

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

ЭКОЛОГИЯ



ЧЕЛОВЕКА

**EKOLOGIYA CHELOVEKA
(HUMAN ECOLOGY)**

Volume 31, Issue 12, 2024

12
Том 31
2024



FOUNDERS:

- Northern State Medical University;
- Eco-Vector

PUBLISHER:

Eco-Vector

Address: 3 liter A, 1H, Aptekarsky pereulok,
191181 Saint Petersburg, Russia

E-mail: info@eco-vector.com

WEB: <https://eco-vector.com>

EDITORIAL OFFICE:

Address: 51 Troitsky Ave., Arkhangelsk 163000,
Russia

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

Phone: +7 (818) 2206563

PUBLICATION ETHICS

Journal's ethic policies are based on:

- ICMJE
- COPE
- ORE
- CSE
- EASE

OPEN ACCESS:

Immediate Open Access is mandatory
for all published articles

INDEXATION:

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

TYPESET:

completed in Eco-Vector

Copyeditor: A.A. Fil

Proofreader: A.A. Fil

Layout editor: O.V. Ustinkova

SUBSCRIPTION:

[https://hum-ecol.ru/1728-0869/about/
subscriptions](https://hum-ecol.ru/1728-0869/about/subscriptions)

ADVERTISEMENT DEPARTMENT:

Phone: +7 (968) 545 78 20

E-mail: adv2@eco-vector.com

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

EKOLOGIYA CHELOVEKA (HUMAN ECOLOGY)

Monthly peer-reviewed journal

Volume 32 • Issue 3 • 2025

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

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

The journal publishes original articles and reviews.

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

Tatiana N. Unguryanu, MD, Dr. Sci. (Med), Associate Professor
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, RAS Corresponding Member
(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),

Associate Professor (St. Petersburg, Russia)

ORCID: 0000-0002-8624-6452

Valeriy A. Chereshev, MD, Dr. Sci. (Med),

Professor (Ekaterinburg, Russia)

ORCID: 0000-0003-4329-147X

Nataliya V. Dorshakova, MD, Dr. Sci. (Med),

Professor (Petrozavodsk, Russia)

ORCID: 0000-0003-1072-9164

Mika Gissler, Professor (Finland)

ORCID: 0000-0001-8254-7525

Andrej M. Grjibovski,

MD, PhD (Arkhangelsk, Russia)

ORCID: 0000-0002-5464-0498

Lyubov N. Gorbatova, MD, Dr. Sci. (Med),

Professor (Arkhangelsk, Russia)

ORCID: 0000-0003-0675-3647

Elena G. Ichitovkina, MD, Dr. Sci. (Med),

Associate Professor (Moscow, Russia)

ORCID: 0000-0001-8876-669X

Rhonda Johnson, Professor (USA)

ORCID: 0000-0002-7730-7452

Valeriya I. Makarova, MD, Dr. Sci. (Med),

Professor (Arkhangelsk, Russia)

ORCID: 0000-0002-8150-9110

Scopus Author ID: 7005797378

Edgar A. Mordovsky, MD, Dr. Sci. (Med),

Associate Professor (Arkhangelsk, Russia)

ORCID: 0000-0002-2346-9763

Igor G. Mosyagin, MD, Dr. Sci. (Med), Professor

(Arkhangelsk, Russia)

ORCID: 0000-0002-9485-6584

Evert Nieboer, Professor (Canada)

ORCID: 0000-0001-5165-2832

Kersti Pärna, Professor associate (Estonia)

ORCID: 0000-0001-7677-9493

Magnus Per, Professor (Norway)

ORCID: 0000-0002-6427-4735

Kalediene Ramune, Professor (Lithuania)

ORCID: 0000-0003-3434-8091

Arja Rautio, Professor (Finland)

ORCID: 0000-0002-5816-533X

Halina Röllin, Professor (South Africa)

ORCID: 0000-0001-5247-6519

Marilza Vieira Cunha Rudge,

Professor (Brazil)

ORCID: 0000-0002-9227-832X

Jonatan Ruiz, Professor (Spain)

ORCID: 0000-0002-7548-7138

Zumin Shi, Professor (Qatar)

ORCID: 0000-0002-3099-3299

Genrikh A. Sofronov, MD, Dr. Sci. (Med),

Professor (St. Petersburg, Russia)

ORCID: 0000-0002-8587-1328

Andrey G. Soloviev, MD, Dr. Sci. (Med),

Professor (Arkhangelsk, Russia)

ORCID: 0000-0002-0350-1359

Pal Weihe, Professor (Faroe Islands)

ORCID: 0000-0001-8174-3671

Agneta Yngve, Professor (Sweden)

ORCID: 0000-0002-7165-279X

Canqing Yu, Professor (China)

ORCID: 0000-0002-0019-0014

Nina V. Zaytseva, MD, Dr. Sci. (Med),

Professor (Perm, Russia)

ORCID: 0000-0003-2356-1145

УЧРЕДИТЕЛИ:

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

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

ИЗДАТЕЛЬ:

ООО «Эко-Вектор»

Адрес: Россия, 191181, г. Санкт-Петербург, Аптекарский переулок, д. 3, литера А, помещение 1Н

E-mail: info@eco-vector.com

WEB: https://eco-vector.com

РЕДАКЦИЯ:

Адрес: Россия, 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51.

Тел. +7 (818) 220 6563;

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

ИНДЕКСАЦИЯ:

– SCOPUS

– Белый список научных журналов

– Google Scholar

– Ulrich's Periodicals directory

– ядро РИНЦ

– Russian Science Citation Index

– Norwegian National Center for Research Data

– реферативный журнал и база данных ВИНТИ

– Global Health

– CAB Abstracts

– ProQuest

– InfoBase Index

– КиберЛенинка

Оригинал-макет подготовлен в издательстве «Эко-Вектор».

Литературный редактор: И.Г. Шевченко

Корректор: А.А. Филь

Вёрстка: О.В. Устинкова

Сдано в набор 02.06.2025

Подписано в печать 02.07.2025.

Выход в свет 14.07.2025.

Формат 60 × 88%. Печать офсетная.

Заказ . Цена свободная.

Усл. печ. л. 10,5.

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: adv2@eco-vector.com

Редакция не несёт ответственности за содержание рекламных материалов. Точка зрения авторов может не совпадать с мнением редакции. К публикации принимаются только статьи, подготовленные в соответствии с правилами для авторов. Направляя статью в редакцию, авторы принимают условия договора публичной оферты. С правилами для авторов и договором публичной оферты можно ознакомиться на сайте: <https://hum-ecol.ru>



Экология человека. 2024. Т. 31, № 12.

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

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Ежемесячный научный рецензируемый журнал

Том 31 • № 12 • 2024

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, член-корреспондент РАН
(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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CONTENTS

REVIEWS

Elena Yu. Golubeva, Andrey G. Soloviev, Nidhi Mishra

National Aging Policies in the Context of the United Nations Decade of Healthy Ageing (2021–2030) 851

ORIGINAL STUDY ARTICLES

Olga V. Medvedeva, Larisa I. Menshikova, Irina M. Son, Natalya V. Chvyreva, Ivan N. Bolshov, Elvira V. Zimina

Changes in Overall and Primary Morbidity in Federal Districts of the Russian Federation:
Current Status and Forecast. 863

Elena G. Ichitovkina, Andrey G. Soloviev, Sergey V. Zhernov, Zarina A. Shugusheva

Regional features of the dynamics of overall morbidity due to mental disorders among employees
of the Internal Affairs Bodies of the Russian Federation in Moscow 878

Tatyana A. Nikitina, Maria A. Konyashkina, Faina I. Ingel, Lyudmila V. Akhaltseva

Genotoxic Effects of Commercial Sample of Ponceau 4R-Based Food Colorant
in Micronucleus Assay on Human Whole Blood Culture 893

Zhanna V. Saveleva, Alexey A. Khokhlov

Environmental Culture and Greening of Everyday Life Among Youth in the Republic of Tatarstan 906

*Svetlana R. Afonkina, Margarita R. Yakhina, Elsa N. Usmanova, Guzel R. Allayarova, Margarita I. Astakhova,
Tatiana K. Larionova, Rustem A. Daukaev, Anna S. Fazlieva*

Increased Human Body Contamination With Cadmium Following Inclusion of Sunflower Seeds in Diet. 921

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОРЫ

Е.Ю. Голубева, А.Г. Соловьёв, N. Mishra

Национальные политики старения в фокусе реализации Декады здорового старения

Организации Объединённых Наций 2021–2030 851

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

О.В. Медведева, Л.И. Меньшикова, И.М. Сон, Н.В. Чвырева, И.Н. Большов, Э.В. Зимица

Динамика общей и первичной заболеваемости населения федеральных округов

Российской Федерации: состояние и прогноз 863

Е.Г. Ичитовкина, А.Г. Соловьёв, С.В. Жернов, З.А. Шугушева

Региональные особенности динамики общей заболеваемости психическими расстройствами

сотрудников органов внутренних дел Российской Федерации в г. Москве 878

Т.А. Никинина, М.А. Коняшкин, Ф.И. Ингель, Л.В. Ахальцева

Генотоксические эффекты коммерческого образца пищевого красителя на основе понсо 4R

в микроядерном тесте на культуре крови человека 893

Ж.В. Савельева, А.А. Хохлов

Экологическая культура и экологизация жизни молодёжи Республики Татарстан

..... 906

С.Р. Афонькина, М.Р. Яхина, Э.Н. Усманова, Г.Р. Аллаярова, М.И. Астахова,

Т.К. Ларионова, Р.А. Даукаев, А.С. Фазлыева

Повышение уровня контаминации организма человека кадмием при дополнении

его рациона семенами подсолнечника 921

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643568>

EDN: VTADZ

National Aging Policies in the Context of the United Nations Decade of Healthy Ageing (2021–2030)

Elena Yu. Golubeva¹, Andrey G. Soloviev², Nidhi Mishra³¹ Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia;² Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia;³ Gandhi Institute of Technology and Management, Visakhapatnam, India

ABSTRACT

Population ageing is one of four major global demographic trends, alongside population growth, urbanization, and international migration. Despite the increasing prominence of demographic ageing, most countries remain insufficiently prepared to effectively respond to the emerging challenges and to harness the opportunities associated with changing population age structures. The implementation of healthy ageing policies requires coordinated efforts from intergovernmental organizations—primarily the United Nations and the World Health Organization—as well as from national governments, guided by a comprehensive understanding and consideration of the diverse needs of older populations.

This review presents the system of key activities of the United Nations Decade of Healthy Ageing (2021–2030), based on an analysis of reports from the World Health Organization and national healthy ageing policies implemented across various countries.

The paper examines the evolution of normative documents shaping conceptual approaches to healthy ageing, key trends in national ageing policies taking into account regional specificities of demographic ageing, and the integration of ageing-related topics into national programs and strategic documents of the United Nations. Interim results of the implementation of the United Nations Decade of Healthy Ageing (2021–2030) in 2021–2023 are analyzed.

The review emphasizes substantial differences in planning instruments used at various international, national, and regional levels within the framework of the United Nations Decade of Healthy Ageing (2021–2030). It is established that most national ageing policies have been developed in alignment with the priority areas of the Madrid International Plan of Action on Ageing (2002), whereas also significantly overlapping with the main goals and objectives of the United Nations Decade of Healthy Ageing (2021–2030).

Keywords: population ageing; global ageing trends; healthy ageing; national gerontological policies; United Nations Decade of Healthy Ageing (2021–2030).

To cite this article:

Golubeva EYu, Soloviev AG, Mishra N. National aging policies in the context of the United Nations Decade of Healthy Ageing (2021–2030). *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(12):851–862. DOI: 10.17816/humeco643568 EDN: VTADZ

Submitted: 30.12.2024

Accepted: 28.04.2025

Published online: 02.06.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643568>

EDN: VTADZ

Национальные политики старения в фокусе реализации Декады здорового старения Организации Объединённых Наций 2021–2030

Е.Ю. Голубева¹, А.Г. Соловьёв², N. Mishra³¹ Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия;² Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия;³ Gandhi Institute of Technology and Management, Вишакхапатнам, Индия

АННОТАЦИЯ

Старение населения — один из четырёх глобальных демографических трендов наряду с ростом численности населения, урбанизацией и международной миграцией. Несмотря на нарастающую выраженность процессов демографического старения, большинство стран мира остаются недостаточно подготовленными к эффективному реагированию на возникающие вызовы и к использованию потенциала, обусловленного изменяющейся возрастной структурой населения. Реализация политики содействия здоровому старению требует скоординированных усилий со стороны межправительственных организаций — прежде всего Организации Объединённых Наций и Всемирной организации здравоохранения, — а также национальных правительств, ориентированных на комплексное понимание и учёт разнообразных потребностей пожилого населения.

В настоящем обзоре представлена система ключевых мероприятий Декады здорового старения Организации Объединённых Наций 2021–2030 гг., основанная на анализе отчётов Всемирной организации здравоохранения, а также национальных политик в области здорового старения, реализуемых в разных странах мира.

Рассмотрены эволюция нормативных документов, формирующих концептуальные подходы к здоровому старению, ключевые тенденции национальных политик старения с учётом региональных особенностей демографического старения, синергия тематики старения в национальных программах и стратегических документах Организации Объединённых Наций. Проанализированы промежуточные итоги реализации Декады здорового старения Организации Объединённых Наций 2021–2030 гг. за период с 2021 по 2023 год.

Подчёркнута значительная разница инструментов планирования на различных международных, национальных и региональных уровнях Декады здорового старения Организации Объединённых Наций 2021–2030 гг. Установлено, что большинство национальных политик разработано в соответствии с приоритетными направлениями Мадридского международного плана действий по проблемам старения (2002 год), при этом наблюдают значительное пересечение с основными целями и задачами Декады здорового старения Организации Объединённых Наций 2021–2030 гг.

Ключевые слова: старение населения; тенденции старения регионов мира; здоровое старение; национальные геронтологические политики; Декада здорового старения Организации Объединённых Наций 2021–2030.

