера России» — протокол № 03/04-23 от 26.04.2023. Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Источники финансирования. Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 23-15-20017 (<https://rscf.ru/project/23-15-20017/>).

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. Abramov: formal analysis, writing—original draft, writing—review & editing; G.N. Kostrova: conceptualization, writing—review & editing; E.A. Krieger: formal analysis, writing—original draft, writing—review & editing; A.V. Kudryavtsev: conceptualization, formal analysis, methodology, 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: The study was approved by the Local Ethics Committee of the Northern State Medical University (Arkhangelsk): the Know Your Heart study (Minutes No. 01/01-15, dated January 27, 2015) and the Biomarkers of Individual Vitality in Residents of Russia's European North study (Minutes No. 03/04-23 of April 26, 2023). All participants provided written informed consent prior to enrollment.

Funding sources: This study was supported by a grant from the Russian Science Foundation (No. 23-15-20017), available at <https://rscf.ru/project/23-15-20017/>.

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 obtained or 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

- Shtonda MV, Pristrom MS, Semenenkov II, Akola TV. Sarcopenia, metabolic syndrome, and sarcopenic obesity in the elderly: a therapist's perspective. *Meditsinskie Novosti*. 2022;(9):4–13. EDN: NEJWJMQ
- Clinical Guidelines: Senile Asthenia. 2024–2025–2026 (05.06.2024). Approved by the Ministry of Health of the Russian Federation. 106 p. URL: https://kurskveteran.gosuslugi.ru/netcat_files/35/68/KR_starcheskaya_asteniya.pdf
- Rolland Y, Czerwinski S, Abellan Van Kan G, et al. Sarcopenia: its assessment, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives. *J Nutr Health Aging*. 2008;12(7):433–450. doi: 10.1007/BF02982704
- Walston JD. Sarcopenia in older adults. *Curr Opin Rheumatol*. 2012;24(6):623–627. doi: 10.1097/BOR.0b013e328358d59b
- Yakabe M, Ogawa S, Akishita M. Clinical manifestations and pathophysiology of sarcopenia. *Biomedical Sciences*. 2015;1(2):10–17. doi: 10.11648/j.bs.20150102.11
- Crus-Jentoft AE, Bahat G, Bauer J, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(4):16–31. doi: 10.1093/ageing/afz046
- Avgerinou C. Sarcopenia: why it matters in general practice. *Br J Gen Pract*. 2020;70(693):200–201. doi: 10.3399/bjgp20X709253
- Cesari M, Fielding RA, Pahor M, et al. Biomarkers of sarcopenia in clinical trials — recommendations from the International Working Group on Sarcopenia. *J Cachexia, Sarcopenia Muscle*. 2012;3(3):181–190. doi: 10.1007/s13539-012-0078-4
- Tchernof A, Després JP. Pathophysiology of human visceral obesity: an update. *Physiol Rev*. 2013;93(1):359–404. doi: 10.1152/physrev.00033.2011
- Yuan S, Larsson SC. Epidemiology of sarcopenia: Prevalence, risk factors, and consequences. *Metabolism*. 2023;144:155533. doi: 10.1016/j.metabol.2023.155533
- Gurina NA, Frolova EV, Degryse JM. A roadmap of aging in Russia: the prevalence of frailty in community-dwelling older adults in the St. Petersburg district — the "Crystal" study. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2011;59(6):980–988. doi: 10.1111/j.1532-5415.2011.03448.x EDN: OHUKDP
- Cawthon PM, Travison TG, Manini TM, et al. Establishing the link between lean mass and grip strength cut-points with mobility disability and other health outcomes: proceedings of the sarcopenia definition and outcomes consortium conference. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2020;75(7):1317–1323. doi: 10.1093/gerona/glz081
- Ostolin TLVDP, Gonze BB, Vieira WO, et al. Association between the handgrip strength and the isokinetic muscle function of the elbow and the knee in asymptomatic adults. *SAGE Open Med*. 2021;9:2050312121993294. doi: 10.1177/2050312121993294
- Vaishya R, Misra A, Vaish A, et al. Hand grip strength as a proposed new vital sign of health: a narrative review of evidences. *J Health Popul Nutr*. 2024;43(1):7. doi: 10.1186/s41043-024-00500-y
- Watts N, Amann M, Arnell N, et al. The 2020 report of the lancet countdown on health and climate change: responding to converging crises. *Lancet*. 2021;397(10269):129–170. doi: 10.1016/S0140-6736(20)32290-X
- Cook S, Malyutina S, Kudryavtsev AV, et al. Know your heart: rationale, design and conduct of a cross-sectional study of cardiovascular structure, function and risk factors in 4500 men and women aged 35–69 years from two Russian cities, 2015–18. *Wellcome Open Research*. 2018;3:67. doi: 10.12688/wellcomeopenres.14619.3
- Cooper R, Shkolnikov V, Kudryavtsev AV, et al. Between-study differences in grip strength: a comparison of Norwegian and Russian adults aged 40–69 years. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2021;12(6):2091–2100. doi: 10.1002/jcsm.12816
- Babor TF, Higgins-Biddle JC, Saunders JB, Monteiro MG. AUDIT: The alcohol use disorders identification test: guidelines for use in primary health care. Second Edition. Geneva: World Health Organization; 2001. 40 p.
- Cust A, Smith B, Chau J, et al. Validity and repeatability of the EPIC physical activity questionnaire: A validation study using accelerometers as an objective measure. *Int J Behav Nutr Physical Activity*. 2008;5:33. doi: 10.1186/1479-5868-5-33
- Drapkina OM, Drozdova LYu, Lishchenko OV. *Methodological recommendations for increasing physical activity*. Voronezh: Kantstovary; 2019. (In Russ.) ISBN: 978-5-6043603-1-6
- El Zein VA, Mokhort TV. Characteristics of obesity, body composition and adipose tissue dysfunction in women with polycystic ovary syndrome. *Medical business: a Scientific and Practical Therapeutic Journal*. 2019;(2):63–68. EDN: QKOMNT
- Chen B, Covinsky KE, Stijacic Cenzer I, et al. Subjective social status and functional decline in older adults. *J Gen Intern Med*. 2012;(6):693–699. doi: 10.1007/s11606-011-1963-7
- Bridger Staatz C, Kelly Y, Lacey RE, et al. Life course socioeconomic position and body composition in adulthood: a systematic review and narrative synthesis. *Int J Obes*. 2021;45(11):2300–2315. doi: 10.1038/s41366-021-00898-z
- Oh S. Obesity, sarcopenia, and smoking: landscape in the mist. *Korean J Fam Med*. 2019;40(2):61–62. doi: 10.4082/kjfm.40.2E
- Masenko VL, Kokov AN, Semenov SE, et al. Pathophysiological aspects of comorbidity of risk factors of atherosclerosis and sarcopenia. *Clinical physiology of blood circulation*. 2020;17(4):245–256. doi: 10.24022/1814-6910-2020-17-4-245-256 EDN: VIGHAO
- Khazov VS. Systematic analysis of tobacco smoking and its encouraging results. *Journal of Atherosclerosis and Dyslipidemias*. 2025;(1):57–63. doi: 10.34687/2219-8202.JAD.2025.01.0007 EDN: ZXWWS
- Lin J, Hu M, Gu X, et al. Effects of cigarette smoking associated with sarcopenia in persons 60 years and older: a cross-sectional study in Zhejiang province. *BMC Geriatrics*. 2024;24(1):523. doi: 10.1186/s12877-024-04993-4
- Edwards R, McElduff P, Harrison R, et al. Pleasure or pain? A profile of smokers in Northern England. *Public Health*. 2006;120(8):760–768. doi: 10.1016/j.puhe.2006.05.005
- Bath P, Pendleton N, Morgan K, et al. New approach to risk determination: development of risk profile for new falls among community-dwelling older people by use of a GeneticAlgorithm Neural Network (GANN). *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2000;55(1):M17–21. doi: 10.1093/gerona/55.1.M17
- Bazdyrev ED, Goffman LS, Barbarash OL. Frailty syndrome in patients with respiratory diseases. *Pulmonologiya*. 2022;32(2):244–252. doi: 10.18093/0869-0189-2022-32-2-244-252 EDN: DYFWAU
- Hildreth KL, Barry DW, Moreau KL, et al. Effects of testosterone and progressive resistance exercise in healthy, highly functioning older men with low-normal testosterone levels. *J Clin Endocrinol Metab*. 2013;98(5):1891–1900. doi: 10.1210/jc.2013-2227
- Klevanskaya AA, Bulgakova SV, Melikova AV. A positive experience of using testosterone in combination with vitamin D3 and a complex of Omega-3 polyunsaturated fatty acids in a patient with late-onset