Как цитировать:

Голубева Е.Ю., Соловьёв А.Г., Mishra N. Национальные политики старения в фокусе в реализации Декады здорового старения Организации Объединённых Наций 2021–2030 // Экология человека. 2024. Т. 31, № 12. С. 851–862. DOI: 10.17816/humeco643568 EDN: VTADZ

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643568>

EDN: VTADZ

聚焦联合国《Decade of Healthy Ageing 2021–2030》倡议的国家老龄化政策

Elena Yu. Golubeva¹, Andrey G. Soloviev², Nidhi Mishra³¹ Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia;² Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia;³ Gandhi Institute of Technology and Management, Visakhapatnam, India

摘要

人口老龄化是与人口增长、城市化和国际迁徙并列的全球四大人口趋势之一。尽管人口老龄化进程日益显著，世界大多数国家仍未做好充分准备，难以有效应对由此带来的挑战，也未能充分开发因人口年龄结构变化而产生的潜在发展资源。推进健康老龄化政策的实施，亟需联合国、世界卫生组织等政府间组织与各国政府在全面理解并系统纳入老年人多样化需求方面开展协调一致的努力。

本文基于世界卫生组织的报告及多个国家正在实施的国家层面健康老龄化政策，梳理并分析了联合国《Decade of Healthy Ageing 2021–2030》的核心行动体系。

文中回顾了构建健康老龄化概念框架的规范性文件的演变过程，分析了在考虑各地区人口老龄化特征的基础上，各国老龄化国家政策的主要发展趋势，并探讨了老龄议题在联合国国家项目和战略文件中的协同融合情况。文中还分析了联合国《Decade of Healthy Ageing 2021–2030》倡议在2021年至2023年期间的阶段性实施成果。

指出在联合国《Decade of Healthy Ageing 2021–2030》倡议框架下，不同国际、国家及地区层面在规划工具的使用上存在显著差异。研究发现，大多数国家的老龄化政策以《Madrid International Plan of Action on Ageing》（2002年）为基础，并在目标和任务上与联合国《Decade of Healthy Ageing 2021–2030》的重点方向高度一致。

关键词：人口老龄化；全球区域老龄趋势；健康老龄化；国家老龄政策；联合国《Decade of Healthy Ageing 2021–2030》。

引用本文：

Golubeva EYu, Soloviev AG, Mishra N. 聚焦联合国《Decade of Healthy Ageing 2021–2030》倡议的国家老龄化政策. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(12):851–862. DOI: 10.17816/humeco643568 EDN: VTADZ

收到 30.12.2024

接受: 28.04.2025

发布日期: 02.06.2025

INTRODUCTION

Population ageing is the result of declining birth and death rates, leading to increased life expectancy, one of the major trends of the 21st century. Over the past two decades, the global population has made significant progress in longevity as the overall life expectancy has increased by 6.5 years and healthy life expectancy has increased by 6 years. However, the healthy life expectancy gap between World Health Organization (WHO) regions and between high- and low-income countries is as much as 13 years. The greatest difference is observed between countries with the highest rates (Japan and Singapore, 74 years) and the lowest rates (Lesotho and the Central African Republic, 44–46 years), which amounts to 28–30 years [1].

Despite the rapid growth in the proportion and absolute number of the elderly population worldwide, we have insufficient scientific data on the life activities of this age group, their contribution to society, and the services and resources required to ensure healthy longevity [2, 3]. Population ageing is accompanied by a slow and ineffective government response to emerging challenges and insufficient exploitation of the opportunities provided by the changing demographic situation and the ongoing focus of the WHO on this issue [4, 5].

Implementing policies to promote healthy ageing requires active efforts by governments to understand the diverse needs of elderly populations. Supporting the implementation of the United Nations (UN) Decade of Healthy Ageing 2021–2030 through information, scientific and educational actions allows us to consider the relevant issues of healthy ageing policy in the context of various international and national strategies for the elderly population based on cultural and socio-cultural differences. Each stage has key points and describes the actions to achieve its goals. As part of the UN Decade of Healthy Ageing 2021–2030, WHO manages and implements a set of global actions aimed at improving the quality of life of the elderly population, their families, and the communities where they live. These actions involve policies and systemic strategies in cooperation with national and international partners [6].

Despite the fact that the beginning of the UN Decade of Healthy Ageing 2021–2030 is associated with major global challenges, such as the COVID-19 pandemic, the global economic crisis, and international conflicts, some states have made significant progress in achieving its goals [7]. To successfully continue this work, researchers need to communicate with other stakeholders, who can synergistically influence the implementation of research; it is also required to involve the elderly population in this process [8].

The review describes key actions of the UN Decade of Healthy Ageing 2021–2030 and the analysis of its initial results.

METHODS

We used the method of comprehensive analysis of WHO's UN Decade of Healthy Ageing 2021–2030 progress reports. The information sources of the paper include official statistics and UN and WHO analytical reports.

EVOLUTION OF ADOPTED APPROACH DOCUMENTS ON POPULATION AGEING

In 2002–2020, key documents were adopted that define the action areas and principles of the ageing policy, including the Madrid International Plan of Action on Ageing (MIPAA) [9] and the WHO Global Strategy and Action Plan on Ageing and Health [10]. Despite the fact that there are various approach documents on the elderly population and their implementation tools, some authors emphasize the insufficient protection of the elderly. The main reason is that the proposed mechanisms are not binding. In this regard, additional action is required to reduce age discrimination and protect rights of this age group [6, 11, 12].

The WHO strategy included implementing evidence, filling gaps, and fostering the partnerships to build a solid foundation for the implementation of the UN Decade of Healthy Ageing 2021–2030 [10]. The WHO's 2015 World Report on Ageing and Health proposed the first framework for healthy ageing based on supporting the elderly and senile populations, maintaining and strengthening their functional ability using the "ageing in place" approach. It highlights the connection between the physical and cognitive human abilities and interaction with the microcommunity [13].

There are various definitions of healthy ageing, but in the literature it is conceptualized as a process of multisectoral changes aimed at ensuring well-being in old age [8, 14, 15]. The WHO Global Strategy and Action Plan 2016–2020 on Ageing and Health defines Healthy Ageing adopted at the 69th World Health Assembly (on May 24, 2016) defines healthy ageing as "the holistic process of developing and maintaining the functional ability that enables well-being in older age. It combines all elements and components of existence and life valuable for people" [10].

The UN Decade of Healthy Ageing 2021–2030 is a policy document that provides guidance to governments and coordinates the efforts of civil society, international organizations, and other actors, including professionals, academic institutions, the media, businesses, families, etc., to address the challenges of population ageing. The initiative is based on the global trend of increasing life expectancy in all countries; it aims to ensure active and healthy longevity with a high quality of life [15]. Healthy ageing involves multi-level interventions that go beyond disease prevention and health promotion. Healthy ageing strategy includes four key action areas:

- Combating ageism;
- Creating age-friendly environments;

- Delivering person-centered, integrated care;
- Delivering primary health services and the long-term care system [15].

To implement its objectives, the Decade provides a set of guiding principles and is aligned with 11 of 17 UN Sustainable Development Goals (SDGs). SDGs are based on five core values:

- People (thriving society);
- Prosperity (prosperous economy);
- Planet (healthy ecosystems and environments);
- Peace (ethics and justice);
- Partnership (cooperation and collective action) [16].

They apply to all global and national commitments, including the UN Decade of Healthy Ageing 2021–2030. The Preamble highlights “a spirit of strengthened global solidarity, focused in particular on the needs of the poorest and most vulnerable and with the participation of all countries, all stakeholders and all people” [17]. Connections between the above documents are expressed in the following provisions:

- Many systemic inequities limit prosperity and intersecting discrimination, including according to age;
- Without a healthy planet, healthy ageing will be difficult to achieve for people in the second half of their lives and for the generations that follow. Climate change is already widening existing wealth- and age-related divides;
- Partnerships that go beyond the usual coalitions and strengthen global solidarity are essential for attaining the SDGs;
- Actions to foster healthy ageing will contribute to building more inclusive, just, peaceful societies [16, 17].

As part of the integration of the UN concepts of healthy ageing and sustainable development, various governments have recognized that population ageing will affect the achievement of the SDGs. In particular, this is reflected as the increased demand for basic services, the need to adapt the physical environment to the needs of older people, and the increased burden on social security, pensions, and health-care systems. However, ageing policies and priorities are still poorly integrated into national sustainable development strategies and plans in many countries [6].

The UN Decade of Healthy Ageing 2021–2030 outlines actions for each responsible body, including member states of international organizations, national and international partners, and governance and accountability components of the action plan [18]. The key actions of the UN Decade of Healthy Ageing 2021–2030 include:

- Tools and guidance for a minimum package of long-term care as part of universal health coverage;
- Online resources for caregivers as part of their capacity-building (friends, family, and other informal caregivers);
- Improve the working conditions of care workers;

- Assess the health impact of social protection programs, including pensions;
- Provide technical support for national situation analyzes of long-term care [18].

KEY FEATURES OF NATIONAL AGEING POLICIES

Regional Aspects of Ageing

The number of people aged ≥ 60 years worldwide is expected to increase from 1.1 to 1.4 billion by 2030. According to the WHO's Decade of Healthy Ageing: Baseline Report, between 2000 and 2019, the expected gap between life expectancy and healthy life expectancy has increased from 7.3 to 8.3 years for men and from 9.7 to 11 years for women [5]. In addition, the gap between life expectancy and healthy life expectancy at age 60 increased from 4.1 to 4.7 years for men and from 5.3 to 6 years for women. According to Decade of Healthy Ageing: Baseline Report, in 2020, 105 Member States (54%) reported having national plans in place aligned with the principles of healthy ageing [5]. According to FPA Analytics research,¹ by November 2023, 141 (73%) UN Member States had at least one targeted national or subnational strategy, plan or law on ageing (see Fig. 1).

The report analyzes various plans, policies, programs, and strategies implemented by states in response to population ageing. It is noted that eight states have no national laws, policies, or strategies on ageing. However, in addition to national initiatives, several states have developed and implemented regional (provincial) actions. Each WHO region has specific characteristics [19].

Southeast Asia: Southeast Asia, which accounts for over 25% of the global population, is the region with the highest percentage of strategies and laws on ageing. 10 out of 11 countries have some sort of mainstreaming mechanism. By 2050, those 11 countries will account for more than 22% of the world's population over age 65.

The Americas: 89% of countries in the region have developed national plans highlighting a quick ageing—a total of 31 out of 35 countries. It is expected that one in six people will be over age 60 by 2030. However, the rate of ageing is not consistent across the region. While Canada and the United States are rapidly becoming “super-aged” societies, Latin America and the Caribbean are ageing at slower paces, with only 13 percent of Latin America's population currently age 60 or older.

Europe: The WHO Europe region, which includes EU and non-EU countries in Europe and Central Asia, has the oldest regional population in the world and the longest history of developing policies and plans to support older persons. As of

¹ FP Analytics, AARP. *Planning for aging societies. an analysis of governmental plans for healthy aging from around the world* [Internet]. Washington: The Slate Groupe. 2023–. URL: <https://www.aarpinternational.org/resources/healthy-aging/national-plans>. Accessed on March 13, 2024.

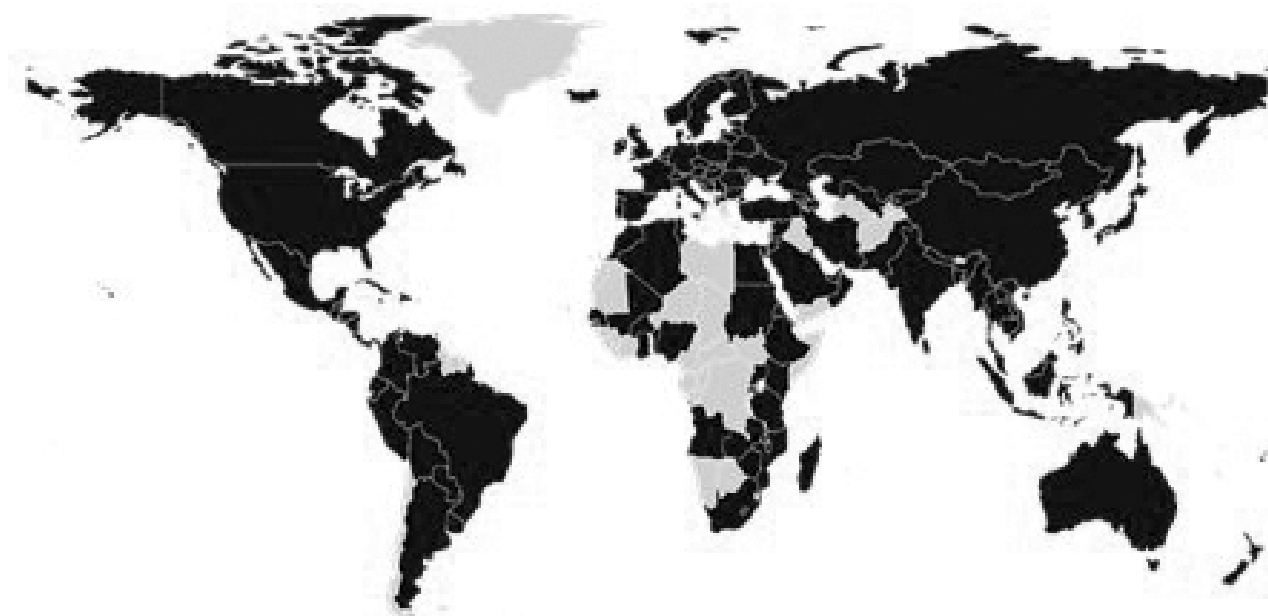


Fig. 1. Countries with national programs (plans) related to population ageing (highlighted in blue). Image adapted from ¹. © AARP, 2023. All rights reserved.

2023, 87% of Europe's 53 countries have adopted a national plan.

Eastern Mediterranean: The Eastern Mediterranean region is young, compared to the rest of the world, with approximately two-thirds of the region's population under age 35. However, governments in the region are increasingly identifying ageing as a policy priority: 14 of the region's 20 countries, or 70%, have at least one strategy, policy, or law on ageing.

Africa: The Africa region, which is the second-largest region at 47 countries, has the lowest percentage of national plans, with only 24 countries (51%) possessing a plan on ageing. In sub-Saharan Africa, approximately 70% of people are younger than 30.

Western Pacific: Although 34% of the world's older people currently live in the Western Pacific region—a population that is expected to double in the next three decades—only 16 of the region's 27 countries, or 59%, have developed a plan or strategy on ageing.

Ageing in National Policies in the Context of the United Nations Strategies

AARP report¹ stated that countries' income levels are associated with the development and adoption of national strategies around population ageing. A comparison of the World Bank's Income Classification for 2023 against countries with national strategies on ageing reveals that countries with higher incomes are more likely to possess a national plan, policy, or strategy on ageing. According to data, the following countries possess a national plan, policy, or strategy on ageing:¹

- 83% of higher-income countries;
- 79% of upper-middle-income countries;

- 70% of lower-middle-income countries;
- 44% of lower-income countries.

Overall, higher-income countries tend to have older populations and higher life expectancies, necessitating more immediate planning around population ageing, as well as greater allocation of resources to formalize and institutionalize plans.¹

These plans, policies, and strategies were assessed with regard to 18 key themes addressed within MIPAA's three pillars and across the UN Decade of Healthy Ageing's action areas¹ (see Table 1).

While the approach of the UN Decade of Healthy Ageing highlights four key policy action areas and promotes multi-sectoral action for ageing populations, MIPAA has acted as a foundational resource and norm-building framework for countries seeking to mainstream the needs of older persons across a wide range of policy areas since its publication in 2002 [9]. Every five years, an MIPAA review is conducted by United Nations Regional Commissions. These reviews take stock of country progress toward MIPAA goals as defined in their respective MIPAA Regional Implementation Strategies. 62% of strategies explicitly mention MIPAA as being an inspiration for their national principles as it directly supports the goals and themes laid out in MIPAA. MIPAA is also the most mentioned international policy document across 50 plans, followed by the United Nations Principles for Older Persons (1991). The policies adopted by Barbados, Chile, Eritrea, New Zealand, Panama, and Turkey were the only ones that directly mentioned the UN Decade of Healthy Ageing 2021–2030. For 12 plans developed after it was effected, 1/4 of the countries referenced it.¹

Across 50 national plans and supporting documents on ageing reviewed in the baseline report, only a few MIPAA

themes or UN Decade Action Areas were present in every single plan. The most prevalent were [5]:

- Addressing non-communicable diseases;
- Training care providers and health professionals;
- Social protection and financial security;
- Education and training.

The first MIPAA pillar recommends that governments act to ensure that older persons share equitably in the benefits of a country's economic development. Seventy-six percent of plans included targets around providing education and training and 64% included targets to build intergenerational solidarity. Plans tend to reflect the national context and issues of greatest concern and priority. For example, Bulgaria's plan, the National Comprehensive Strategy for Active Ageing (2016–2030), has a heavy emphasis on employment—particularly on retraining and retaining older adults in the workforce, as the country will soon experience the world's steepest decline in working-age population.¹

The AARP Report¹ provides the summary and analysis of national strategies to support ageing populations and their priorities. Many countries have a strong focus on social development and protection of the elderly population, often through filial support laws. These laws require close family members—most often adult children—to provide financial and material support to ageing relatives [11, 20]. In many countries, laws stipulating that family members have a legal duty to care for relatives effectively shift to a larger extent the responsibility and funding for care from the state to families, particularly in the Asia Pacific and Southeast Asia regions, as policymakers drew upon cultural norms of filial piety and reciprocity to fill gaps in care. For example, Cambodia's National Ageing Policy identifies intergenerational connection and joint family structures as a hallmark of Khmer society.¹ Many European governments have long relied on families to fill gaps in care, and now they are working on providing expanded support to informal caregivers [21] and acknowledging caregivers as essential stakeholders of healthy ageing agendas. In many regions, informal caregivers still bear the brunt of long-term care, yet only 16% of low-income countries provide them with training, support, and enhanced social protection [8]. The acknowledgment of caregivers has driven the inclusion of caregiver support in healthy ageing strategies. This seeks to shore up and support traditional familial mutual support systems by providing educational and training opportunities to informal caregivers and respite services. New Zealand and the United States have community-based care programs, and more holistically improving household income and well-being to build the economic capacity of the family.¹

Of the three MIPAA pillars, the second one, “Advancing health and well-being into old age,” was least prioritized in most national plans. All of the plans have at least one health-related target, but many are not comprehensive across the spectrum of MIPAA's health-related themes. Targets relating to noncommunicable diseases and the health

care workforce were the most common MIPAA policy issues to be included in the national plans. Moreover, 82% of the countries have plans with targets to prevent noncommunicable diseases, which are the leading causes of death and disability worldwide, and 78% of the countries have plans with targets to train care providers and health professionals. Two of the United Nations Decade action areas—improving access to and quality of long-term care and integrated care—are themes that are relevant to the MIPAA and included in 60% of the plans. This emphasis is important because it can reduce the burden of care on families and allow older adults to choose how and where they wish to grow old, which in turn can improve older persons' well-being. This approach is consistent with previously adopted documents and noted by some authors [22–24].

The third MIPAA pillar emphasizes the promotion of enabling and supportive environments, corresponding with a key UN Decade of Healthy Ageing action area promoting “Age-friendly environments” and aligning closely with the WHO's Age Friendly Cities and Communities program [25]. Supporting enabling environments for older persons includes ensuring access to quality housing and infrastructure as well as tackling ageism, neglect, and abuse, which can shape how older persons function and their overall well-being, both physically and mentally [26]. Elder abuse is prevalent globally, with one in six people over the age of 60 reporting abusive behavior in a nursing home or community setting. Abuse can all too often occur in home care situations and 66% of the plans identify the provision of

Table. 1. Overlapping Key Themes of the United Nations Policy Papers on Population Ageing (2002–2021)

Pillar	Key areas
Madrid International Plan of Action on Ageing (2002)	
Pillar 1: Older Persons and Development	Work and labor; Rural development; Education and training; Social protection and financial security; Intergenerational solidarity; Emergency response and disaster.
Pillar 2: Advancing Health and Well-being into Old Age	Training care providers and health professionals; Mental health; Disability; Noncommunicable disease prevention and nutrition; HIV/AIDS.
Pillar 3: Ensuring Enabling and Supportive Environments	Housing; Support for informal caregivers; Transport and public spaces; Neglect, abuse, and violence.
United Nations Decade of Healthy Ageing (2021)	
—	Combating ageism; Long-term care; Primary health services and integrated care

additional support to caregivers, many of whom are family members, to combat caregiver burnout and lessen the incidence of abuse.¹

Eradicating ageism is another key target included in 56% policies. Roughly, half of the world’s population holds ageist attitudes [26]. Plans that included a focus on combating ageism generally recommended the creation of positive-images-of-ageing campaigns as well as legislation that prohibits discrimination based on age. To combat abuse and ageism, many national strategies aim to address and improve the quality of life of older persons holistically, as well as focusing on the protection of older persons and improving intergenerational solidarity. 72% plans identified improving housing availability, quality, and affordability, and expanding older persons’ access to transport and public spaces as priorities. For example, New Zealand’s, Slovenia’s, and Malta’s strategies are focused on providing an option for older persons to remain independent and age in place in their home communities, including a free transportation service, which assists older people in independently conducting daily activities and errands.¹

Thus, the analysis shows that national planning to mainstream ageing is a key pathway to facilitate healthy ageing. It is also crucial for societies to prepare for and cope with demographic changes. According to WHO, by 2020, 141 UN Member States had developed national or subnational policies or programs on ageing, marking significant progress compared to 105 countries three years before. However, 54 member states lack any sort of broad strategy related to ageing. Resource limitations and data gaps, especially sex- and age-disaggregated data, present significant barriers to developing plans on ageing and informed management decision-making [5, 19].

**FIRST PHASE OF THE UNITED NATIONS
DECADE OF HEALTHY AGEING 2021–2030:
PROGRESS**

Despite the challenges of the COVID-19 pandemic, significant progress had been made in first phase of the implementation of the UN Decade of Healthy Ageing 2021–2030 to promote its key action areas [8, 27]:

- New long-term and integrative care strategies to promote access to the full range of essential health services, from health promotion to prevention, treatment, rehabilitation, and palliative care throughout life;
- Systematic approach to involve older people in attaining the objectives of the UN Decade of Healthy Ageing 2021–2030;
- New mechanisms, including online platforms and databases, to collect and monitor data on healthy ageing;
- New multistakeholder partnerships.

Key actions in the action areas of the UN Decade of Healthy Ageing 2021–2030 are shown in Table 2 [8, 27].

Implementing the next phase of the Decade will require coordinated efforts to support healthy ageing in low- and middle-income countries, where 80% of the world’s older population will live by 2050 [19]. Priority will be given to low-income countries, which often lack national policies, strategies, and plans targeting the elderly population. The next phase of the Decade will be focused on the engagement of older persons, who are key to attaining the objectives of the UN Decade of Healthy Ageing 2021–2030. However, resources required to promote healthy ageing are limited, necessitating a consistent action plan and significant investment [8].

Table. 2. First Phase of the United Nations Decade of Healthy Ageing 2021–2030: Progress

Action area	Summary of actions (2021–2023)
Changing how we think, feel, and act toward age and ageing	More countries have national legislation to prevent discrimination related to age, and effective strategies to combat ageism; 60% of countries have mechanisms to promote and protect the rights of older people and specific legal, administrative and other effective means to protect older people who have been subject to discrimination.
Ensuring that communities foster the abilities of older people	The percentage of countries with national programs to support the activities of the WHO Global Network for Age-Friendly Cities and Communities has increased.
Delivering person-centered, integrated care and primary health services responsive to older people	More countries had national policies to support comprehensive assessments with older people in 2022 than in 2020. This approach has generated wide interest among Member States, and many have undertaken pilot projects to initiate training of health and care workers; Challenges in providing integrated care, including human resource constraints.
Providing access to long-term care for older people who need it	National and regional initiatives have been conducted to strengthen long-term care for older people, including national policy development; Recognition of the human resource challenges in relation to long-term care, including the reliance on family care, usually provided by women, many of whom are older; Need for timely vaccination of older people and development of a multi-level system of long-term care with an emphasis on family and community care (microcommunity).

CONCLUSION

Population ageing is a major global socio-demographic issue. It requires stronger national strategies to provide adequate resources to improve the quality of life of the elderly population. The UN and WHO analytical reports emphasize the diversity of planning approaches and priorities included in national and regional programs based on demographic trends in individual countries, the legal framework, and socio-cultural norms. Most national policies are developed in accordance with the pillars of the Madrid International Plan of

Action on Ageing (MIPAA) (2002); however, they significantly overlap with the main goals and objectives of the UN Decade of Healthy Ageing 2021–2030. Despite significant progress in developing national policies (plans, strategies, programs), disparate approaches are observed in UN Member States. National policies in this area vary significantly and there is still no unified global agenda. The next report, scheduled for 2026, will involve collecting data to monitor progress in each action area of the UN Decade of Healthy Ageing 2021–2030, consulting with countries on statistics of healthy ageing, and assessing it in the context of the SDGs.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: E.Yu. Golubeva: conceptualization, writing—review & editing, supervision; A.G. Soloviev: conceptualization, writing—original draft; N. Mishra: literature review, writing—original draft, writing—review & editing. All authors approved the version of the manuscript to be published and agree 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.

Funding sources: No funding.

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

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

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

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.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Е.Ю. Голубева — концепция работы, финальное редактирование и утверждение рукописи; А.Г. Соловьёв — концепция работы, подготовка первого варианта текста рукописи; N. Mishra — поиск и анализ литературных данных, написание и редактирование текста рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Неприменимо.

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.

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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Syndyashkina E. Healthy life expectancy in the context of the United Nations Decade of Healthy Ageing. *Analysis and Forecasting. IMEMO Journal*. 2022;(1):40–53. doi: 10.20542/afij-2022-1-40-53 EDN: CNQOPV
2. Vorobyev R, Korotkova A. Analytical review of healthy ageing in the who european region countries and russian federation. *Social Aspects of Population Health*. 2016;(5):1–20. doi: 10.21045/2071-5021-2016-51-5-3 EDN: XBHKPX
3. Formosa M. The Madrid International Plan of Action on Ageing: Continental and Western Europe 20 years later. In: Formosa M, Shankardass MK, editors. *The United Nations Madrid International plan of action on ageing: global perspectives (1st ed.)*. New Delhi: Routledge India; 2023. doi: 10.4324/9781003300724
4. Cacchione PZ. World Health Organization leads the 2021 to 2030-Decade of Healthy Ageing. *Clinical nursing research*. 2022;31(1):3–4. doi: 10.1177/10547738211065790
5. World Health Organization. *Decade of healthy ageing: baseline report. Summary*. [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2021 [cited 2021 Mar 12]. Available from: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/341488/9789240023307-eng.pdf?sequence=1>
6. Bosco A, Consiglio A, Di Masi MN, Lopez A. Promoting geropsychology: a memorandum for research, policies, education programs, and practices for healthy aging. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2024;21(9):1172. doi: 10.3390/ijerph21091172 EDN: UUICAV
7. Wong BLH, Siepmann I, Rangan A, et al. Involving young people in healthy ageing: a crucial facet to achieving the Decade of Healthy Ageing (2021–2030). *Frontiers in Public Health*. 2021;9:723068. doi: 10.3389/fpubh.2021.723068 EDN: MHWLTE
8. The Lancet Healthy Longevity. The Decade of Healthy Ageing: progress and challenges ahead. *Lancet Healthy Longev*. 2024;5(1):e1. doi: 10.1016/s2666-7568(23)00271-4 EDN: XSIMIQ
9. United Nations. *Political declaration and Madrid international plan of action on ageing* [Internet]. New York: United Nations; 2002 [cited 2021 Sept 12]. Available from: <https://www.un.org/esa/socdev/documents/ageing/MIPAA/political-declaration-ru.pdf>
10. World Health Organization. *Global strategy and action plan on ageing and health*. [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2017 [cited 2021 Mar 12]. Available from: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/329960/9789241513500-eng.pdf?sequence=1>
11. Golubeva E, Emelyanova A. Policy Initiatives on Healthy Ageing in Russia from 2010–2020. *European Journal of Mental Health*. 2020;15(2):93–110. doi: 10.5708/EJMH.15.2020.2.2 EDN: SQTFYF
12. Howell BM, Seater M, McLinden D. Using concept mapping methods to define “Healthy Aging” in Anchorage, Alaska. *Journal of Applied Gerontology*. 2020;40(4):404–413. doi: 10.1177/0733464819898643 EDN: DWYRIM
13. World Health Organization. *World report on ageing and health* [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2015 [cited 2024 Mar 12]. Available from: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/186463/1/9789240694811_eng.pdf
14. Golubeva EY, Soloviev AG. The WHO Decade of Healthy Ageing 2020–2030: a policy conception review in the gerontology context. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(7):499–508. doi: 10.17816/humeco568625 EDN: RHMUSR
15. Rudnicka E, Napierata P, Podfigurna A, et al. The World Health Organization (WHO) approach to healthy ageing. *Maturitas*. 2020;139:6–11. doi: 10.1016/j.maturitas.2020.05.018 EDN: WCKJTM
16. World Health Organization. *The 2030 Agenda for sustainable development and the UN Decade of Healthy Ageing 2021–2030* [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2021 [cited 2024 Mar 12]. Available from: <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/2021-dha-docs/decade-connection-series-agenda2030.pdf>
17. Stibbe D, Prescott D. *The SDG partnership guidebook: a practical guide to building high impact multi-stakeholder partnerships for the Sustainable Development Goals*. [Internet]. Oxford: The Partnering Initiative, New York: United Nations; 2020 [cited 2021 Mar 12]. Available from: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/26627SDG_Partnership_Guidebook_0.95_web.pdf
18. FP Analytics, AARP. *Innovation and leadership in healthy aging innovation and leadership in healthy aging. Global insights to inform policy and enhance the well-being of older adults* [Internet]. Washington: The Slate Groupe; 2021 [cited 2021 Mar 12]. Available from: <https://www.aarpinternational.org/File%20Library/Healthy%20Aging/InnovationInHealthyAgingReport.doi.10.26419-2fint.00050.001.pdf>
19. Greer SL, Lynch JF, Reeves A. The politics of healthy ageing: myths and realities. [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2022 [cited 2021 Mar 12]. Available from: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/356910/Policy-brief-1997-8073-2022-1-eng.pdf?sequence=1>
20. Shankardass MK. The Madrid international plan of action on ageing and South Asia: assessing the progress. In: Formosa M, Shankardass MK, editors. *The United Nations Madrid International plan of action on ageing: global perspectives (1st ed.)*. New Delhi: Routledge India; 2023. P. 153–164. doi: 10.4324/9781003300724
21. Patyan L, Golubeva EY, Szeman Z, Robert MA. Risks of social exclusion in the interaction of the state and the family in the elderly care system. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2020;27(1):42–49. doi: 10.33396/1728-0869-2020-1-42-49 EDN: JKLJLH
22. Sinyavskaya OV. From active to healthy longevity. What can be the model of social policy in the interests of older citizens in modern Russia. *Sotsiodigger*. 2022;3(5-6):45–51. (In Russ.) EDN: QVGTIJ
23. Dey AB, Bajpai S, Pandey M, et al. Healthcare policies and programmes for older persons: Exploring awareness among stakeholders. *Journal of Healthcare Quality Research*. 2020;35(6):391–401. doi: 10.1016/j.jhqr.2020.06.010 EDN: ESYKLG
24. Howell BM, Seater M, Davis K, McLinden D. Determining the importance and feasibility of various aspects of healthy ageing among older adults using concept mapping. *Ageing and Society*. 2020;42(6):1403–1421. doi: 10.1017/S0144686X20001580 EDN: OHXHRO
25. World Health Organization. *National programmes for age-friendly cities and communities: a guide* [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2023 [cited 2024 Mar 12]. Available from: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/366634/9789240068698-eng.pdf?sequence=1>
26. World Health Organization. *Tackling abuse of older people: five priorities for the United Nations Decade of Healthy Ageing (2021–2030)* [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2022 [cited 2024 Mar 12]. Available from: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/356151/9789240052550-eng.pdf?sequence=1>
27. World Health Organization. *Progress Report on the United Nations Decade of Healthy Ageing, 2021–2023* [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2023 [cited 2024 Mar 12]. Available from: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/374192/9789240079694-eng.pdf?sequence=1>