- hypogonadism and a history of radical prostatectomy for cancer. *Urology and Andrology*. 2020;8(4):16–20. doi: 10.20953/2307-6631-2020-4-16-20 EDN: HQREBM
- 33.** McGregor R, Cameron-Smith D, Poppitt S. It is not just muscle mass: a review of muscle quality, composition and metabolism during ageing as determinants of muscle function and mobility in later life. *Longev Healthspan*. 2014;3(1):9. doi: 10.1186/2046-2395-3-9
- 34.** Belopasov VV, Belopasova AV, Veselova DK. Involuntary forms of skeletal muscle pathology. *Medical Alphabet*. 2022;(32):17–24. doi: 10.33667/2078-5631-2022-32-17-24 EDN: WUXSUA
- 35.** Bikbavova GR, Livzan MA, Tikhonravova DV. All you need to know about sarcopenia: a short guide for an internal medicine physician in questions and answers. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2023;22 (3):88–97. doi: 10.20538/1682-0363-2023-3-88-97 EDN: POFYCT
- 36.** Clark BC, Manini TM. Sarcopenia \neq dynapenia. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2008;63(8):829–834. doi: 10.1093/gerona/63.8.829
- 37.** Shevchenko YuF, Gorelik SG, Il'nitsky AN, et al. Diagnostic markers of dynapenia and sarcopenia in women with arterial hypertension. *Youth Innovation Bulletin*. 2023;12(S2):197–198. EDN: OHVXXZ
- 38.** Neeshapa AG, Karpova EI, Karetnikova VN. Dinapenia and presarcopenia in patients with coronary artery disease: clinical predictors. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(S9):26. (In Russ.) EDN: PDAYNY
- 39.** Vila E, Pedro B, Silva B, Cancela JM. BIA-assessed cellular hydration and strength in healthy older adults. *Clin Nutr ESPEN*. 2024;64:144–148. doi: 10.1016/j.clnesp.2024.09.010
- 40.** Shustov EB, Novikov VS, Okovity SV, et al. Pathogenetic mechanisms of increased fatigue and the main directions of its pharmacological correction. *Herald of Education and Science Development of Russian Academy of Natural Sciences*. 2020;(4):26–40. doi: 10.26163/RAEN.2020.10.87.004 EDN: ZYKHDS

ОБ АВТОРАХ

* Абрамов Артём Александрович;

адрес: Россия, 163069, Архангельск, пр. Троицкий, д. 51;
ORCID: 0000-0002-3862-6565;
e-mail: art21541610@yandex.ru

Кострова Галина Николаевна, д-р мед. наук, доцент;

ORCID: 0000-0002-3132-6439;
eLibrary SPIN: 9757-7975;
e-mail: kostrovagn@yandex.ru

Кригер Екатерина Анатольевна, канд. мед. наук, PhD, доцент;

ORCID: 0000-0001-5179-5737;
eLibrary SPIN: 2686-7226;
e-mail: kate-krieger@mail.ru

Кудрявцев Александр Валерьевич, PhD;

ORCID: 0000-0001-8902-8947;
eLibrary SPIN: 9296-2930;
e-mail: kudryavtsev@nsmu.ru

AUTHORS' INFO

* Artem A. Abramov;

address: 51 Troitskiy ave, Arkhangelsk, Russia, 163069;
ORCID: 0000-0002-3862-6565;
e-mail: art21541610@yandex.ru

Galina N. Kostrova, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor;

ORCID: 0000-0002-3132-6439;
eLibrary SPIN: 9757-7975;
e-mail: kostrovagn@yandex.ru

Ekaterina A. Krieger, MD, Cand. Sci. (Medicine), PhD, Associate Professor;

ORCID: 0000-0001-5179-5737;
eLibrary SPIN: 2686-7226;
e-mail: kate-krieger@mail.ru

Alexander V. Kudryavtsev, PhD;

ORCID: 0000-0001-8902-8947;
eLibrary SPIN: 9296-2930;
e-mail: kudryavtsev@nsmu.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco680001>

EDN: OSOGHU

Параметры свободнорадикального окисления у женщин разных этнических групп в менопаузе, проживающих в городской и сельской местности Прибайкалья

А.С. Лесная, Н.В. Семёнова, М.А. Даренская, Л.И. Колесникова

Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека, Иркутск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Течение менопаузы может приобретать патологическую направленность, приводить к развитию ассоциированных с ней патологий и формированию климактерического синдрома. Определить предрасположенность к развитию патологических состояний можно путём оценки неспецифических процессов перекисного окисления липидов. Известно, что на них могут влиять различные группы факторов, такие как этническая принадлежность испытуемых, однако малоизученным фактором остаётся территория проживания.

Цель. Оценить параметры свободнорадикального окисления — антиоксидантной защиты у женщин с менопаузальным статусом русской и бурятской этнических групп, проживающих в городской и сельской местности Прибайкалья для установления характера воздействия территориальных факторов данного региона на местное население.

Методы. В исследовании приняли участие 344 женщины климактерического периода, которые были разделены на 4 исследуемые группы: русская этническая группа, город ($n=115$); русская этническая группа, село ($n=43$); бурятская этническая группа, город ($n=129$); бурятская этническая группа, село ($n=57$). У всех женщин измеряли параметры перекисного окисления липидов: уровень субстратов с изолированными двойными связями, диеновых конъюгатов, кетодиенов и сопряжённых триенов и продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой. Оценка компонентов антиоксидантной защиты включала определение активности супероксиддисмутазы, общей антиокислительной активности крови, концентрации α -токоферола и ретинола, уровня восстановленного и окисленного глутатиона с расчётом их соотношения. Различия сравниваемых показателей считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. У женщин русского этноса, проживающих в сельской местности, выявлены более высокие показатели субстратов с изолированными двойными связями ($p=0,013$), диеновых конъюгатов ($p=0,018$), кетодиенов и сопряжённых триенов ($p=0,047$), продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой ($p=0,011$), активности супероксиддисмутазы ($p < 0,001$), содержания окисленного глутатиона ($p=0,006$) и более низкий уровень ретинола ($p=0,001$), восстановленного глутатиона ($p < 0,001$), а также соотношения восстановленного глутатиона к окисленному ($p < 0,001$) по сравнению с женщинами, проживающими в городе. У женщин бурятского этноса, проживающих в сельской местности, определены более высокие уровни субстратов с изолированными двойными связями ($p < 0,001$), диеновых конъюгатов ($p=0,001$), кетодиенов и сопряжённых триенов ($p=0,001$), продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой ($p < 0,001$), активности супероксиддисмутазы ($p=0,009$), содержания α -токоферола ($p=0,043$) и окисленного глутатиона ($p=0,008$) по сравнению с горожанами. Этнические различия были выявлены только между городскими жительницами, которые заключались в более высоких значениях кетодиенов и сопряжённых триенов ($p=0,008$), продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой ($p < 0,001$), α -токоферола ($p < 0,001$), ретинола ($p < 0,001$), восстановленного глутатиона ($p < 0,001$) и соотношения восстановленного глутатиона к окисленному ($p < 0,001$) у русского этноса.

Заключение. Экологические особенности территории Прибайкалья оказывают значительное влияние на состояние свободнорадикального гомеостаза у женщин основных этнических групп региона с менопаузальным статусом.

Ключевые слова: менопауза; перекисное окисление липидов; село; город; этнос.

Как цитировать:

Лесная А.С., Семёнова Н.В., Даренская М.А., Колесникова Л.И. Параметры свободнорадикального окисления у женщин разных этнических групп в менопаузе, проживающих в городской и сельской местности Прибайкалья // Экология человека. 2025. Т. 32, № 9. С. 675–687.

DOI: 10.17816/humeco680001 EDN: OSOGHU

Рукопись поступила: 20.05.2025

Рукопись одобрена: 12.09.2025

Опубликована online: 16.09.2025

Parameters of Free Radical Oxidation in Women of Different Ethnic Groups in Menopause Living in Urban and Rural Areas of the Baikal Region

Anastasia S. Lesnaya, Natalya V. Semenova, Marina A. Darenskaya, Lubov I. Kolesnikova

Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems, Irkutsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The course of menopause may acquire a pathological trajectory, leading to the development of associated disorders and the formation of climacteric syndrome. The predisposition to pathological conditions can be assessed through evaluation of nonspecific lipid peroxidation processes. It is known that these processes can be influenced by various factors, including ethnicity of the subjects, whereas the impact of place of residence remains poorly studied.

AIM: This study aimed to assess the parameters of free radical oxidation and antioxidant defense in menopausal women of Russian and Buryat ethnic groups living in urban and rural areas of the Baikal region, in order to determine the impact of territorial factors of this region on the local population.

METHODS: The study included 344 women in the climacteric period, divided into four groups: Russian ethnic group, urban ($n=115$); Russian ethnic group, rural ($n=43$); Buryat ethnic group, urban ($n=129$); Buryat ethnic group, rural ($n=57$). In all women, lipid peroxidation parameters were measured: the levels of substrates with isolated double bonds, diene conjugates, ketodienes and conjugated trienes, and thiobarbituric acid reactive substances. Assessment of antioxidant defense components included determination of superoxide dismutase activity, total antioxidant activity of blood, concentrations of α -tocopherol and retinol, levels of reduced and oxidized glutathione, and calculation of their ratio. Differences were considered significant at $p < 0.05$.