AUTHORS' INFO

* **Elena Yu. Golubeva**, Dr. Sci. (Biology), Professor;
address: 17 Naberezhnaja Severnoy Dviny st, Arkhangelsk, Russia,
163002;
ORCID: 0000-0002-4791-258X;
eLibrary SPIN: 7637-5730;
e-mail: e.golubeva@narfu.ru

Andrey G. Soloviev, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0002-0350-1359;
eLibrary SPIN: 2952-0619;
e-mail: ASoloviev1@yandex.ru

Nidhi Mishra, Ph.D, Associate Professor;
ORCID: 0000-0002-8830-4839;
e-mail: nmishra@gitam.edu

ОБ АВТОРАХ

* **Голубева Елена Юрьевна**, д-р биол. наук, профессор;
адрес: Россия, 163002, Архангельск,
ул. Набережная Северной Двины, д. 17;
ORCID: 0000-0002-4791-258X;
eLibrary SPIN: 7637-5730;
e-mail: e.golubeva@narfu.ru

Соловьёв Андрей Горгоньевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-0350-1359;
eLibrary SPIN: 2952-0619;
e-mail: ASoloviev1@yandex.ru

Mishra Nidhi, доцент;
ORCID: 0000-0002-8830-4839;
e-mail: nmishra@gitam.edu

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco656740>

EDN: GZHXAI

Динамика общей и первичной заболеваемости населения федеральных округов Российской Федерации: состояние и прогноз

О.В. Медведева¹, Л.И. Меньшикова², И.М. Сон², Н.В. Чвырева¹, И.Н. Большов¹, Э.В. Зимина³¹ Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, Рязань, Россия;² Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия;³ Российский университет медицины, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Уровень заболеваемости является одним из ключевых индикаторов при комплексной оценке состояния общественного здоровья. Анализ его динамики играет важную роль в разработке стратегий управления системой здравоохранения как на федеральном, так и на региональном уровнях. Кроме того, на основе таких данных осуществляют планирование развития инфраструктуры медицинских организаций и определение необходимых ресурсов для его реализации.

Цель. Проанализировать многолетнюю динамику общей и первичной заболеваемости населения федеральных округов Российской Федерации за период с 2010 по 2023 год, оценить их тенденции и построить прогностические модели.

Материалы и методы. Проведён ретроспективный анализ многолетней динамики показателей общей и первичной заболеваемости населения федеральных округов Российской Федерации на основе данных за 2010–2023 гг.

Результаты. Рост общей заболеваемости зафиксировали во всех федеральных округах. При этом наиболее высокие показатели наблюдали в Северо-Западном федеральном округе, темп прироста за анализируемый период составил 20,39%, наименее низкие — в Северо-Кавказском федеральном округе, темп прироста — 12,634%. В целом по Российской Федерации отмечена тенденция к росту первичной заболеваемости, о чём свидетельствуют значение коэффициента роста — 1,046 и темп прироста — 4,601%. Самые высокие показатели первичной заболеваемости в период с 2010 по 2023 год отмечены в Северо-Западном, Уральском и Приволжском федеральных округах, где темп прироста составил 16,869, 16,279 и 3,293% соответственно. Самые низкие показатели первичной заболеваемости выявлены в Центральном и Южном федеральных округах, о чём свидетельствуют значения коэффициента роста 0,992 и 0,979 и темп прироста — -0,786 и -2,126% соответственно.

Заключение. Анализ коэффициента общей заболеваемости показал, что для Российской Федерации в целом 62,88% вариабельности показателя объясняется изменением временного параметра. При этом выявлена неустойчивая тенденция к его росту, а параметры трендовой модели являются статистически значимыми ($MAPE=0,97$; $F_{\text{расчётный}}=9,3169 > F_{\text{критический}}=3,9823$; $p=0,006$). Для показателя первичной заболеваемости установлено, что для Российской Федерации в целом только 43,54% вариабельности показателя объясняется изменением временного параметра и характеризуется неустойчивой тенденцией к его росту, параметры трендовой модели — статистически значимы ($MAPE=2,24$; $F_{\text{расчётный}}=4,2417 > F_{\text{критический}}=3,9823$; $p=0,004$). Прогноз общей и первичной заболеваемости населения на среднесрочную перспективу показывает рост показателей по всем федеральным округам. Темпы прироста общей заболеваемости населения в большинстве федеральных округов, включая и Российскую Федерацию в целом, превышают соответствующие показатели по первичной заболеваемости.

Ключевые слова: общая заболеваемость; первичная заболеваемость; тенденции; прогноз.

Как цитировать:

Медведева О.В., Меньшикова Л.И., Сон И.М., Чвырева Н.В., Большов И.Н., Зимина Э.В. Динамика общей и первичной заболеваемости населения федеральных округов Российской Федерации: состояние и прогноз // Экология человека. 2024. Т. 31, № 12. С. 863–877. DOI: 10.17816/humeco656740 EDN: GZHXAI

Changes in Overall and Primary Morbidity in Federal Districts of the Russian Federation: Current Status and Forecast

Olga V. Medvedeva¹, Larisa I. Menshikova², Irina M. Son², Natalya V. Chvyreva¹,
Ivan N. Bolshov¹, Elvira V. Zimina³

¹ Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia;

² Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russia;

³ Russian University of Medicine, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Morbidity rates serve as key indicators in the comprehensive assessment of public health status. Analyzing their changes plays a crucial role in developing healthcare management strategies at both federal and regional levels. Moreover, such data are used for planning the development of medical infrastructure and identifying the resources needed for its implementation.

AIM: The work aimed to analyze long-term changes in overall and primary morbidity rates across the federal districts of the Russian Federation from 2010 to 2023, assess their trends, and construct predictive models.

METHODS: A retrospective analysis of long-term changes in overall and primary morbidity rates among the population of the federal districts of the Russian Federation was conducted based on data from 2010 to 2023.

RESULTS: An increase in overall morbidity was observed across all federal districts. The highest rates were recorded in the Northwestern Federal District, with a growth rate of 20.39% over the study period, whereas the lowest were in the North Caucasian Federal District, with a growth rate of 12.634%. In the Russian Federation, primary morbidity showed an upward trend, as evidenced by a growth coefficient of 1.046 and a growth rate of 4.601%. The highest rates of primary morbidity from 2010 to 2023 were observed in the Northwestern, Ural, and Volga Federal Districts, with growth rates of 16.869%, 16.279%, and 3.293%, respectively. The lowest primary morbidity rates were observed in the Central and Southern Federal Districts, as indicated by growth coefficients of 0.992 and 0.979 and growth rates of -0.786% and -2.126%, respectively.

CONCLUSION: The analysis of the overall morbidity coefficient revealed that 62.88% of its variability across the Russian Federation was accounted for by temporal changes. The trend demonstrated an unstable upward trajectory, and the parameters of the trend model were statistically significant ($\text{MAPE} = 0.97$; $F_{\text{calc}} = 9.3169 > F_{\text{crit}} = 3.9823$; $p = 0.006$). For the primary morbidity indicator, it was found that in the Russian federation only 43.54% of its variability was explained by changes in the time parameter. The indicator showed an unstable upward trend, with statistically significant trend model parameters ($\text{MAPE} = 2.24$; $F_{\text{calc}} = 4.2417 > F_{\text{crit}} = 3.9823$; $p = 0.004$). The medium-term forecast indicates an increase in both overall and primary morbidity across all federal districts. The growth rates of overall morbidity in the majority of federal districts, as well as in the Russian Federation as a whole, exceed the corresponding rates for primary morbidity.

Keywords: overall morbidity; primary morbidity; trends; forecast.

To cite this article:

Medvedeva OV, Menshikova LI, Son IM, Chvyreva NV, Bolshov IN, Zimina EV. Changes in Overall and Primary Morbidity in Federal Districts of the Russian Federation: Current Status and Forecast. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(12):863–877. DOI: 10.17816/humeco656740 EDN: GZHXAI

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco656740>

EDN: GZHXAI

俄罗斯联邦各联邦区居民总体与初次发病率的动态变化：现状与预测

Olga V. Medvedeva¹, Larisa I. Menshikova², Irina M. Son², Natalya V. Chvyreva¹,
Ivan N. Bolshov¹, Elvira V. Zimina³

¹ Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia;

² Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russia;

³ Russian University of Medicine, Moscow, Russia

摘要

论证。发病率是综合评估公共健康状况的关键指标之一。对其动态变化的分析在联邦及地区层面制定卫生系统管理战略中发挥着重要作用。此外，此类数据还用于规划医疗机构基础设施发展和确定所需资源配置。

目的。分析2010—2023年俄罗斯联邦各联邦区居民总体与初次发病率的多年动态变化，评估相关趋势并构建预测模型。

材料与方法。基于2010—2023年统计数据，对俄罗斯联邦各联邦区居民总体与初次发病率的多年动态进行了回顾性分析。

结果。所有联邦区的总体发病率均呈上升趋势。其中，发病率最高的是西北联邦区，分析期内的增长率为20.39%；最低的是北高加索联邦区，增长率为12.634%。在俄罗斯联邦范围内，初次发病率总体呈上升趋势，其增长系数为1.046，增长率为4.601%。2010至2023年间，初次发病率最高的为西北、乌拉尔和伏尔加联邦区，增长率分别为16.869%、16.279%和3.293%。初次发病率最低的为中央联邦区和南部联邦区，其增长系数分别为0.992和0.979，增长率分别为-0.786%和-2.126%。

结论。总体发病率系数的分析结果表明，在俄罗斯联邦范围内，该指标62.88%的变异性可由时间变量的变化解释。同时，观察到其增长趋势不稳定，趋势模型参数具有统计学显著性（ $MAPE = 0.97$; $F_{calc}=9.3169 > F_{crit}=3.9823$; $p=0.006$ ）。对于初次发病率指标而言，研究发现，在俄罗斯联邦范围内，其变异性中仅有43.54%可由时间变量的变化解释，同时呈现出不稳定的增长趋势，趋势模型参数具有统计学显著性（ $MAPE=2.24$; $F_{calc}=4.2417 > F_{crit}=3.9823$; $p=0.004$ ）。中期预测结果显示，所有联邦区的总体与初次发病率指标均呈增长趋势。在包括全国在内的大多数联邦区中，总体发病率的增长率高于初次发病率的相应水平。

关键词：总体发病率；初次发病率；趋势；预测。

引用本文：

Medvedeva OV, Menshikova LI, Son IM, Chvyreva NV, Bolshov IN, Zimina EV. 俄罗斯联邦各联邦区居民总体与初次发病率的动态变化：现状与预测. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(12):863–877. DOI: 10.17816/humeco656740 EDN: GZHXAI

收到: 18.02.2025

接受: 20.03.2025

发布日期: 02.06.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Здоровье человека — ключевой фактор безопасности нации, важнейший индикатор качества жизни и критерий социально-экономического развития. Кроме того, его можно рассматривать как стратегическую цель социальной политики любого государства. Здоровье каждого человека, вне зависимости от возраста, уровня образования и социального статуса, составляет основу общественного здоровья, отражающего интегральную состоятельность общества в контексте воздействия социально-экономических, природно-климатических и экологических факторов [1, 2].