RESULTS: Russian women living in rural areas had higher levels of substrates with isolated double bonds ($p=0.013$), diene conjugates ($p=0.018$), ketodienes and conjugated trienes ($p=0.047$), thiobarbituric acid reactive substances ($p=0.011$), superoxide dismutase activity ($p < 0.001$), and oxidized glutathione ($p=0.006$), along with lower retinol levels ($p=0.001$), reduced glutathione ($p < 0.001$), and the reduced/oxidized glutathione ratio ($p < 0.001$), compared to urban residents. Among Buryat women in rural areas, higher levels of substrates with isolated double bonds ($p < 0.001$), diene conjugates ($p=0.001$), ketodienes and conjugated trienes ($p=0.001$), thiobarbituric acid reactive substances ($p < 0.001$), superoxide dismutase activity ($p=0.009$), α -tocopherol ($p=0.043$), and oxidized glutathione ($p=0.008$) were observed compared to urban residents. Ethnic differences were identified only among urban women, with Russian women showing higher values of ketodienes and conjugated trienes ($p=0.008$), thiobarbituric acid reactive substances ($p < 0.001$), α -tocopherol ($p < 0.001$), retinol ($p < 0.001$), reduced glutathione ($p < 0.001$), and the reduced/oxidized glutathione ratio ($p < 0.001$).

CONCLUSION: The ecological characteristics of the Baikal region exert a significant influence on the state of free radical homeostasis in menopausal women of the region's major ethnic groups.

Keywords: menopause; lipid peroxidation; rural area; urban area; ethnicity.

To cite this article:

Lesnaya AS, Semenova N V, Darenskaya MA, Kolesnikova LI. Parameters of Free Radical Oxidation in Women of Different Ethnic Groups in Menopause Living in Urban and Rural Areas of the Baikal Region. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(9):675–687. DOI: 10.17816/humeco680001 EDN: OSOGHU

更年期不同族群女性在Baikal地区城乡居住环境下的自由基氧化参数

Anastasia S. Lesnaya, Natalya V. Semenova, Marina A. Darenskaya, Lubov I. Kolesnikova

Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems, Irkutsk, Russia

摘要

论证: 更年期过程可能呈现病理性进展, 导致与其相关疾病的发展及更年期综合征的形成。通过评估非特异性脂质过氧化过程, 可以确定对病理状态的易感性。已知影响这些过程的因素包括种族归属, 但居住地域因素仍缺乏系统研究。

目的: 评估居住在Baikal地区城乡的俄罗斯族与布里亚特族更年期女性的自由基氧化及抗氧化防御参数, 以明确地域因素对当地人群的作用特征。

方法: 本研究纳入344名更年期女性, 分为四组: 俄罗斯族城市组 ($n=115$)、俄罗斯族农村组 ($n=43$)、布里亚特族城市组 ($n=129$)、布里亚特族农村组 ($n=57$)。在所有女性中测定脂质过氧化参数: 孤立双键底物水平、二烯共轭物、酮二烯与共轭三烯, 以及硫代巴比妥酸反应物。抗氧化防御的评估包括超氧化物歧化酶活性、血液总抗氧化活性、 α -生育酚与视黄醇浓度、还原型与氧化型谷胱甘肽水平及其比值。差异以 $p<0.05$ 为显著标准。

结果: 与城市女性相比, 居住在农村的俄罗斯族女性表现出更高水平的孤立双键底物 ($p=0.013$)、二烯共轭物 ($p=0.018$)、酮二烯与共轭三烯 ($p=0.047$)、硫代巴比妥酸反应物 ($p=0.011$)、超氧化物歧化酶活性 ($p<0.001$)、氧化型谷胱甘肽 ($p=0.006$), 以及更低的视黄醇 ($p=0.001$)、还原型谷胱甘肽 ($p<0.001$) 和谷胱甘肽还原/氧化比值 ($p<0.001$)。在布里亚特族农村女性中, 也观察到孤立双键底物 ($p<0.001$)、二烯共轭物 ($p=0.001$)、酮二烯与共轭三烯 ($p=0.001$)、硫代巴比妥酸反应物 ($p<0.001$)、超氧化物歧化酶活性 ($p=0.009$)、 α -生育酚 ($p=0.043$) 及氧化型谷胱甘肽 ($p=0.008$) 均高于城市居民。种族差异仅见于城市女性: 俄罗斯族女性的酮二烯与共轭三烯 ($p=0.008$)、硫代巴比妥酸反应物 ($p<0.001$)、 α -生育酚 ($p<0.001$)、视黄醇 ($p<0.001$)、还原型谷胱甘肽 ($p<0.001$) 及谷胱甘肽还原/氧化比值 ($p<0.001$) 水平均较高。

结论: Baikal地区的生态特征对该地区主要民族更年期女性的自由基稳态具有显著影响。

关键词: 更年期; 脂质过氧化; 农村; 城市; 民族。

引用本文:

Lesnaya AS, Semenova N V, Darenskaya MA, Kolesnikova LI. 更年期不同族群女性在Baikal地区城乡居住环境下的自由基氧化参数. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(9):675–687. DOI: 10.17816/humeco680001 EDN: OSOGHU

ОБОСНОВАНИЕ

Менопауза — переходный этап в жизненном цикле женщины, характеризующийся прекращением репродуктивной функции и началом периода климактерия. Неотъемлемой частью менопаузы является изменение гормонального фона женщин, в первую очередь происходит снижение половых гормонов — эстрогенов. Несмотря на то что климактерический период является физиологическим состоянием, дефицит эстрогенов отражается на течении метаболических процессов в организме, нарушение которых лежит в основе развития ряда патологий и формирования климактерического синдрома, в связи с чем течение менопаузы может приобретать патологическую направленность [1].

Определить предрасположенность к развитию патологических состояний можно путём оценки неспецифических патологических процессов, например, свободно-радикального окисления, где наиболее изученным звеном являются процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ) [2]. При интенсификации процессов липопероксидации на фоне истощённости систем, ингибирующих окисление, можно выявлять нарушения свободно-радикального гомеостаза, которые в дальнейшем могут сыграть роль пускового механизма и лежать в основе устойчивых патологических состояний. С учётом того, что наступление менопаузы является фактором риска для формирования свободно-радикальной патологии, в данном периоде возрастает необходимость оценки параметров свободно-радикального окисления для профилактики развития метаболических нарушений, ассоциированных с климактерием [3, 4].

Известно, что на течение метаболических процессов в клетках могут оказывать влияние различные группы факторов. Неоднократно была показана разница в интенсивности свободно-радикальных процессов и ёмкости антиоксидантной системы у лиц различных этносов [5–7], в том числе у женщин с менопаузальным статусом [8, 9]. Принято считать, что различия в параметрах свободно-радикального окисления — антиоксидантной защиты могут характеризовать адаптационные возможности у представителей сравниваемых этнических групп [10–12].

Однако влияние территории проживания на состояние свободно-радикального гомеостаза до сих пор остаётся малоизученным. Предполагается, что в результате воздействия территориальных факторов у местного населения могут формироваться адаптационные механизмы или преобладать дезадаптационные процессы, лежащие в основе специфики проявлений метаболических заболеваний [13]. В частности, показано влияние городской и сельской местности на особенности течения менопаузы [14].

На территории Прибайкалья наиболее крупными городами являются Иркутск (Иркутская область) и Улан-Удэ (Республика Бурятия), где большую часть населения

составляет русский и бурятский этносы. В представленных городах отмечается интенсивная концентрация населения, проблемы с инженерными коммуникациями, рост экологической напряжённости, высокий уровень техногенной нагрузки со стороны топливно-энергетического комплекса и автотранспорта. Также в Иркутске обнаружено загрязнение почвенного покрова, обусловленное большими промышленными выбросами, а в Улан-Удэ отмечены крайне низкие условия самоочищения атмосферы [15].

При этом большую часть Прибайкалья занимает сельское поселение, часть населённых пунктов которого в прошлом была подвержена загрязнению радионуклидами, что может отражаться на здоровье ныне живущего населения, в том числе и на состоянии свободнорадикального гомеостаза [16–18]. Согласно оценке плотности выпадения цезия 137 в Южной Сибири, одним из таких населённых пунктов является село Хоринск в Республике Бурятия [19]. Изучение параметров свободно-радикального окисления у жительниц Хоринска с менопаузальным статусом ранее не проводилось.

Цель исследования. Оценить параметры свободно-радикального окисления — антиоксидантной защиты у женщин с менопаузальным статусом русской и бурятской этнических групп, проживающих в городской и сельской местности Прибайкалья для установления характера воздействия территориальных факторов данного региона на местное население.

МЕТОДЫ

Данная работа выполнялась в 2019–2022 гг., проведена на базе ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (Иркутск), одобрена этическим комитетом ФГБНУ НЦ ПЗСРЧ (протокол заседания № 3 от 07.11.2019) и соответствует этическим нормам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (1964 г., последний пересмотр — Форталеа, Бразилия, 2013). Каждая женщина добровольно подписала информированное согласие на участие в проводимом исследовании.

Все испытуемые прошли общеклиническое обследование со сбором анамнеза, в результате чего были исключены женщины с обострением хронических заболеваний, имеющие сахарный диабет, принимающие заместительную гормональную терапию и антиоксидантные препараты.

Обязательным условием было прохождение участницами гинекологического осмотра с целью подтверждения менопаузального статуса, по результатам которого в исследование попали женщины с аменореей или нарушениями менструального цикла (стабильные колебания от 7 дней и выше по продолжительности последовательных циклов), содержанием антимюллерова гормона не превышающим 1,2 нг/мл. Разделение женщин

по фазам менопаузы происходило с использованием следующих критериев: для группы перименопаузы — возраст 45–55 лет, изменение ритма менструаций по типу олигоменореи или отсутствие менструальной функции в течение 12 мес., УЗ-критерии (несоответствие структуры и толщины эндометрия 1-й и 2-й фазам менструального цикла, истощение фолликулярного аппарата яичников), концентрация фолликулостимулирующего гормона более 20 МЕд/мл; для группы постменопаузы — возраст 56–60 лет, отсутствие менструальной функции более 24 мес., УЗ-критерии (тонкий нефункциональный эндометрий, М-эхо 0,5 см или меньше, отсутствие фолликулярного аппарата яичников), уровень фолликулостимулирующего гормона более 20 МЕд/мл, индекс соотношения лютеинизирующего и фолликулостимулирующего гормонов меньше 1. По фазам менопаузы группы были сопоставимы.

Дополнительно выявляли наличие хронических патологий (табл. 1) и устанавливали степень выраженности климактерического синдрома путём определения модифицированного менопаузального индекса (ММИ) — менопаузальный индекс Куппермана в модификации Е.В. Уваровой [20]. Женщины с хирургической менопаузой были исключены из исследования. При подсчёте ММИ каждый из отдельных симптомов оценивают в зависимости от степени выраженности по баллам от 0 до 3. Результаты представлены на рис. 1. По встречаемости хронических патологий и выраженности климактерического синдрома исследуемые группы были сопоставимы между собой ($p < 0,005$).

Этническую принадлежность женщин устанавливали на основании генеалогического анамнеза (три поколения одной этнической группы) и самоидентификации с учётом элементов фенотипа. Для городских жителей постоянной территорией проживания были Иркутск (52°17' с. ш., 104°18' в. д.) и Улан-Удэ (51°50' с. ш., 107°37' в. д.), для жителей сельской местности — сельский населённый пункт Хоринск Республики Бурятия (52°10' с. ш., 109°46' в. д.).

Таким образом, в настоящем исследовании приняли участие 344 женщины климактерического периода, которые в зависимости от этнической принадлежности

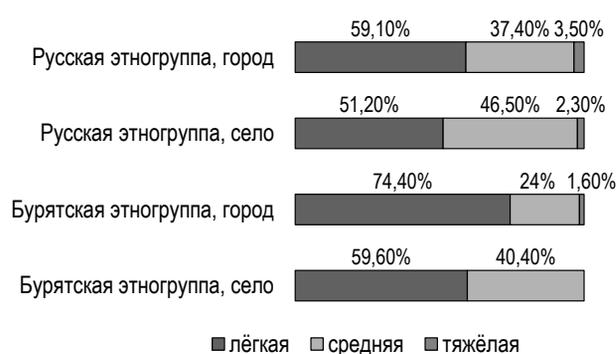


Рис. 1. Оценка степени тяжести климактерического синдрома у обследованных женщин на основании модифицированного менопаузального индекса.

Fig. 1. Assessment of climacteric syndrome severity in the examined women based on the modified menopausal index.

и территории проживания были разделены на 4 исследуемые группы:

- русская этническая группа, города Иркутск и Улан-Удэ: $n=115$, средний возраст — $52,07 \pm 4,42$ года, индекс массы тела (ИМТ) — $27,82 \pm 4,87$ кг/м² (перименопауза — 39,1%; постменопауза — 60,9%);
- русская этническая группа, село Хоринск: $n=43$, средний возраст — $50,64 \pm 4,39$ года, ИМТ — $28,69 \pm 5,41$ кг/м² (перименопауза — 48,8%; постменопауза — 51,2%);
- бурятская этническая группа, города Иркутск и Улан-Удэ: $n=129$, средний возраст — $53,20 \pm 5,14$ года, ИМТ — $27,06 \pm 4,42$ кг/м² (перименопауза — 41,1%; постменопауза — 58,9%);
- бурятская этническая группа, село Хоринск: $n=57$, средний возраст — $51,62 \pm 3,65$ года, ИМТ — $27,86 \pm 4,21$ кг/м² (перименопауза — 50,9%; постменопауза — 49,1%).

В качестве материала для исследований использовали сыворотку, плазму крови и лизат эритроцитов. Забор крови проводили из локтевой вены натощак в соответствии с общепринятыми требованиями.

Среди показателей, характеризующих интенсивность процессов свободнорадикального окисления, измеряли параметры ПОЛ, а именно уровень субстратов

Таблица 1. Структура выявленной патологии в обследуемых группах женщин, абс. (%)

Table 1. Distribution of detected conditions in the examined groups of women, abs. (%)

Вид патологии	Русская этническая группа		Бурятская этническая группа	
	город	село	город	село
Заболевания пищеварительной системы	36 (31,30)	11 (25,58)	50 (38,76)	18 (31,58)
Заболевания мочевыделительной системы	17 (14,70)	6 (13,95)	12 (9,30)	7 (12,28)
Заболевания опорно-двигательной системы	76 (66,08)	25 (58,14)	76 (58,91)	29 (50,88)
Заболевания сердечно-сосудистой системы	37 (32,17)	12 (27,90)	52 (40,31)	20 (35,09)
Заболевания репродуктивной системы (миома, эндометриоз)	22 (19,13)	10 (23,25)	17 (13,18)	11 (19,30)
Заболевания эндокринной системы (щитовидная железа)	18 (15,65)	4 (9,30)	15 (11,63)	4 (7,02)

с сопряжёнными двойными связями (Дв.св.), первичных продуктов ПОЛ — диеновых конъюгатов (ДК), промежуточных продуктов ПОЛ — кетодиенов и сопряжённых триенов (КД и СТ) [21] и конечных продуктов ПОЛ — продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой, то есть ТБК-активных продуктов (ТБК-АП) [22]. Измерения показателей свободнорадикального окисления проводили на спектрофотометре СФ-2000 (Россия). Содержание Дв.св., КД и СТ выражали в усл. ед., ДК — в мкмоль/л, ТБК-АП — в мкмоль/л.

Оценка компонентов антиоксидантной защиты включала определение активности супероксиддисмутазы (СОД) [23], общей антиокислительной активности крови (АОА) [24], концентрации α -токоферола и ретинола [25], уровня восстановленного (GSH) и окисленного глутатиона (GSSG) с расчётом их соотношения (GSH/GSSG) [26]. Измерения СОД проводили на биохимическом анализаторе BTS-350 (Испания) при $\lambda=320$ нм, уровня общей АОА — на спектрофотометре СФ-2000 (Россия), α -токоферола и ретинола — на флюорате 02 АБФФ-Т (Россия): для α -токоферола при $\lambda_{ex}=294$ нм и $\lambda_{em}=330$ нм, для ретинола при $\lambda_{ex}=335$ нм и $\lambda_{em}=460$ нм, GSH и GSSG — на флюорате 02 АБФФ-Т (Россия) при $\lambda_{ex}=350$ нм и $\lambda_{em}=420$ нм. Активность СОД выражали в усл. ед., общую АОА — в усл. ед. оптической плотности, концентрацию α -токоферола и ретинола — в мкмоль/л, GSH и GSSG — в ммоль/л.

Статистический анализ проводили с помощью пакета статистических и прикладных программ STATISTICA 10 (Stat-Soft Inc., США). Для определения близости к нормальному закону распределения количественных признаков использовали визуально-графический метод и критерии согласия Колмогорова–Смирнова с поправкой Лиллиефорса и Шапиро–Уилка. Оценка различий количественных показателей между изучаемыми группами проводили непараметрическими методами статистического анализа для независимых выборок с использованием критериев Манна–Уитни (U-test), Вальда–Вольфовица (W–W test) и Колмогорова–Смирнова (K–S test). Описательные статистики представлены в виде медианы и 25-го, 75-го процентилей. Различия сравниваемых показателей считали значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты исследования параметров системы «ПОЛ — антиоксидантная защита» у женщин русской этнической группы, проживающих в городской и сельской местности, представлены в табл. 2.

У женщин русского этноса, проживающих в сельской местности, выявлены более высокие уровни липидных молекул с сопряжёнными двойными связями — Дв.св. ($p=0,013$), первичных продуктов липопероксидации — ДК ($p=0,018$), промежуточных продуктов липопероксидации — КД-СТ ($p=0,047$), конечных продуктов липопероксидации — ТБК-АП ($p=0,011$), активности СОД ($p < 0,001$),

содержания GSSG ($p < 0,006$) и более низкий уровень ретинола ($p=0,001$), GSH ($p < 0,001$), а также соотношения GSH/GSSG ($p < 0,001$) по сравнению с женщинами, проживающими в городе.