Уровень заболеваемости населения, как один из основополагающих показателей общественного здоровья, отражает социально-экономическое благополучие. Общественное здоровье является одним из важнейших факторов, влияющих на социально-экономическое развитие, наряду с уровнем образования и квалификацией трудоспособного населения. Оно играет ключевую роль в обеспечении устойчивого экономического роста [3, 4]. Общественное здоровье отражает совокупное состояние здоровья населения и факторов, его определяющих, что позволяет обоснованно формировать стратегические направления развития здравоохранения регионов. В социальной сфере приоритетом региональной политики выступает укрепление и сохранение здоровья граждан [5].

Анализ тенденции снижения уровня здоровья современного населения и связанных с этим социальных последствий позволяет прогнозировать потенциальные потери будущих поколений, обусловленные недостаточным вниманием к сохранению здоровья. Особую обеспокоенность вызывает необратимость негативных процессов, связанных с распространением отдельных видов заболеваний [6, 7]. Состояние здоровья населения оценивают по динамике показателей общей и первичной заболеваемости. Согласно данным Федеральной службы государственной статистики, в Российской Федерации (РФ) темпы прироста общей заболеваемости превышают прирост первичной, что свидетельствует о нарастании тенденции к хронизации заболеваний [8, 9]. Современные исследователи связывают рост заболеваемости с внедрением более точных методов диагностики, особенно активно развившихся в последние десятилетия. Однако одновременное повышение показателей смертности и инвалидности свидетельствует о фактическом увеличении заболеваемости, которое невозможно объяснить лишь совершенствованием диагностики [10].

Показатели заболеваемости наиболее точно отражают существующую социально-экономическую обстановку как в стране в целом, так и непосредственно в каждом её регионе. Кроме того, на основании анализа вышеописанных показателей можно охарактеризовать уровень доступности и качества медицинской помощи населению [11].

Изучение динамики показателей заболеваемости позволяет установить закономерности, влияющие на благополучие и качество жизни населения, выявить проблемы в организации здравоохранения на региональном уровне, а также оценить эффективность лечебно-диагностических, профилактических и организационных мероприятий, направленных на снижение воздействия неблагоприятных факторов внешней среды.

Кроме того, их анализ даёт возможность оценить эффективность деятельности всей системы здравоохранения, выявить её сильные и слабые стороны, а также обосновать меры по оптимизации организации медицинской помощи как на федеральном, так и региональном уровнях [12, 13].

Вышеописанные данные имеют первостепенное значение для органов управления здравоохранением, поскольку они служат основой для текущего и перспективного планирования, а также для принятия оперативных управленческих решений. Обеспечение устойчивого развития государства реализуют путём внедрения программных мероприятий, направленных на сохранение и укрепление здоровья населения [14, 15].

Одним из приоритетных направлений государственной политики в РФ на протяжении последних лет остаётся формирование приверженности населения к здоровому образу жизни, увеличение продолжительности жизни, снижение смертности и инвалидности, а также общее улучшение показателей здоровья. Данные цели последовательно реализуют посредством национальных проектов и государственных программ [16].

Так, национальный проект «Продолжительная и активная жизнь» направлен на увеличение ожидаемой продолжительности жизни до 78 лет и 81 года к 2030 и 2036 году соответственно. Задачами проекта являются:

- повышение доступности и качества медицинской помощи, лекарственного обеспечения, совершенствование системы медицинского образования;
- увеличение охвата населения профилактическими медицинскими осмотрами и диспансеризацией;
- устранение кадрового дефицита в учреждениях здравоохранения;
- снижение дифференциации заработной платы медицинских работников сопоставимой квалификации вне зависимости от организационно-правовой формы и уровня медицинской организации;
- ускорение темпов развития цифрового здравоохранения в субъектах РФ.

С 2025 года предполагают внедрение налоговых вычетов для граждан, систематически осуществляющих контроль за состоянием своего здоровья, ведущих активный образ жизни, включая занятия спортом, а также проходящих профилактические медицинские осмотры с целью раннего выявления и предотвращения заболеваний [17, 18].

Анализ динамики показателей заболеваемости позволяет выявлять приоритетные направления для углублённой оценки эффективности реализуемых

лечебно-профилактических и стратегических мероприятий на всех уровнях системы здравоохранения. Кроме того, он служит основой для планирования кадрового состава врачей и среднего медицинского персонала, оптимального распределения медицинских ресурсов, расчёта коечного фонда и развития других элементов инфраструктуры здравоохранения [19, 20].

Цель

Проанализировать многолетнюю динамику общей и первичной заболеваемости населения федеральных округов РФ за период с 2010 по 2023 год, оценить их тенденции и построить прогностические модели.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили с июня 2023 г. по январь 2025 г. Для получения необходимой информации использованы данные, извлечённые из официальных статистических материалов Федеральной службы государственной статистики¹.

Объектом исследования является заболеваемость населения РФ, а предметом — показатели общей и первичной заболеваемости по федеральным округам.

Проводили ретроспективное наблюдение за показателями общей и первичной заболеваемости населения федеральных округов РФ, построенное на сборе и анализе показателей за 2010–2023 гг. Сбор статистической информации осуществляли на основе данных приложений (в разрезе субъектов РФ) к статистическим сборникам «Здравоохранение в России»^{1,2} [21].

Статистический анализ

Для статистической обработки полученных данных использовали математико-статистические методы, включая расчёт базисных и средних коэффициентов роста, темпов прироста и наращивания, коэффициентов опережения, а также анализ степени соответствия трендовой модели исходным данным с использованием средней абсолютной процентной ошибки и критерия Фишера для оценки надёжности. Построены прогностические модели общей и первичной заболеваемости по федеральным округам на 5-летний период с последующей оценкой их точности и доверительных интервалов полученных значений. Статистическую значимость всех проводимых в работе расчётов оценивали на уровне p не менее 95% ($p \leq 0,05$). Тестирование выполнения условия нормальности распределения исследуемых данных проводили с использованием программы Microsoft Excel® (Microsoft, Соединённые

Штаты Америки) и построением нормального графика вероятностей (Normal Probability Plot).

Интенсивность динамических процессов, формирующих тренды заболеваемости, оценивали с использованием следующих показателей.

Базисный коэффициент роста, отражающий соотношение между двумя уровнями динамического ряда:

$$K_{\text{баз.}} = \frac{y_i}{y_{i-1}}, \quad (1)$$

где y_i — значение показателя последующего уровня ряда; y_{i-1} — значение показателя предыдущего уровня ряда.

Темп прироста, характеризующий процентное изменение уровня общей или первичной заболеваемости:

$$T_{\text{пр.}} = \frac{y_i - y_0}{y_0} 100\%, \quad (2)$$

где y_i — значение показателя последующего уровня ряда; y_0 — значение показателя предыдущего уровня ряда.

Коэффициент опережения, применяемый для сравнительного анализа динамики в субъектах РФ относительно общероссийских показателей с целью выявления различий в скорости изменений:

$$K_{\text{опер.}} = \frac{K_{pi}}{K_{pi-1}}, \quad (3)$$

где K_{pi} — коэффициент роста первого ряда; K_{pi-1} — коэффициент роста второго ряда.

Темп наращивания, отражающий скорость увеличения заболеваемости во времени, рассчитывали по формуле:

$$T_{\text{н}} = \frac{\Delta y_{\text{цi}}}{y_1}, \quad (4)$$

где $\Delta y_{\text{цi}}$ — цепной абсолютный прирост; y_1 — уровень, принятый за постоянную базу сравнения.

Анализ общей тенденции проводили по тренду (Т) с применением аналитического выравнивания, описанному функцией полинома второй степени:

$$y = a + a \cdot t + a \cdot t^2, \quad (5)$$

где a — показатели уровней ряда; t — временные интервалы.

Оценку степени соответствия трендовой модели исходным данным проводили по параметрам тенденции методом наименьших квадратов, используя коэффициент детерминации (R^2). В зависимости от его значения тенденцию классифицировали как неясная (R^2 в диапазоне от 0 до 0,39), неустойчивая (R^2 в диапазоне от 0,4 до 0,69) или выраженная устойчивая (R^2 в диапазоне от 0,7 до 1).

Оценка точности трендовой модели предусматривала также расчёт средней абсолютной процентной ошибки (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) по формуле:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\hat{E}_i}{y_i} \right| 100\%, \quad (6)$$

¹ Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [интернет]. Росстат. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru> Дата обращения: 09.12.2024.

² Российский статистический ежегодник 2023, [интернет]. В: Федеральная служба государственной статистики. 2023–2024. Режим доступа: http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejegod_2023.htm

где n — количество периодов; i — член ряда; E_i — разность между фактическим и аппроксимируемым значениями; y_i — фактическое значение результативного признака.

При значении $MAPE < 10\%$ точность трендовой модели оценивали как высокая; от 10 до 20% — как хорошая; от 20 до 50% — как удовлетворительная; более 50% — как неудовлетворительная.

Затем с помощью F-критерия Фишера проверена оценка надёжности трендовой модели на основании формулы:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2}(n - 2), \quad (7)$$

где R^2 — коэффициент детерминации; n — число параметров уравнения тренда.

Расчётное значение F-критерия сравнивали с критическим значением F-критерия по таблицам распределения Фишера. Если в результате сравнения $F_{\text{расчётный}} > F_{\text{критический}}$, то при заданном уровне значимости гипотезу о надёжности модели принимали.

Модели общей и первичной заболеваемости с горизонтом прогнозирования в 5 лет построены по линии тренда путём подстановки в уравнение значений времени t , соответствующих периоду прогноза:

$$t = n + l, \dots, n + l, \quad (8)$$

где $n + l$ — точечная прогнозная оценка значения уровня в точке $n + l$.

Для определения точности прогноза показателей общей и первичной заболеваемости рассчитан коэффициент несоответствия Тейла по формуле:

$$K_T = \sqrt{\frac{\sum (y_t - \bar{y})^2}{\sum y_t^2}}, \quad (9)$$

где y_t — фактическое значение показателя на момент времени; $\bar{y}$ — значение показателя, полученное с помощью модели.

Прогностическую модель считали приемлемой, если величина ошибки не выходила за её критериальное значение, равное 1.

Доверительный интервал для математического ожидания (μ) при нормальном распределении признака и неизвестной дисперсии при прогнозировании коэффициентов общей и первичной заболеваемости определяли по формуле:

$$\bar{x} - \frac{t_{\alpha;2} \hat{\sigma}}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + \frac{t_{\alpha;2} \hat{\sigma}}{\sqrt{n}}, \quad (10)$$

где $\bar{x}$ — среднее значение; n — число наблюдений.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Установлено, что за анализируемый период общая заболеваемость населения в целом по РФ

характеризовалась неустойчивой тенденцией к росту ($R^2=0,6288$). С 2010 по 2013 год отмечено её увеличение на 1,18%, тогда как с 2014 по 2015 год — незначительное снижение на 0,29% по базисному темпу (табл. 1). С 2016 по 2019 год возобновлена тенденция к увеличению со средним темпом наращивания 0,73%. В 2020 году наблюдали снижение уровня общей заболеваемости на 5,32% по сравнению с 2019 годом. В последующий период, с 2021 по 2023 год, выявлен стабильный рост значений показателя со средним темпом наращивания 3,31%. Наибольшее увеличение зарегистрировано в 2021 году — 11 139,5 случая на 100 тыс. населения; максимальная убыль — в 2020 году, составившая 8770 случаев на 100 тыс. населения.

В Центральном федеральном округе (ЦФО) в период с 2010 по 2016 год общая заболеваемость характеризовалась выраженной устойчивой тенденцией к снижению ($R^2=0,9841$), при среднем темпе наращивания $-0,985$ и базисной убыли на 4,71%. Начиная с 2016 года наблюдали увеличение показателя общей заболеваемости населения на 8,36% с изменением характера тенденции на неустойчивую ($R^2=0,6507$) (см. рис. 1). В 2023 году по сравнению с 2022 отмечено уменьшение общей заболеваемости на 940,2 случая на 100 тыс. населения, или на 0,6%. Максимальный прирост зафиксирован в 2021 году (9260,5 случая на 100 тыс. населения), максимальная убыль — в 2020 году (4316,7 случая на 100 тыс. населения).

Увеличение общей заболеваемости регистрировали во всех федеральных округах, однако мы установили территории с самым высоким и низким показателем общей заболеваемости (см. табл. 1). В частности, наибольшие её показатели зарегистрированы в 2023 году в Северо-Западном федеральном округе (СЗФО), Приволжском федеральном округе (ПФО) и Сибирском федеральном округе (СФО). В то же время самая высокая интенсивность динамики общей заболеваемости установлена для Уральского федерального округа (УФО) и Северо-Западного федерального округа (СЗФО).

Наименьшие показатели общей заболеваемости в 2023 году зарегистрированы в Северо-Кавказском федеральном округе (СКФО) (см. рис. 1). При этом наблюдали достаточно высокий коэффициент роста и значительную интенсивность динамики за период с 2010 по 2023 год. Динамические процессы носили неустойчивый характер ($R^2=0,5171$). В частности, в анализируемый период динамика общей заболеваемости населения СКФО характеризовалась волнообразным типом изменений. В 2010–2013 гг. отмечено увеличение данного показателя со средним темпом наращивания 2,973%. В 2014 году зафиксировано незначительное снижение: базисный темп убыли составил 1,915% по отношению к 2013 году, при сохранении тенденции и в 2015 году. С 2016 года чередование периодов повышения и снижения показателя сопровождалось формированием устойчивой тенденции к увеличению общей заболеваемости ($R^2=0,7803$),

Таблица 1. Общая заболеваемость населения по федеральным округам Российской Федерации за 2010–2023 гг. (на 100 тыс. населения)**Table 1.** Overall morbidity in the population of the federal districts of the Russian Federation, 2010–2023 (per 100,000 population)

Годы Year	РФ RF	ЦФО CFD	СЗФО NWFD	ЮФО SFD	СКФО NCFD	ПФО VFD	УФО UFD	СФО SIBFD	ДФО FEFD
2010	159 363,3	152 179,4	180 718,3	138 627,9	118 158,5	179 734,5	147 152,4	166 669,3	150 665,4
2011	160 399,5	149 377,2	180 095,8	139 738,0	121 940,6	181 095,5	150 990,9	172 782,3	154 759,2
2012	160 578,0	149 373,5	182 741,6	141 477,0	124 130,1	180 078,6	150 460,6	172 270,6	153 346,6
2013	161 241,5	147 800,0	182 073,4	142 618,7	128 705,0	180 795,7	152 882,6	174 667,8	154 253,8
2014	160 670,3	146 851,9	184 852,7	141 124,4	126 240,0	181 538,8	152 042,9	175 057,9	151 588,4
2015	160 207,8	144 673,0	190 116,7	138 990,4	124 693,7	181 257,2	153 418,4	174 588,6	153 445,4
2016	161 628,4	144 801,3	197 750,5	142 424,5	127 399,6	180 244,9	157 237,7	175 195,5	153 267,2
2017	161 776,0	145 013,3	198 139,5	144 271,3	127 088,5	177 784,3	160 612,5	176 139,3	152 426,2
2018	163 485,2	147 054,7	201 665,7	147 586,0	125 193,6	179 461,5	163 234,9	179 663,3	152 229,0
2019	164 881,4	149 806,5	200 904,7	150 357,7	127 550,1	180 750,5	165 266,7	177 414,5	154 316,7
2020	156 111,4	145 489,8	184 544,0	139 748,7	123 013,4	170 151,5	158 789,0	165 610,8	146 365,3
2021	167 250,9	154 750,3	203 436,9	147 679,2	128 307,9	181 549,6	173 111,3	178 886,6	159 209,6
2022	172 827,9	157 843,3	218 840,1	147 272,2	129 823,0	190 389,1	180 936,4	183 223,4	167 340,5
2023	171 954,8	156 903,1	217 564,5	143 673,4	133 074,8	192 854,6	177 249,1	180 176,8	165 762,8
Коэффициент роста (K_p) Growth coefficient (G_c)	1,079	1,031	1,204	1,036	1,126	1,073	1,205	1,081	1,100
Темп прироста, % Increase rate, %	7,901	3,104	20,389	3,639	12,634	7,299	20,453	8,104	10,021

Примечание. РФ — Российская Федерация; ЦФО — Центральный федеральный округ; СЗФО — Северо-Западный федеральный округ; ЮФО — Южный федеральный округ; СКФО — Северо-Кавказский федеральный округ; ПФО — Приволжский федеральный округ; УФО — Уральский федеральный округ; СФО — Сибирский федеральный округ; ДФО — Дальневосточный федеральный округ.

Note: RF, Russian Federation; CFD, Central Federal District; NWFD, Northwestern Federal District; SFD, Southern Federal District; NCFD, North Caucasian Federal District; VFD, Volga Federal District; UFD, Ural Federal District; SIBFD, Siberian Federal District; FEFD, Far Eastern Federal District.

при среднем уровне темпов наращивания (0,886%). В 2023 по сравнению с 2022 годом общая заболеваемость населения СКФО увеличена на 3251,8 случая на 100 тыс. населения, или 2,5%. Максимальный прирост наблюдают в 2021 году — 5294,5 случая на 100 тыс. населения, максимальную убыль — в 2020 году (4536,7 случая на 100 тыс. населения).

Анализ зависимости коэффициента общей заболеваемости населения от времени показал (табл. 2): 62,88% вариабельности показателя в целом по РФ обусловлены изменением временного параметра, что указывает на неустойчивый характер тенденции при надёжности параметров трендовой модели.

Высокая значимость трендовой модели при выраженной устойчивой тенденции к увеличению общей заболеваемости установлена для ЦФО, СЗФО, УФО (см. табл. 2).

Неустойчивый характер тенденции к росту общей заболеваемости характерен для трёх федеральных округов: Южного федерального округа (ЮФО), СКФО и Дальневосточного федерального округа (ДФО) (см. табл. 2).

При этом, если надёжность трендовых моделей для СКФО и ДФО подтверждается расчётными значениями

показателей, то для ЮФО статистическая значимость уравнения динамики, проверенная с помощью критерия Фишера, не подтверждена (см. табл. 2).

Неясный характер тенденции установлен для двух федеральных округов РФ: ПФО и СФО, в которых показатели общей заболеваемости находятся под влиянием временного фактора только в 38,71 и 35,67% случаев соответственно, а параметры трендовой модели, что вполне логично, статистически незначимы (см. табл. 2).

Расчёт прогностических моделей позволил определить, что самые высокие коэффициенты общей заболеваемости в среднесрочной перспективе сформируются в СЗФО, ПФО и УФО, что на 21,0, 11,3 и 9,78% соответственно больше, чем в целом по РФ (табл. 3).

В свою очередь, самый низкий уровень общей заболеваемости прогнозируют (см. табл. 3).

Установлено, что в целом по РФ наблюдают тенденцию к увеличению первичной заболеваемости (табл. 4). Самый высокий рост значений показателей первичной заболеваемости с 2010 по 2023 год отмечен в СЗФО и УФО. Убыль первичной заболеваемости выявлена только в двух регионах: ЦФО и ЮФО, при высокой интенсивности

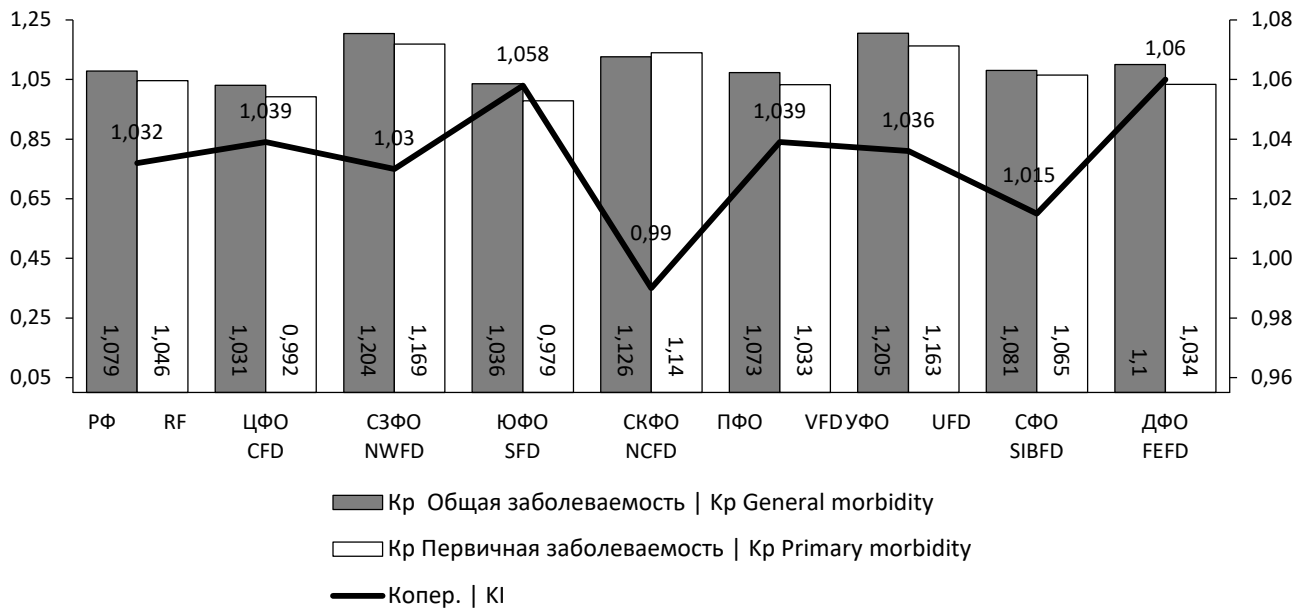


Рис. 1. Средние коэффициенты роста и опережения показателей общей и первичной заболеваемости населения федеральных округов Российской Федерации. РФ — Российская Федерация; ЦФО — Центральный федеральный округ; СЗФО — Северо-Западный федеральный округ; ЮФО — Южный федеральный округ; СКФО — Северо-Кавказский федеральный округ; ПФО — Приволжский федеральный округ; УФО — Уральский федеральный округ; СФО — Сибирский федеральный округ; ДФО — Дальневосточный федеральный округ; Кр — коэффициент роста; Копер — коэффициент опережения.

Fig. 1. Average growth and lead coefficients for overall and primary morbidity indicators across the federal districts of the Russian Federation. RF, Russian Federation; CFD, Central Federal District; NWFD, Northwestern Federal District; SFD, Southern Federal District; NCFD, North Caucasian Federal District; VFD, Volga Federal District; UFD, Ural Federal District; SIBFD, Siberian Federal District; FEFD, Far Eastern Federal District; Kp, growth coefficient; Kl, lead coefficient

Таблица 2. Показатели качества и статистической значимости полиномиальных трендовых моделей общей заболеваемости по федеральным округам Российской Федерации

Субъекты Российской Федерации Federal Districts of the Russian Federation	R ²	MAPE, %	F _{расчётный} и F _{критический} F _{calc} and F _{crit}	p
Российская Федерация Russian Federation	0,6288	0,97	9,3169 > 3,9823	0,006
Центральный федеральный округ Central Federal District	0,8289	0,93	26,6439 > 3,9823	0,003
Северо-Западный федеральный округ Northwestern Federal District	0,7591	2,08	17,3274 > 3,9823	0,006
Южный федеральный округ Southern Federal District	0,4401	1,41	3,3225 < 3,9823	0,063
Северо-Кавказский федеральный округ North Caucasian Federal District	0,5125	1,47	12,615 > 3,9823	0,003
Приволжский федеральный округ Volga Federal District	0,3871	1,5	3,4733 < 3,9823	0,222
Уральский федеральный округ Ural Federal District	0,9051	1,31	52,4358 > 3,9823	<0,001
Сибирский федеральный округ Siberian Federal District	0,3567	1,29	3,0499 < 3,9823	0,125
Дальневосточный федеральный округ Far Eastern Federal District	0,5641	1,54	7,118 > 3,9823	0,038

Примечание. R² — коэффициент детерминации; MAPE (Mean Absolute Percentage Error) — средняя абсолютная процентная ошибка; F — критерий Фишера.

Note: R², coefficient of determination; MAPE, Mean Absolute Percentage Error; F, Fisher's test statistic.

Таблица 3. Прогноз и оценка качества прогноза общей заболеваемости населения по федеральным округам Российской Федерации**Table 3.** Forecast and forecast accuracy assessment of overall morbidity in the federal districts of the Russian Federation

Субъекты Российской Федерации Federal Districts of the Russian Federation	Прогноз на 2028 год, на 100 тыс. населения Forecast for 2028, per 100,000 population	95% ДИ 95% CI	K_T Theil's U
Российская Федерация Russian Federation	186 341,6	175 884,39–196 798,81	0,017
Центральный федеральный округ Central Federal District	157 938,2	154 527,5–158 5638,4	0,0118
Северо-Западный федеральный округ Northwestern Federal District	225 468,9	195 906,83–233 650,05	0,0317
Южный федеральный округ Southern Federal District	144 642,8	129 936,27–148 529,69	0,0187
Северо-Кавказский федеральный округ North Caucasian Federal District	146 531,8	137 518,8–155 237,19	0,0196
Приволжский федеральный округ Volga Federal District	207 400,3	192 430,66–222 369,98	0,022
Уральский федеральный округ Ural Federal District	204 569,4	192 780,53–216 358,29	0,0195
Сибирский федеральный округ Siberian Federal District	180 726,9	166 573,41–194 880,55	0,0215
Дальневосточный федеральный округ Far Eastern Federal District	185 650,8	172 144,09–199 157,53	0,0232

Примечание. ДИ — доверительный интервал; K_T — коэффициент соответствия Тейла.

Note: CI, confidence interval; Theil's U, Theil's inequality coefficient.

Таблица 4. Первичная заболеваемость населения по федеральным округам Российской Федерации за 2010–2023 гг. (на 100 тыс. населения)**Table 4.** Primary morbidity in the federal districts of the Russian Federation, 2010–2023 (per 100,000 population)

Годы Year	РФ RF	ЦФО CFD	СЗФО NWFD	ЮФО SFD	СКФО NCFD	ПФО VFD	УФО UFD	СФО SIBFD	ДФО FEFD
2010	78 517,5	74 487,0	86 210,8	69 253,9	61 869,2	86 222,0	80 051,8	80 583,8	81 237,8
2011	79 740,7	73 555,2	86 145,9	71 045,2	65 433,5	87 694,0	82 508,5	84 550,4	83 682,4
2012	79 471,1	73 352,1	86 224,6	71 707,3	66 447,0	86 521,6	81 637,6	84 649,3	82 758,1
2013	80 030,3	72 218,9	85 918,2	72 461,1	68 884,6	87 307,6	83 568,9	86 943,7	83 113,8
2014	78 615,7	71 375,5	85 217,5	71 088,0	66 719,9	87 259,7	81 545,8	86 041,9	80 637,6
2015	77 889,5	70 025,6	87 766,3	69 383,3	65 728,7	87 010,8	80 725,3	84 822,7	77 812,0
2016	78 532,6	70 400,3	93 017,1	68 006,0	64 589,2	85 750,9	82 952,1	85 051,6	79 398,1
2017	77 914,7	69 603,7	93 549,9	68 074,6	64 149,7	83 875,5	82 634,3	84 975,0	79 502,7
2018	78 213,1	70 329,1	93 594,6	69 226,6	62 895,1	84 601,2	82 843,7	86 053,2	77 008,5
2019	78 015,8	70 349,7	92 481,2	71 198,5	64 366,7	83 460,9	84 023,3	83 619,3	77 121,5
2020	75 840,1	70 074,2	88 356,8	66 080,0	61 851,5	81 373,7	83 696,6	80 657,9	74 596,5
2021	85 295,5	78 067,6	103 011,6	74 738,4	68 286,9	90 720,8	94 510,6	91 304,1	84 510,8
2022	88 748,5	79 482,7	111 388,1	75 801,0	70 594,2	95 978,1	100 281,7	93 294,5	90 074,5
2023	82 129,9	73 901,8	100 754,4	67 781,6	70 555,5	89 061,3	93 083,2	85 845,6	84 002,6
Коэффициент роста (K_p) Growth coefficient (G_c)	1,046	0,992	1,169	0,979	1,140	1,033	1,163	1,065	1,034
Темп прироста, % Increase rate, %	4,601	–0,786	16,869	–2,126	14,039	3,293	16,279	6,529	3,403

Примечание. РФ — Российская Федерация; ЦФО — Центральный федеральный округ; СЗФО — Северо-Западный федеральный округ; ЮФО — Южный федеральный округ; СКФО — Северо-Кавказский федеральный округ; ПФО — Приволжский федеральный округ; УФО — Уральский федеральный округ; СФО — Сибирский федеральный округ; ДФО — Дальневосточный федеральный округ.

Note: RF, Russian Federation; CFD, Central Federal District; NWFD, Northwestern Federal District; SFD, Southern Federal District; NCFD, North Caucasian Federal District; VFD, Volga Federal District; UFD, Ural Federal District; SIBFD, Siberian Federal District; FEFD, Far Eastern Federal District.

снижения показателя в ЮФО и менее выраженной — в ЦФО (см. табл. 4).