При изучении параметров системы «ПОЛ — антиоксидантная защита» у женщин бурятского этноса были определены более высокие уровни липидных молекул с сопряжёнными двойными связями — Дв.св. ($p < 0,001$), первичных продуктов липопероксидации — ДК ($p < 0,001$), промежуточных продуктов липопероксидации — КД-СТ ($p=0,001$), конечных продуктов липопероксидации — ТБК-АП ($p < 0,001$), активности СОД ($p=0,009$), содержания α -токоферола ($p=0,043$) и GSSG ($p=0,008$) у жительниц села по сравнению с горожанками (табл. 3).

Сравнение исследуемых параметров у женщин русского и бурятского этносов, проживающих в Иркутске и Улан-Удэ, позволило выявить этнические особенности состояния свободнорадикального гомеостаза у жительниц городов. Среди показателей ПОЛ отмечаются более высокие значения промежуточных — КД-СТ ($p=0,008$) и конечных продуктов липопероксидации — ТБК-АП ($p < 0,001$) у представительниц русского этноса. При этом среди показателей антиоксидантной защиты у женщин русского этноса выявлены более высокие уровни α -токоферола ($p < 0,001$), ретинола ($p < 0,001$), GSH ($p < 0,001$) и соотношения GSH/GSSG ($p < 0,001$) по сравнению с группой бурятского этноса (табл. 4).

Сравнение показателей субстратов ПОЛ, продуктов липопероксидации и компонентов системы антиоксидантной защиты у участниц русского и бурятского этносов, проживающих в сельской местности, не выявило достоверных различий между группами (см. табл. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ

Вопреки общепринятому мнению о более благоприятных условиях проживания человека вблизи природы, у женщин с менопаузальным статусом русского и бурятского этносов, проживающих в сельской местности, активность процессов липопероксидации выше, чем у жительниц городов. Более интенсивное окисление липидов у сельского населения может быть связано с высоким содержанием у них липидных субстратов для окисления. Об этом свидетельствуют работы, в которых у жителей сельской местности были выявлены нарушения в метаболизме липидов, характеризующиеся гипертриглицеридемией и гиперхолестеринемией, обусловленной повышенным уровнем холестерина липопротеинов низкой плотности, по сравнению с горожанами [27, 28]. Также показано, что атерогенные сдвиги у женщин в менопаузе более выражены у представительниц русской популяции, в результате чего риск интенсификации липопероксидных процессов у них выше [29]. Однако в указанных работах не учитываются экологические условия места жительства испытуемых, которые могли стать причиной выявленных

Таблица 2. Содержание субстратов, продуктов липопероксидации и компонентов системы антиоксидантной защиты у женщин русской этнической группы в климактерии в зависимости от территории проживания**Table 2.** Levels of substrates, lipid peroxidation products, and components of the antioxidant defense system in menopausal women of Russian ethnicity depending on place of residence

Показатель	Город M±SD Me [Q2; Q3]	Село M±SD Me [Q2; Q3]	Уровень значимости, критерий Манна–Уитни
Субстраты с сопряжёнными двойными связями, усл. ед.	2,25±0,97 2,08 [1,62; 2,80]	2,62±0,76 2,52 [1,98; 3,12]	0,013
ДК, мкмоль/л	1,35±0,73 1,20 [0,76; 1,77]	1,66±0,80 1,50 [1,06; 2,12]	0,018
КД-СТ, усл. ед.	0,48±0,28 0,40 [0,26; 0,62]	0,73±0,97 0,48 [0,38; 0,70]	0,047
ТБК-АП, мкмоль/л	1,09±0,42 0,96 [0,78; 1,36]	1,71±1,11 1,70 [0,67; 2,38]	0,011
Общая АОА, усл. ед.	14,64±6,29 13,52 [10,04; 18,98]	14,09±4,34 13,59 [11,30; 17,48]	0,848
СОД, усл. ед.	1,71±0,12 1,72 [1,63; 1,82]	1,82±0,12 1,86 [1,74; 1,92]	0,000
α-токоферол, мкмоль/л	7,39±2,76 6,66 [5,51; 8,65]	6,92±2,04 6,27 [5,66; 7,45]	0,628
Ретинол, мкмоль/л	0,70±0,24 0,67 [0,53; 0,86]	0,57±0,20 0,54 [0,44; 0,68]	0,001
GSH, ммоль/л	2,54±0,48 2,52 [2,21; 2,86]	2,21±0,26 2,25 [2,10; 2,35]	0,000
GSSG, ммоль/л	1,93±0,47 1,85 [1,56; 2,31]	2,07±0,25 2,04 [1,95; 2,22]	0,006
GSH/GSSG	1,37±0,37 1,33 [1,08; 1,62]	1,08±0,18 1,06 [0,99; 1,21]	0,000

Примечание. M±SD — среднее ± стандартное отклонение; Me [Q2; Q3] — медиана, 25-й и 75-й квартили; *p* — критерии значимости: сравнение двух средних; ДК — диеновые конъюгаты; КД-СТ — кетодиены и сопряжённые триены; ТБК-АП — продукты, реагирующие с тиобарбитуровой кислотой / ТБК-активные продукты; АОА — антиокислительная активность крови; СОД — супероксиддисмутаза; GSH — восстановленный глутатион; GSSG — окисленный глутатион; GSH/GSSG — соотношение восстановленного глутатиона к окисленному. Жирным шрифтом выделены статистически значимые различия.

атерогенных сдвигов. В частности, существует вероятность, что участники из села могли проживать на радиоактивно загрязнённой местности, так как радиация не только увеличивает риски развития нарушений липидного профиля [30], но и является доказанным фактором активации свободнорадикальных процессов [31, 32]. Учитывая экологическую обстановку территорий, на которых живут исследуемые группы женщин, логично предположить, что район проживания, по всей видимости, является определяющим условием для интенсификации свободнорадикальных реакций.

Не исключено, что вклад в формирование гипертриглицеридемии и гиперхолестеринемии у сельских жителей может вносить определённая структура питания, а именно регулярное употребление мясных и молочных продуктов с высоким содержанием жиров, получаемых в результате сельскохозяйственной деятельности [33, 34]. Высокожировый рацион обладает наибольшей энергетической ценностью и является целесообразным для жителей сёл, так

как при тяжёлой физической работе, связанной с содержанием домашнего хозяйства, возрастает расход энергии в виде аденозинтрифосфата.

Необходимость в удовлетворении энергетических затрат приводит к усилению энергетического метаболизма и интенсивной работе митохондрий с генерацией большого количества активных форм кислорода [35], чрезмерное образование которых также приводит к интенсификации липопероксидных процессов, лежащих в основе свободнорадикальной патологии. Следовательно, физическую нагрузку можно рассматривать как сопутствующий фактор повышенной продукции свободных радикалов, наряду с географическими, экологическими, климатическими и другими условиям окружающей среды, связанными с территорией проживания [36].

При интенсификации процессов ПОЛ ожидаемо наблюдать активацию системы антиоксидантной защиты [37]. В контексте данного исследования интересным представляется факт отсутствия разницы в уровне общей

Таблица 3. Содержание субстратов, продуктов липопероксидации и компонентов системы антиоксидантной защиты у женщин бурятской этнической группы в климактерии в зависимости от территории проживания**Table 3.** Levels of substrates, lipid peroxidation products, and components of the antioxidant defense system in menopausal women of Buryat ethnicity depending on place of residence

Показатель	Город M±SD Me [Q2; Q3]	Село M±SD Me [Q2; Q3]	Уровень значимости, критерий Манна–Уитни
Субстраты с сопряжёнными двойными связями, усл. ед.	2,15±0,77 1,96 [1,66; 2,58]	2,55±0,64 2,48 [2,06; 2,90]	<0,001
ДК, мкмоль/л	1,31±0,71 1,08 [0,80; 1,70]	1,59±0,58 1,46 [1,14; 1,98]	0,001
КД-СТ, усл. ед.	0,42±0,34 0,34 [0,22; 0,48]	0,55±0,35 0,46 [0,32; 0,68]	0,001
ТБК-АП, мкмоль/л	0,79±0,53 0,61 [0,39; 1,06]	1,74±1,01 1,41 [0,87; 2,31]	<0,001
Общая АОА, усл. ед.	14,63±5,44 14,03 [10,6; 17,81]	13,84±3,73 14,32 [12,14; 15,62]	0,596
СОД, усл. ед.	1,72±0,17 1,70 [1,61; 1,89]	1,79±0,15 1,83 [1,71; 1,91]	0,009
α-токоферол, мкмоль/л	5,95±2,10 5,59 [4,61; 6,72]	6,49±1,82 5,94 [5,09; 7,36]	0,043
Ретинол, мкмоль/л	0,49±0,18 0,47 [0,37; 0,60]	0,54±0,18 0,52 [0,41; 0,61]	0,081
GSH, ммоль/л	2,20±0,48 2,21 [1,80; 2,49]	2,20±0,28 2,20 [2,08; 2,31]	0,831
GSSG, ммоль/л	1,93±0,36 1,92 [1,75; 2,13]	2,05±0,34 2,11 [1,82; 2,31]	0,008
GSH/GSSG	1,18±0,34 1,13 [0,93; 1,37]	1,11±0,28 1,05 [0,97; 1,16]	0,110

Примечание. M±SD — среднее ± стандартное отклонение; Me [Q2; Q3] — медиана, 25-й и 75-й квартили; *p* — критерии значимости: сравнение двух средних; ДК — диеновые конъюгаты; КД-СТ — кетодиены и сопряжённые триены; ТБК-АП — продукты, реагирующие с тиобарбитуровой кислотой / ТБК-активные продукты; АОА — антиокислительная активность крови; СОД — супероксиддисмутаза; GSH — восстановленный глутатион; GSSG — окисленный глутатион; GSH/GSSG — соотношение восстановленного глутатиона к окисленному. Жирным шрифтом выделены статистически значимые различия.