В контексте анализируемой проблемы интерес представляет анализ первичной заболеваемости СКФО, для которого характерен самый низкий её уровень в 2010 году (см. табл. 4). Данный показатель был меньше общероссийского на 21,2% ($F=19,129\ 42$; $p<0,001$). Однако в СКФО за анализируемый период наблюдают волнообразное изменение её уровня. Сначала, с 2010 по 2013 год, просматривали тенденцию к увеличению (темп прироста составил 11,34%; средний темп наращивания — 3,78%), с 2014 по 2018 год регистрировали убыль на 5,73% (средний темп наращивания –1,38%), в 2019 году — прирост первичной заболеваемости на 2,34%, в 2020 году наблюдают ощутимое снижение показателя, убыль составила 3,91%, а с 2021 по 2023 год — прирост на 3,32%. Максимальный прирост первичной заболеваемости отметили в 2021 году (6435,4 на 100 тыс. населения), а максимальную убыль — в 2020 году (2515,2 на 100 тыс. населения).

Кроме того, с 2010 по 2023 год самый высокий уровень данного показателя наблюдали в двух федеральных округах: ПФО и СЗФО, значения которых превышали общероссийский показатель на 9,81 и 9,79% соответственно (см. табл. 4). Динамика первичной заболеваемости в этих округах имела свои особенности, связанные с темпами наращивания коэффициентов и характером динамики. В ПФО с 2010 по 2011 год отмечали увеличение первичной

заболеваемости на 1,71% (средний темп наращивания 0,175%). В 2012 году зафиксировано незначительное снижение на 1,34%, в 2013 году — прирост на 0,91%. В период с 2014 по 2017 год наблюдали умеренную убыль на 3,89% при невысокой скорости изменений (средний темп наращивания –1,31%). В 2018 году выявлено повышение показателя на 0,87%, однако с 2019–2020 гг. вновь отмечено его снижение на 2,50%. С 2021 по 2022 год снова наблюдали прирост на 5,80%, в то время как в 2023 году — снижение на 7,21%. Средний темп наращивания за 2018–2023 гг. составил 2,98%. Максимальный прирост первичной заболеваемости отметили в 2021 году (9347,1 на 100 тыс. населения), максимальную убыль — в 2023 году (6916,8 на 100 тыс. населения).

В СЗФО с 2010 по 2014 год зафиксирована тенденция к снижению первичной заболеваемости с темпом базисной убыли 1,15% и низкой скоростью динамики (средний темп наращивания — 0,585%). С 2015 по 2018 год выявлен прирост показателя на 6,64%, а период 2019–2020 гг. характеризовался убылью на 4,46%. В 2021–2022 гг. произошло заметное увеличение первичной заболеваемости на 8,13%, тогда как в 2023 году — снижение на 9,56%. Максимальный прирост первичной заболеваемости отмечен в 2021 году (14 654,8 на 100 тыс. населения), максимальная убыль — в 2023 году (10 633,7 на 100 тыс. населения).

На основании анализа показателей общей и первичной

Таблица 5. Показатели качества и статистической значимости полиномиальных моделей первичной заболеваемости по федеральным округам Российской Федерации

Table 5. Quality and statistical significance indicators of polynomial models of primary morbidity in the federal districts of the Russian Federation

Субъекты Российской Федерации Federal Districts of the Russian Federation	R ²	MAPE, %	F _{расчётный} и F _{критический} F _{calc} and F _{crit}	p
Российская Федерация Russian Federation	0,4354	2,24	4,2417 > 3,9823	0,004
Центральный федеральный округ Central Federal District	0,5393	1,97	6,438 > 3,9823	0,040
Северо-Западный федеральный округ Northwestern Federal District	0,7225	2,87	14,3198 > 3,9823	0,002
Южный федеральный округ Southern Federal District	0,046	2,99	0,2653 < 3,9823	0,854
Северо-Кавказский федеральный округ North Caucasian Federal District	0,2541	2,97	1,8736 < 3,9823	0,192
Приволжский федеральный округ Volga Federal District	0,3080	2,54	2,4475 < 3,9823	0,386
Уральский федеральный округ Ural Federal District	0,7530	2,60	16,7652 > 3,9823	0,001
Сибирский федеральный округ Siberian Federal District	0,2194	2,53	1,5455 < 3,9823	0,094
Дальневосточный федеральный округ Far Eastern Federal District	0,3942	3,00	3,5784 < 3,9823	0,738

Примечание. R² — коэффициент детерминации; MAPE (Mean Absolute Percentage Error) — средняя абсолютная процентная ошибка; F — критерий Фишера.

Note: R², coefficient of determination; MAPE, Mean Absolute Percentage Error; F, Fisher's test statistic.

Таблица 6. Прогноз и оценка качества прогноза первичной заболеваемости населения по федеральным округам Российской Федерации**Table 6.** Forecast and forecast accuracy assessment of primary morbidity in the federal districts of the Russian Federation

Субъекты Российской Федерации Federal Districts of the Russian Federation	Прогноз на 2028 год, на 100 тыс. населения Forecast for 2028, per 100,000 population	95% ДИ 95% CI	K_T Theil's U
Российская Федерация Russian Federation	96 735,5	87 520,24–105 950,72	0,0306
Центральный федеральный округ Central Federal District	91 207,1	83 652,02–98 762,24	0,0276
Северо-Западный федеральный округ Northwestern Federal District	125 171,2	110 260,55–140 081,77	0,0428
Южный федеральный округ Southern Federal District	75 190,1	65 578,73–84 801,39	0,0363
Северо-Кавказский федеральный округ North Caucasian Federal District	76 471,8	67 436,83–85 506,67	0,0364
Приволжский федеральный округ Volga Federal District	102 861,3	92 240,76–113 481,8	0,0325
Уральский федеральный округ Ural Federal District	117 889,8	106 951,16–128 828,5	0,034
Сибирский федеральный округ Siberian Federal District	91 583,6	80 677,59–102 489,51	0,0339
Дальневосточный федеральный округ Far Eastern Federal District	101 283,4	90 070,46–112 496,28	0,0367

Примечание. ДИ — доверительный интервал; K_T — коэффициент соответствия Тейла.

Note: CI, confidence interval; Theil's U, Theil's inequality coefficient.

заболеваемости за 14-летний период выполнено прогнозирование на среднесрочную перспективу (до 5 лет), что соответствует критериям тактического планирования. Такой срок отличается от стратегического планирования, ориентированного на долгосрочную перспективу, и от оперативного, рассчитанного на период до одного года.

Анализ зависимости коэффициента первичной заболеваемости населения от времени показал, что во всей РФ только 43,54% варибельности данного показателя объясняется изменением временного параметра. Общий тренд при этом характеризуется неустойчивой направленностью к росту, тогда как параметры трендовой модели статистически значимы (табл. 5).

Выраженная устойчивая тенденция к увеличению первичной заболеваемости с высокой надёжностью трендовой модели установлена только для СЗФО и УФО (см. табл. 5).

Неустойчивый характер тенденции характерен для трендовых моделей первичной заболеваемости ЦФО и РФ в целом (см. табл. 5).

Для остальных федеральных округов тенденция первичной заболеваемости не отвечает условиям качественной однородности (она неясна и статистически незначима), что может быть связано с влиянием случайных факторов, приводящих к существенным искажениям.

Самые высокие прогнозируемые значения коэффициента первичной заболеваемости получены для СЗФО,

УФО, ПФО и ДФО, что на 29,39, 21,87, 6,3 и 4,70% соответственно больше аналогичного коэффициента, рассчитанного для РФ в целом (табл. 6).

Согласно результатам прогноза, к 2028 году самые низкие значения коэффициента первичной заболеваемости ожидают в ЮФО и СКФО (см. табл. 6).

Следует отметить, что точность прогноза первичной заболеваемости населения для всех федеральных округов высокая, что подтверждено значением коэффициента несоответствия Тейла.

Сравнительный анализ средних коэффициентов роста общей и первичной заболеваемости, а также оценка коэффициента опережения, свидетельствуют о том, что темпы изменения общей заболеваемости населения в большинстве федеральных округов, включая РФ в целом, превышают соответствующие показатели первичной заболеваемости (рис. 1).

Исключение составил только СКФО, для которого зафиксировано меньшее значение коэффициента опережения общей заболеваемости, что свидетельствует о более высокой скорости роста первичной заболеваемости по сравнению с общей.

ОБСУЖДЕНИЕ

Общественное здоровье, являясь интегральной характеристикой состояния популяции, во многом определяется условиями жизни населения и одновременно служит

показателем уровня социального развития. Его оценка осуществляется с использованием различных статистических показателей, среди которых наибольшую информативность демонстрируют показатели общей заболеваемости, заболеваемость социально значимыми болезнями (туберкулёз; инфекции, передающиеся половым путём; инфекция, вызванная вирусом иммунодефицита человека и др.), а также ожидаемая продолжительность жизни. Комплексный анализ вышеперечисленных показателей позволяет более точно оценить уровень здоровья населения и использовать полученные данные для сравнительной характеристики различных федеральных округов [22, 23].

Заболеваемость по данным обращаемости рассматривают как индикаторный показатель, отражающий доступность медицинской помощи и уровень выявляемости заболеваний, который определяется такими факторами, как мощность медицинской организации, обеспеченность населения врачами первичного звена, а также среднее число обращений к врачу по поводу заболевания и/или с целью профилактики. Помимо непосредственного влияния качественных характеристик указанных факторов на уровень заболеваемости, значимым является и совокупное воздействие их количественных сочетаний [24].

В результаты проведённого анализа демонстрируют, что на протяжении рассматриваемого периода показатели общей и первичной заболеваемости имели тенденцию к увеличению. Тем не менее в 2020 году зафиксировано их значительное снижение, что связано с перераспределением плановых объёмов первичной медико-санитарной помощи в условиях пандемии COVID-19. Кроме того, в данный период отмечено снижение обращаемости населения в медицинские организации, в частности с целью профилактики [25, 26].

Проведённый анализ показал, что динамика показателей первичной и общей заболеваемости характеризовалась сходной направленностью практически во всех федеральных округах. Исключение составили ЦФО и ЮФО. При этом, согласно опубликованным данным, субъекты с различной динамикой заболеваемости, как правило, отличаются по организационно-структурным характеристикам, включая обеспеченность населения врачами первичного звена, мощность амбулаторно-поликлинических медицинских организаций и среднее число обращений к врачу [27].

Анализ, который мы провели, продемонстрировал, что в а период с 2010 по 2023 год отмечено увеличение показателей общей заболеваемости почти во всех федеральных округах. Однако установлены значительные различия в показателях интенсивности и характеристиках скорости изменения направлений динамики, что подтверждено значениями коэффициентами темпов прироста.

Самый высокий уровень общей заболеваемости зафиксирован в 2023 году в СЗФО и ПФО (см. табл. 1).

В свою очередь, самый высокий показатель первичной заболеваемости зарегистрирован в 2022 году в СЗФО, УФО и ПФО (см. табл. 4).

Анализ темпов наращивания общей заболеваемости за 2010–2023 гг. свидетельствует о тенденции к замедлению её формирования как в целом по РФ, так и для большинства федеральных округов (СЗФО, ЮФО, ПФО, УФО, СФО, ДФО). Вместе с тем ускорение темпов прироста общей заболеваемости, а, следовательно, и увеличение хронической патологии отмечают в ЦФО и СКФО. Формирование первичной заболеваемости в исследуемом временном интервале замедляется в целом по РФ, а также в ЦФО, СЗФО, СКФО, ПФО, СФО, ДФО, тогда как ускорение отмечено в двух федеральных округах: ЮФО и УФО.

Следовательно, можно предположить, что характер тенденций общей и первичной заболеваемости населения определяется не только временными характеристиками, а обусловлен совокупным воздействием множества факторов, требующих отдельного и углублённого изучения.

Уровень заболеваемости нередко отражает внутренние процессы, происходящие в системе здравоохранения, степень эффективности принимаемых управленческих решений, а также характеризует доступность медицинской помощи для населения и оптимальность распределения имеющихся материальных ресурсов.

Различия в показателях общей и первичной заболеваемости как в целом по стране, так и между федеральными округами обусловлены, как правило, климатогеографическими, социально-экономическими, социокультурными и даже этническими особенностями территорий. Помимо вышеперечисленных факторов, динамика уровней заболеваемости по данным обращаемости определяется не только изменениями состоянии здоровья населения, но и особенностями маршрутизации пациентов, наличием необходимых специалистов, а также точностью регистрации случаев заболеваний. Для более глубокого понимания причин изменений показателей общей и первичной заболеваемости необходим многофакторный анализ, что открывает перспективы для дальнейших научных исследований по данной тематике.

Установленные тенденции показателей общей и первичной заболеваемости в разрезе федеральных округов имеют важное значение для организаторов здравоохранения, поскольку на основании данных прогноза можно планировать объёмы медицинской помощи и необходимые ресурсы для обеспечения доступности медицинской помощи населению регионов.

Здоровье населения нашей страны — высшая ценность. В связи с этим приоритетным направлением должно стать формирование современной, эффективно функционирующей и адаптивной системы охраны его здоровья. Ключевым условием её развития остаётся обеспечение доступности медицинской помощи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты анализа демонстрируют, что в период с 2010 по 2023 год в целом по РФ наблюдают увеличение

показателей общей заболеваемости (темпы прироста — 7,901%). В 2023 году самый высокий её уровень зафиксирован в СЗФО (217 564,5 на 100 тыс. населения) и ПФО (192 854,6 на 100 тыс. населения). По темпу прироста наибольшая интенсивность отмечена в УФО (+20,453%) и СЗФО (+20,389%).

Анализ коэффициента общей заболеваемости населения РФ продемонстрировал, что 62,88% вариальности данного показателя обусловлено изменением временного параметра. При этом выявлена неустойчивая тенденция к росту его значений, параметры трендовой модели статистически значимы ($MAPE=0,97$; $F_{\text{расчётный}}=9,3169 > F_{\text{критический}}=3,9823$; $p=0,006$).

Кроме того, за анализируемый период в РФ зафиксировали увеличение первичной заболеваемости (темпы прироста — 4,601%). Самый высокий её показатель отмечен в 2022 году в СЗФО (111 388,1 на 100 тыс. населения), УФО (100 281,7 на 100 тыс. населения) и ПФО (95 978,1 на 100 тыс. населения). В двух округах в 2023 году зафиксировали его снижение — ЦФО (73 901,8 на 100 тыс. населения) и ЮФО (67 781,6 на 100 тыс. населения) с темпом среднегодовой убыли, равным соответственно 0,786 и 2,126%.