антиоксидантной активности между жительницами села и города. В связи с этим можно предположить, что более высокая интенсивность реакций липопероксидации является физиологической для женщин, проживающих в сельской местности, и определяется их адаптацией к факторам окружающей среды. При этом в исследуемых группах выявлены изменения в некоторых компонентах системы антиоксидантной защиты, отличающиеся в зависимости от этнической принадлежности женщин.

Общим показателем, имеющим одинаковую направленность в двух этносах, является повышенная активность фермента СОД, которая возрастает в ответ на увеличение супероксидного радикала, что подтверждает наши предположения об избыточной генерации активных форм кислорода у женщин, проживающих в сельской местности. Являясь антиоксидантом первой линии защиты, СОД катализирует диспропорционирование супероксидного аниона с образованием молекулярного кислорода и перекиси водорода. В свою очередь,

пероксид водорода также является прооксидантом, поэтому на следующем этапе происходит его расщепление до кислорода и воды с участием фермента каталазы [38]. Так как активность каталазы в исследуемых группах неизвестна, существует вероятность торможения антиоксидантных процессов на данном этапе инактивации активных форм кислорода и накопления пероксида водорода, стимулирующего процессы липопероксидации, что также можно рассматривать как сопутствующий фактор развития свободнорадикальной патологии, наряду с вышеперечисленными.

Различия в антиоксидантном ответе на гиперпродукцию активных форм кислорода наблюдаются в содержании жирорастворимых витаминов, которые заключаются в пониженном уровне ретинола у женщин русского этноса и повышенном уровне α-токоферола в группе бурятского этноса по сравнению с женщинами тех же этнических групп, проживающих в городах. Доказано, что α-токоферол проявляет антиоксидантные

Таблица 4. Межэтнические сравнительные показатели перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты у женщин в климактерии русской и бурятской этнических групп, проживающих в городах Иркутске, Улан-Удэ и в селе Хоринск**Table 4.** Interethnic comparative indicators of lipid peroxidation and antioxidant defense in menopausal women of Russian and Buryat ethnicities residing in the cities of Irkutsk and Ulan-Ude and in the rural area of Khorinsk

Показатели	Город M±SD Me [Q2; Q3]		p	Село M±SD Me [Q2; Q3]		p
	русские (n=115)	буряты (n=129)		русские (n=43)	буряты (n=57)	
Субстраты с сопряжёнными двойными связями, усл. ед.	2,25±0,97 2,08 [1,62; 2,80]	2,15±0,77 1,96 [1,66; 2,58]	0,321	2,62±0,76 2,52 [1,98; 3,12]	2,55±0,64 2,48 [2,06; 2,90]	0,777
ДК, мкмоль/л	1,35±0,73 1,20 [0,76; 1,77]	1,31±0,71 1,08 [0,80; 1,70]	0,482	1,66±0,80 1,50 [1,06; 2,12]	1,59±0,58 1,46 [1,14; 1,98]	0,903
КД-СТ, усл. ед.	0,48±0,28 0,40 [0,26; 0,62]	0,42±0,34 0,34 [0,22; 0,48]	0,008	0,73±0,97 0,48 [0,38; 0,70]	0,55±0,35 0,46 [0,32; 0,68]	0,457
ТБК-АП, мкмоль/л	1,09±0,42 0,96 [0,78; 1,36]	0,79±0,53 0,61 [0,39; 1,06]	<0,001	1,71±1,11 1,70 [0,67; 2,38]	1,74±1,01 1,41 [0,87; 2,31]	0,665
Общая АОА, усл. ед.	14,64±6,29 13,52 [10,04; 18,98]	14,63±5,44 14,03 [10,6; 17,81]	0,637	14,09±4,34 13,59 [11,30; 17,48]	13,84±3,73 14,32 [12,14; 15,62]	0,986
СОД, усл. ед.	1,71±0,12 1,72 [1,63; 1,82]	1,72±0,17 1,70 [1,61; 1,89]	0,916	1,82±0,12 1,86 [1,74; 1,92]	1,79±0,15 1,83 [1,71; 1,91]	0,441
α-токоферол, мкмоль/л	7,39±2,76 6,66 [5,51; 8,65]	5,95±2,10 5,59 [4,61; 6,72]	<0,001	6,92±2,04 6,27 [5,66; 7,45]	6,49±1,82 5,94 [5,09; 7,36]	0,166
Ретинол, мкмоль/л	0,70±0,24 0,67 [0,53; 0,86]	0,49±0,18 0,47 [0,37; 0,60]	<0,001	0,57±0,20 0,54 [0,44; 0,68]	0,54±0,18 0,52 [0,41; 0,61]	0,372
GSH, ммоль/л	2,54±0,48 2,52 [2,21; 2,86]	2,20±0,48 2,21 [1,80; 2,49]	<0,001	2,21±0,26 2,25 [2,10; 2,35]	2,20±0,28 2,20 [2,08; 2,31]	0,473
GSSG, ммоль/л	1,93±0,47 1,85 [1,56; 2,31]	1,93±0,36 1,92 [1,75; 2,13]	0,844	2,07±0,25 2,04 [1,95; 2,22]	2,05±0,34 2,11 [1,82; 2,31]	0,772
GSH/GSSG	1,37±0,37 1,33 [1,08; 1,62]	1,31±0,71 1,08 [0,80; 1,70]	<0,001	1,08±0,18 1,06 [0,99; 1,21]	1,11±0,28 1,05 [0,97; 1,16]	0,633

Примечание. M±SD — среднее ± стандартное отклонение; Me [Q2; Q3] — медиана, 25-й и 75-й квартили; p — критерии значимости: сравнение двух средних; ДК — диеновые конъюгаты; КД-СТ — кетодиены и сопряжённые триены; ТБК-АП — продукты, реагирующие с тиобарбитуровой кислотой / ТБК-активные продукты; АОА — антиокислительная активность крови; СОД — супероксиддисмутаза; GSH — восстановленный глутатион; GSSG — окисленный глутатион; GSH/GSSG — соотношение восстановленного глутатиона к окисленному. Жирным шрифтом выделены статистически значимые различия.

свойства в реакциях прямой инактивации свободных радикалов. При этом его считают универсальным протектором клеточных мембран по причине переноса атома водорода на свободный радикал перекиси липидов, прерывая цепь дальнейшего окисления. Функции других антиоксидантных витаминов (аскорбата, ретинола), помимо взаимодействия со свободными радикалами, направлены на восстановление токоферола и синергизм с ним, что подчёркивает его важность как антиоксиданта [39]. Соответственно, в условиях интенсификации процессов ПОЛ инактивация свободных радикалов и обеспечение необходимого уровня α-токоферола будут приводить к более стремительному расходу аскорбата и ретинола, что мы и наблюдаем в группе женщин русского этноса, проживающих в сельской местности, в отношении последнего. В таком случае отсутствие изменений в уровне ретинола у женщин бурятского этноса, проживающих в селе, отчасти определено высоким содержанием у них

α-токоферола, что ещё раз подчёркивает его важность в процессах адаптации к повышенному уровню липопероксидации [40]. Избыток α-токоферола, как и изменения в липидном профиле, описанные выше, может быть связан со специфической структурой питания коренных сельских жителей, ассоциированной с высоким потреблением жиров.

В системе глутатиона у жительниц села также наблюдаются этноспецифические изменения, связанные с повышенной активностью процессов ПОЛ. У женщин русского этноса отмечается снижение уровня восстановленного глутатиона и увеличение содержания его окисленной формы, что приводит к сдвигу соотношения между ними. У женщин бурятского этноса повышен только уровень окисленной формы глутатиона с сохранением баланса между двумя его формами. Вклад восстановленного глутатиона в поддержание свободнорадикального гомеостаза сложно переоценить: он нейтрализует

свободные радикалы, участвует в рециклировании аскорбиновой кислоты, утилизации карбонильных продуктов липопероксидации, тем самым препятствуя развитию окислительного и карбонильного стрессов. Повышение окисленной формы глутатиона в условиях развития свободнорадикальной патологии также имеет смысл, поскольку эта форма трипептида может вступать в реакцию S-глутатионилирования белков, тем самым защищая их от окисления [3]. Учитывая схожесть некоторых функций с токоферолом, можно предположить, что у менопаузальных женщин бурятского этноса, проживающих в сельской местности, часть функций глутатиона реализуется за счёт избытка витамина E. В то время как у сельских женщин русского этноса мы наблюдаем напряжение в глутатионовой системе, что подтверждается более низким значением соотношения GSH/GSSG, отражающим состояние окислительно-восстановительного баланса, в данном случае — его снижение.

В зависимости от территории проживания были обнаружены различия в системе свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты между этническими группами. Среди жительниц городов у женщин бурятского этноса наблюдается меньшая интенсивность процессов липопероксидации по сравнению с русскими женщинами, что подтверждается меньшим образованием промежуточных (КД-СТ) и конечных (ТБК-АП) продуктов ПОЛ (см. табл. 4). Наши данные согласуются с результатами другого исследования, свидетельствующего о более выраженном окислительном стрессе в климактерии у представительниц русского этноса. При этом установлено, что окислительный стресс у женщин русского этноса формируется уже с началом климактерия, тогда как у женщин бурятского этноса его интенсивность увеличивается по мере длительности климактерического периода [8]. Этноспецифические механизмы формирования свободнорадикальной патологии в менопаузе могут быть связаны не только с генетической предрасположенностью, но и с изменениями липидного профиля, которые проявляются более выражено также у представителей русской этнической группы [29].

В системе антиоксидантной защиты у городских жительниц определены более высокие уровни жирорастворимых витаминов у менопаузальных женщин русского этноса по сравнению с женщинами бурятской этнической группы (см. табл. 4). Повышение содержания ретинола и α -токоферола у них ожидаемо и демонстрирует проявление компенсаторных механизмов в ответ на более интенсивное окисление липидов, что также было отмечено в ранее проведённых исследованиях [8]. Повышенный уровень α -токоферола способствует снижению окисления ЛПНП, инактивации свободных радикалов и стабилизации клеточных мембран в условиях окислительного стресса [40]. Увеличение концентрации ретинола вероятнее всего играет ключевую роль в адаптации у пришлого населения Прибайкалья (русский этнос), тогда как более низкий

уровень у коренного населения (бурятский этнос) может быть связан с особенностями национальных пищевых привычек, преобладанием жировой и белковой и недостатком растительной пищи в рационе [41].

Также среди жительниц городов установлен более низкий уровень восстановленной формы глутатиона у менопаузальных женщин бурятского этноса по сравнению с русскими, что отражается и на соотношении форм глутатиона (см. табл. 4). Это может быть связано с активностью глутатион-S-трансферазы, которая у женщин бурятского этноса выше на протяжении всего периода климактерия. Фермент глутатион-S-трансфераза известен своей способностью осуществлять конъюгацию восстановленного глутатиона с электрофилами, предотвращая развитие окислительного стресса. Следовательно, активное функционирование данного фермента у женщин бурятской национальности приводит к сдерживанию окислительных процессов за счёт использования глутатиона, что подтверждается в настоящем исследовании. В то же время отсутствие различий по уровню окисленного глутатиона между этносами может свидетельствовать об отсутствии различий в активности глутатионредуктазы [42].

Таким образом, среди жительниц городов коренное население Прибайкалья демонстрирует меньшую интенсивность свободнорадикальных процессов и большие компенсаторные возможности антиоксидантной защиты, что свидетельствует о более благоприятном течении менопаузы.

При сравнении исследуемых показателей у женщин двух этносов, проживающими в сельской местности, достоверных различий обнаружено не было. Отсутствие разницы в состоянии свободнорадикального гомеостаза, вероятно, связано с сильным влиянием территориальных факторов, таких как экологически неблагоприятная обстановка, которая сглаживает межэтнические различия и приводит к одинаково высокой интенсивности свободнорадикальных процессов в обеих группах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Женщины климактерического периода, проживающие в сельской местности, имеют более высокую интенсивность ПОЛ по сравнению с городскими жительницами. В данном случае интенсификацию процессов липопероксидации можно рассматривать как адаптивный ответ к условиям проживания, не вызывающий патологических сдвигов свободнорадикального гомеостаза. При этом у жительниц села отмечаются разнонаправленные изменения в функционировании антиоксидантной системы в зависимости от этнической принадлежности женщин: в группе русского этноса наблюдается напряжение в системе антиоксидантной защиты, а в группе бурят — оптимальный антиоксидантный ответ.

Среди городских жительниц процессы

свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты протекают более интенсивно у женщин русского этноса. Отсутствие межэтнических различий по этим показателям у сельских женщин, вероятно, связано со значительным влиянием экологических факторов на течение свободнорадикальных процессов, которые превышают влияние факторов, обусловленных этнической принадлежностью женщин.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что экологические особенности территории Прибайкалья оказывают значительное влияние на состояние свободнорадикального гомеостаза у женщин с менопаузальным статусом основных этнических групп региона, что следует учитывать в дальнейших исследованиях.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. А.С. Лесная — анализ литературных источников, написание текста, обработка и анализ материала; Н.В. Семёнова — концепция и дизайн исследования, сбор материала, обработка и анализ материала, статистическая обработка; М.А. Даренская — обработка и анализ материала; Л.И. Колесникова — редактирование статьи, утверждение окончательного варианта 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 ФГБНУ НЦ ПЗСРЧ (протокол заседания № 3 от 07.11.2019). 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.S. Lesnaya: data curation, writing—original draft, formal analysis; N.V. Semenova: conceptualization, methodology, data curation, formal analysis; M.A. Darenskaya: data curation, formal analysis; L.I. Kolesnikova: 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 the Scientific Center for Family Health and Human Reproduction Problems (Minutes No. 3, dated November 7, 2019). All participants provided written informed consent to participate 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 obtained or published material (text, images, or data) was used in this study or article.

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

- Mumusoglu S, Yildiz BO. Metabolic syndrome during menopause. *Curr Vasc Pharmacol*. 2019;17(6):595–603. doi: 10.2174/1570161116666180904094149
- Foret MK, Lincoln R, Do Carmo S, et al. Connecting the "Dots": From free radical lipid autoxidation to cell pathology and disease. *Chem Rev*. 2020;120(23):12757–12787. doi: 10.1021/acs.chemrev.0c00761
- Brichagina AS, Semenova NV, Kolesnikova LI. Age-related menopause and carbonyl stress. *Advances in Gerontology*. 2022;12(4):456–462. doi: 10.1134/s2079057022040051 EDN: AVYMRJ
- Semyonova NV. Oxidative stress and menopause (review of literature). *Bulletin of the East Siberian Scientific Center SB RAMS*. 2014;(2): 120–125. EDN: SIZJOZ
- Lammertyn L, Mels CM, Pieters M, et al. Ethnic-specific relationships between haemostatic and oxidative stress markers in black and white South Africans: the SABPA study. *Clin Exp Hypertens*. 2015;37(6): 511–517. doi: 10.3109/10641963.2015.1013123
- Mokhaneli MC, Fourie CM, Botha S, Mels CM. The association of oxidative stress with arterial compliance and vascular resistance in a bi-ethnic population: the SABPA study. *Free Radic Res*. 2016;50(8): 920–928. doi: 10.1080/10715762.2016.1201816
- Belenkaya LV, Darenskaya MA, Kolesnikov SI, et al. Metabolic syndrome in reproductive age women of various ethnic groups. *Neuroendocrine status and lipid peroxidation system*. *Bull Exp Biol Med*. 2024;177(6): 705–710. doi: 10.1007/s10517-024-06254-1
- Semenova NV, Madaeva IM, Darenskaya MA, Kolesnikova LI. Lipid peroxidation and antioxidant defense system in menopausal women of different ethnic groups. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;26(6):30–38. doi: 10.33396/1728-0869-2019-6-30-38 EDN: MGJYHY
- Semenova NV, Brichagina AS, Nikitina OA, et al. Carbonyl stress parameters and DNA oxidative modification in Russian and Buryat women with age-related menopause. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(6):415–423. doi: 10.17816/humeco105578 EDN: TDWGVK
- Darenskaya MA, Kolesnikova LI, Kolesnikov SI. *Ethnic aspects of metabolic reactions of women with dysregulation pathology*. Moscow: Russian Academy of Sciences; 2020. 186 p. (In Russ.) EDN: FWZPPS
- Mukhamedov AM-T, Orozmatov TT, Madaminov JB, et al. Ethnic, gender and age aspects of metabolic syndrome. *The Scientific Heritage*. 2021;(64-2):27–35. doi: 10.24412/9215-0365-2021-64-2-27-35 EDN: GTQQT B
- Zasimova EZ, Golderova AS. Metabolic indicators of maladaptation of the body of water transport workers in the republic of Sakha (Yakutia). *Vestnik of North-Eastern Federal University. Medical Sciences*. 2024;(1):70–77. doi: 10.25587/2587-5590-2024-1-70-77 EDN: SFFVJA

13. Darenskaya MA. Ethnic and regional aspects of the human pathology processes. *Bulletin of the East Siberian Scientific Center SB RAMS*. 2012;(2-2):152–159. EDN: PCQIYT
14. Nadeliaeva IaG, Danusevich IN. Specifics of menopause, awareness and quality of life of women living in urban and rural areas. *Doctor.ru*. 2025;24(1):81–87. doi: 10.31550/1727-2378-2025-24-1-81-87 EDN: VRIMXT
15. Korytny LM, Bashkhanova LB, Belozertseva IA, et al. Ecological state of Irkutsk, Ulan-Ude and Ulaanbaatar. *Geografia i Prirodnye Resursy*. 2022;43(1):72–82. doi: 10.15372/GIPR20220108 EDN: CFHKPG
16. Kolesnikova LI, Rukavishnikov VS, Kelman MP, et al. Health state study of the villagers on the settlement Maloye Goloustnoye exposed to radiation due to the nuclear tests at the range in semipalatinsk. *Bulletin of the East Siberian Scientific Center SB RAMS*. 2004;(2-1):155–161. EDN: GZHFSS
17. Medvedev VI, Korshunov LG, Kovalenko VV, et al. Radiation Influence of the Subterranean Nuclear Explosion Cipher "Rift-3" on the Territory and Population of the Osinsky District of the Irkutsk Oblast. *Contemporary Problems of Ecology*. 2005;12(6):1073–1078. EDN: HRVCJD
18. Matorova NI, Kolesnikova LI, Cherkashina AG, et al. Population health under conditions of exposure to radiation factor of low intensity. *Bulletin of the East Siberian Scientific Center SB RAMS*. 2006;(3):152–156. EDN: KYNDVD
19. Medvedev VI, Korshunov LG, Chernyago BP. Radiation Influence of the Semipalatinsk Nuclear Testing Ground on South Siberia (Experience of Long Term Studies in East and Middle Siberia and Comparison of the Results with Materials on West Siberia). *Contemporary Problems of Ecology*. 2005;12(6):1055–1071. EDN: HRVCIT
20. Tarasova MA, Yarmolinskaya MI. *Principles of individual choice of hormone replacement therapy in peri- and postmenopause*. St. Petersburg; 2011. (In Russ.) ISBN: 978-5-94869-122-0
21. Volchegorsky IA, Nalimov AG, Yarovinsky BG, Lifshic RI. Comparison of different approaches to the determination of lipid peroxidation products in heptane-isopropanol extracts of blood. *Vopr Med Khim*. 1989;35(1):127–131.
22. Gavrilov VB, Gavrilova AR, Mazhul LM. Methods of determining lipid peroxidation products in the serum using a thiobarbituric acid test. *Vopr Med Khim*. 1987;33(1):118–22.
23. Misra HP, Fridovich I. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase. *J Biol Chem*. 1972;247(10):3170–3175.
24. Klebanov GI, Babenkova IV, Teselkin YuO, et al. Evaluation of the antioxidative activity of blood plasma using yolk lipoproteins. *Lab Delo*. 1988;(5):59–62.
25. Chernyauksene RCh, Varshkevichene ZZ, Grybauskas PS. Simultaneous determination of vitamin E and A concentrations in blood serum. *Lab Delo*. 1984;(6):362–365.
26. Hissin PJ, Hilf R. Fluorometric method for determination of oxidized and reduced glutathione in tissues. *Anal Biochem*. 1976;74(1):214–226.
27. Zvonareva EB, Grigorova LI. Risk factors and features of stroke among young persons in urban and rural areas of the Tambov Region. *Medicine and Physical Education: Science and Practice*. 2021;3(1):45–52. doi: 10.20310/2658-7688-2021-3-1(9)-45-52 EDN: TKHMWJ
28. Ezhov MV, Kukharchuk VV, Sergienko IV, et al. Disorders of lipid metabolism. Clinical Guidelines 2023. *Russian Journal of Cardiology*. 2023;28(5):250–297. doi: 10.15829/1560-4071-2023-5471 EDN: YVZOWJ
29. Semenova NV, Madaeva IM, Darenskaya MA, et al. Lipid profile in menopausal women of two ethnic groups. *Acta Biomedica Scientifica*. 2018;3(3):93–98. doi: 10.29413/ABS.2018-3.3.14 EDN: OUUNQQ
30. Markabaeva AM, Kerimkulova AS, Pivina LM, et al. Lipid profile among the population exposed to radiation from Semipalatinsk nuclear test site, Kazakhstan. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2015;(9):7–14. EDN: WFRUWN
31. Okassova AK, Ilderbayev OZ. Assessment of the effect of sublethal radiation dose on the indicators of lipoperoxidation in rats against the background of immobilization stress. *Bulletin of the M. Kozybayev NKU*. 2020;(3):76–82 EDN: ZBXADN
32. Romanchuk NP, Bulgakova SV, Treneva EV, et al. Neurophysiology, neuroendocrinology and nuclear medicine: homo sapiens longevity routing. *Bulletin of Science and Practice*. 2022;8(4):251–299. doi: 10.33619/2414-2948/77/31 EDN: FUCFRX
33. Kuznetsova AR. Comparative analysis of the standard and quality of life of urban and rural population republic of Bashkortostan. *Ufa Humanitarian Scientific Forum*. 2021;(3):65–74. doi: 10.47309/2713-2358_2021_3_65 EDN: JORQNY
34. Antonova AA, Yamanova GA, Belyakova IS, et al. Dietary problems in people living in rural areas. *International Research Journal*. 2022;(5-2):105–107. doi: 10.23670/IRJ.2022.119.5.019 EDN: XIBVWB
35. Schetinina SYu. Influence of physical activity on metabolic processes in human body. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2024;(1-2):40–45. doi: 10.24412/2500-1000-2024-1-2-40-45 EDN: JPZKBX
36. Adiva AA, Israpilova AI, Amirkhanova IV. Influence of environmental factors on oxidative stress in animals and methods of its correction. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 2024;10(4):3–12. doi: 10.29039/2413-1725-2024-10-4-3-12 EDN: BZVAAM
37. Demirci-Çekiç S, Özkan G, Avan AN, et al. Biomarkers of oxidative stress and antioxidant defense. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*. 2022;209:114477. doi: 10.1016/j.jpba.2021.114477
38. Promyos N, Phienluphon PP, Wechjakwen N, et al. Inverse correlation of superoxide dismutase and catalase with type 2 diabetes among rural Thais. *Nutrients*. 2023;15(9):2071. doi: 10.3390/nu15092071
39. Jomova K, Alomar SY, Alwasel SH, et al. Several lines of antioxidant defense against oxidative stress: antioxidant enzymes, nanomaterials with multiple enzyme-mimicking activities, and low-molecular-weight antioxidants. *Arch Toxicol*. 2024;98(5):1323–1367. doi: 10.1007/s00204-024-03696-4
40. Blaner WS, Shmarakov IO, Traber MG. Vitamin A and vitamin E: Will the real antioxidant please stand up? *Annu Rev Nutr*. 2021;41:105–131. doi: 10.1146/annurev-nutr-082018-124228
41. Labygina AV, Kolesnikova LI, Grebenkina LA, et al. Retinol content and reproductive disorders in residents of Eastern Siberia (literature review). *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2018;25(4):51–58. doi: 10.33396/1728-0869-2018-4-51-58 EDN: YXBKNW
42. Semenova NV, Brichagina AS, Madaeva IM, Kolesnikova LI. Enzymatic component of the glutathione system in russian and buryat women depends on the menopausal phase. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*. 2022;58(4):971–978. doi: 10.1134/S0022093022040032

ОБ АВТОРАХ

* **Семёнова Наталья Викторовна**, д-р биол. наук;
адрес: Россия, 664003, Иркутск, ул. Тимирязева, д. 16;
ORCID: 0000-0002-6512-1335;
eLibrary SPIN: 6606-0160;
e-mail: natkor_84@mail.ru

Лесная Анастасия Сергеевна, канд. биол. наук,
младший научный сотрудник;
ORCID: 0000-0003-1055-4608;
eLibrary SPIN: 4374-3460;
e-mail: tasi121212@mail.ru

Даренская Марина Александровна, д-р биол. наук,
профессор РАН;
ORCID: 0000-0003-3255-2013;
eLibrary SPIN: 3327-4213;
e-mail: marina_darenskaya@inbox.ru

Колесникова Любовь Ильинична, д-р мед. наук,
профессор, академик РАН;
ORCID: 0000-0003-3354-2992;
eLibrary SPIN: 1584-0281;
e-mail: kolesnikova20121@mail.ru

AUTHORS' INFO

* **Natalya V. Semenova**, Dr. Sci. (Biology);
address: 16 Timiryazev st, Irkutsk, Russia, 664003;
ORCID: 0000-0002-6512-1335;
eLibrary SPIN: 6606-0160;
e-mail: natkor_84@mail.ru

Anastasia S. Lesnaya, Cand. Sci. (Biology),
Junior Research Associate;
ORCID: 0000-0003-1055-4608;
eLibrary SPIN: 4374-3460;
e-mail: tasi121212@mail.ru

Marina A. Darenskaya, Dr. Sci. (Biology),
Professor of the Russian Academy of Sciences;
ORCID: 0000-0003-3255-2013;
eLibrary SPIN: 3327-4213;
e-mail: marina_darenskaya@inbox.ru

Lubov I. Kolesnikova, MD, Dr. Sci (Medicine), Professor,
Academician of the Russian Academy of Sciences;
ORCID: 0000-0003-3354-2992;
eLibrary SPIN: 1584-0281;
e-mail: kolesnikova20121@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author