Выраженная устойчивая тенденция к увеличению первичной заболеваемости с высокой значимостью трендовой модели установлена только для СЗФО ($R^2=0,7225$; $MAPE=2,87$; $F_{\text{расчётный}}=14,3198 > F_{\text{критический}}=3,9823$; $p=0,002$) и УФО ($R^2=0,7530$; $MAPE=2,60$; $F_{\text{расчётный}}=16,7652 > F_{\text{критический}}=3,9823$; $p=0,001$). Неустойчивый характер тенденции наблюдают в трендовых моделях ЦФО ($R^2=0,5393$; $MAPE=1,97$) и РФ в целом ($R^2=0,4354$; $MAPE=2,24$).

Прогноз общей и первичной заболеваемости населения на среднесрочную перспективу показывает увеличение показателей во всех федеральных округах. В зоне риска по прогнозным уровням общей и первичной заболеваемости находятся СЗФО (225 468,9 и 125 171,2 на 100 тыс. населения соответственно), ПФО (207 400,3 и 102 861,3 на 100 тыс. населения соответственно) и УФО (204 569,4 и 117 889,8 на 100 тыс. населения соответственно).

Анализ средних коэффициентов роста общей и первичной заболеваемости и коэффициента опережения показывает, что скорость изменения общей заболеваемости населения превышает таковую по первичной заболеваемости практически по всем федеральным округам, включая РФ в целом.

Кроме того, темпы наращивания свидетельствуют о замедлении процесса формирования общей и первичной заболеваемости почти во всех федеральных округах,

что позволяет сделать вывод об отсутствии строгой зависимости установленных тенденций исключительно от временных параметров.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. О.В. Медведева — концепция и дизайн исследования, анализ литературных данных; Л.И. Меньшикова — концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта текста рукописи; И.М. Сон — редактирование текста рукописи; Н.В. Чвырева — написание первого варианта текста рукописи; И.Н. Большов, Э.В. Зимина — сбор и 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. Неприменимо, так как анализ включал ретроспективное исследование данных официальной статистики из открытого доступа за период с 2010 по 2023 гг.

Источники финансирования. Отсутствуют.

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

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

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

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

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. Medvedeva: conceptualization and study design, reference data review; L.I. Menshikova: conceptualization and study design, final approval of the manuscript; I.M. Son: writing—review & editing; N.V. Chvyreva: writing—original draft; I.N. Bolshov, E.V. Zimina: data collection and analysis. All authors approved the version of the manuscript to be published and agree 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, since the analysis included a retrospective study of official statistics from open access for the period from 2010 to 2023.

Funding sources: No funding.

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

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

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

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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Starodubov VI, Stupak VS, Manoshkina EM, et al. The morbidity of adult population in the Russian Federation and its Federal Okrugs and Subjects in 2016–2022. *Problems of Social Hygiene Public Health and History of Medicine*. 2024;32(6):1220–1226. doi: 10.32687/0869-866X-2024-32-6-1220-1226 EDN: PGLYJO
- Grebenshnikova AA. Health as the main indicator of the quality of life of the population. *Vestnik sovremennykh issledovanij*. 2018;(12.1):62–64. (In Russ.) EDN: YSQLYD
- Ivanova SN. Public health and health care development in the regions of Russia. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021;13(2):47–63. doi: 10.12731/2658-6649-2021-13-2-47-63 EDN: PTOZFH
- Vorobiev MV, Kharitonova TI, Kholmogorskaya OV, et al. Analysis of the morbidity of the adult population attached to a medical organization. *Current problems of health care and medical statistics*. 2023;(4):357–369. doi: 10.24412/2312-2935-2023-4-357-369 EDN: VHJBUW
- Skipin DL, Yukhtanova YuA, Kryzhanovskii OA, Tokmakova EG. Life expectancy in Russia's regions. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2022;15(2):156–171. doi: 10.15838/esc.2022.2.80.10 EDN: YJLWOW
- Shubin EV, Shubin EE, Strykov AK. Modern approaches to the culture of organizing the preservation of the health of the adult population. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i social'no-ekonomicheskikh nauk*. 2023;(S97-1):117–120. EDN: WOFXXG
- Chernyshyov AV, Irzhaev DI, Zolotukhina AY, et al. Population health status as one of the indicators of modern society development. *Avicenna Bulletin*. 2022;24(1):103–112. doi: 10.25005/2074-0581-2022-24-1-103-112 EDN: MFFGOQ
- Alexandrova GA, Golubev NA, Kobayakova OS, et al. *Morbidity rate of the adult population of Russia in 2021 with a diagnosis established for the first time in life: statistical materials*. Moscow: Federal Research Institute for Health Care Organization and Information; 2022. (In Russ.) doi: 10.21045/978-5-94116-073-0-2022 EDN: KDJVBC
- Kotov EG, Alexandrova GA, Kobayakova OS, et al. *General morbidity of the adult population of Russia in 2021: statistical materials*. Moscow: Federal Research Institute for Health Care Organization and Information; 2022. (In Russ.) doi: 10.21045/978-5-94116-074-7-2022 EDN: DVUUBZ
- Averin YP. Change in the quality of life of the Russian population as a factor of the value structure transformation. *Moscow State University Bulletin. Series 18. Sociology and Political Science*. 2021;27(1):85–111. doi: 10.24290/1029-3736-2021-27-1-85-111 EDN: WJNGPT
- Pinkovetskaia YuS. Assessing the development of the regional health care systems in Russia. *Management Issues*. 2022;(5):34–46. doi: 10.22394/2304-3369-2022-5-34-46 EDN: QSRHWG
- Berova FZh. Comparative analysis of morbidity and mortality at various levels. *News of the Kabardin-Balkar Scientific Center of RAS*. 2019;4(90):31–39. doi: 10.35330/1991-6639-2019-4-90-31-39 EDN: JVGXDI
- Proskurina NV. Health conditions of the population in the Russian Federation: statistical aspect. *Vestnik Altajskoj akademii jekonomiki i prava*. 2020;(6-1):77–83. doi: 10.17513/vael.1167 EDN: KZTZWW
- Budilova EV, Migranova LA. Spread of socially significant diseases and control of them in Russia. *Population*. 2020;23(2):85–98. doi: 10.19181/population.2020.23.2.8 EDN: NDJGXE
- Medik VA. Population morbidity: history, current status and methodology of study. Moscow: KnoRus; 2023. (In Russ.) ISBN: 978-5-406-11162-8 EDN: XGHUFW
- Vaslavskaya IYu, Zinuriva GK, Kashipova GM. Issue and evaluation of identified problems in the implementation of state programs to support health care. *Economics and management of a national economy*. 2020;10(1-1):601–609. doi: 10.34670/AR.2020.91.1.066 EDN: BXHXHH
- Zagdyn ZM, Zudin AB, Denyushenkov V.L. Strategies in tackling long-term and socially determined biological challenges worsening public health. *Public Health and Life Environment - Ph&Le*. 2024;32(9):7–18. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-9-7-18 EDN: IRSNEK
- Makhmutov AA, Zhelevskaya VV. Features of primary and general morbidity attached adult population (for example city Hospital named after M.I. Shevchuk of Komsomolsk-on-Amur). *Vestnik obshchestvennogo zdorov'ja i zdavoohranenija Dal'nego Vostoka Rossii*. 2024;(1):25–31. EDN: GUFAEA
- Polikarpov AV, Sankova MV, Golubev NA, et al. Characteristics of territorial planning models in healthcare. *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2023;26(7):45. doi: 10.17116/profmed20232607145 EDN: OJPFDB
- Budilova EV, Lagutin MB, Migranova LA. Impact of the demographic and socio-economic factors on the population health. *Population*. 2019;22(3):80–92. doi: 10.24411/1561-7785-2019-00028 EDN: NXOLUX
- Regions of Russia. Socio-economic indicators: statistical collection*. Moscow: Rosstat; 2022. (In Russ.) [cited 2024 Dec 9]. Available from: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2022.pdf
- Aksenova EI, Grechushkina NA, Kameneva TN, et al. *Public Health: Evolution of the Concept in Strategic Documents on Health Protection and Healthcare Development in Countries of the World*. Moscow: Research Institute for Healthcare Organization and Medical Management of Moscow Healthcare Department; 2021. (In Russ.) ISBN: 978-5-907404-59-5 EDN: DEPPRF
- Saginbaev UR, Akhmedov TA, Rukavishnikova SA, Davydova EP. Analysis of the rate and changes in the incidence of age-related diseases (by medical care uptake) in 2018–2022 (through the example of a municipal hospital in Saint Petersburg). *Bulletin of Siberian Medicine*. 2025;23(4):129–135. doi: 10.20538/1682-0363-2024-4-129-135 EDN: QFEVAG
- Perkhov VI, Gridnev OV. COVID-19 pandemic lessons for policy in the field of public health. *Current problems of health care and medical statistics*. 2020;(2):206–222. doi: 10.24411/2312-2935-2020-00043 EDN: ZMDDLH
- Malofeeva EV. Medium-term adaptation of public health systems under the influence of the COVID-19 pandemic: challenges and proposals. *Population and Economics*. 2020;4(2):77–80. doi: 10.3897/popecon.4.e53612 EDN: PDLCLY
- World Health Organization. Responding to noncommunicable diseases during the COVID-19 Pandemic and Beyond. Geneva: World Health Organization; 2020 [cited 2024 Dec 23]. Available from: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/334145/%20WHO-2019-nCoV-Non-communicable_diseases-Policy_brief-%202020.1-rus.pdf?sequence=17&isAllowed=y
- Chigrina VP, Khodakova OV, Tyufilin DS, et al. Analysis of the trend in the morbidity of the population of the Russian Federation considering the factors affecting the availability of general medical services. *Health care of the Russian Federation*. 2023;67(4):275–283. doi: 10.47470/0044-197X-2023-67-4-275-283 EDN: JQGEXM

ОБ АВТОРАХ

***Медведева Ольга Васильевна**, д-р мед. наук, профессор;
адрес: Россия, 390026, Рязань, ул. Высоковольтная, д. 9;
ORCID: 0000-0002-3637-9062;
eLibrary SPIN: 8808-5837;
e-mail: medvedeva1104@mail.ru

Меньшикова Лариса Ивановна, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-3034-9014;
eLibrary SPIN: 9700-6736;
e-mail: menshikova1807@gmail.com

Сон Ирина Михайловна, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0001-9309-2853;
eLibrary SPIN: 8288-6706;
e-mail: sonirinami@gmail.com

Чвырева Наталья Владимировна, канд. мед. наук,
доцент;
ORCID: 0000-0003-1138-3900;
eLibrary SPIN: 1397-4374;
e-mail: nchvyreva@bk.ru

Большов Иван Николаевич, канд. мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0001-7271-4035;
eLibrary SPIN: 9874-1020;
e-mail: Ivan-bolshov89@yandex.ru

Зими́на Эльви́ра Вита́льевна, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-3590-753X;
eLibrary SPIN: 4683-5052;
e-mail: zev@koziz.ru

AUTHORS' INFO

***Olga V. Medvedeva**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
address: 9 Visokovoltnaya st, Ryazan, Russia, 390026;
ORCID: 0000-0002-3637-9062;
eLibrary SPIN: 8808-5837;
e-mail: medvedeva1104@mail.ru

Larisa I. Menshikova, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0002-3034-9014;
eLibrary SPIN: 9700-6736;
e-mail: menshikova1807@gmail.com

Irina M. Son, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0001-9309-2853;
eLibrary SPIN: 8288-6706;
e-mail: sonirinami@gmail.com

Natalya V. Chvyreva, MD, Cand. Sci. (Medicine),
Associate Professor;
ORCID: 0000-0003-1138-3900;
eLibrary SPIN: 1397-4374;
e-mail: nchvyreva@bk.ru

Ivan N. Bolshov, MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor;
ORCID: 0000-0001-7271-4035;
eLibrary SPIN: 9874-1020;
e-mail: Ivan-bolshov89@yandex.ru

Elvira V. Zimina, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0002-3590-753X;
eLibrary SPIN: 4683-5052;
e-mail: zev@koziz.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Региональные особенности динамики общей заболеваемости психическими расстройствами сотрудников органов внутренних дел Российской Федерации в г. Москве

Е.Г. Ичитовкина^{1,2}, А.Г. Соловьёв², С.В. Жернов³, З.А. Шугушева⁴

¹ Центральная поликлиника № 2, Москва, Россия;

² Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия;

³ Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, Тамбов, Россия;

⁴ Поликлиника № 1, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Сохранение психического здоровья и продление профессионального долголетия сотрудников органов внутренних дел Российской Федерации — приоритетные задачи ведомственного здравоохранения. Актуален комплексный анализ не только первичной, но и общей заболеваемости, необходимый для совершенствования профилактической и лечебной помощи. Учитывая влияние экстремальных факторов и специфику служебной деятельности, целесообразно проводить динамический анализ показателей психической заболеваемости с учётом региональных особенностей.

Цель. Анализ динамики общей заболеваемости психическими расстройствами среди сотрудников органов внутренних дел Российской Федерации на примере г. Москвы.

Материалы и методы. Исследование основано на официальных отчётных данных медицинских организаций Министерства внутренних дел Российской Федерации по г. Москве за 16-летний период. Анализировали показатели общей заболеваемости психическими расстройствами и трудопотерь среди сотрудников, имеющих специальные звания. Расчёты проводили на 1 тыс. сотрудников (‰). Оценивали основные рубрики V класса Международной классификации болезней 10-го пересмотра. Кроме того, проанализированы такие показатели динамики, как абсолютный прирост, темпы роста и прироста, базисный индекс, а также коэффициенты корреляции между общей заболеваемостью психическими расстройствами и трудопотерями.

Результаты. Установлено, что в период с 2008 по 2022 год наблюдали тенденцию к росту общей заболеваемости психическими расстройствами, преимущественно за счёт увеличения числа случаев невротических, стресс-ассоциированных и соматоформных расстройств. При этом заболеваемость расстройствами поведения, связанными с физиологическими нарушениями и физическими факторами, а также расстройствами зрелой личности и поведения у взрослых характеризовалась стабильно низким уровнем и не превышала 0,33‰. Общая заболеваемость психическими расстройствами варьировал от 7,00 до 11,24‰. Одновременно фиксировали устойчивое снижение количества случаев и дней временной нетрудоспособности, а также стабилизацию средней длительности одного случая трудопотерь. Выявлена сильная положительная корреляция ($r=0,91$) между уровнями психической заболеваемости и трудопотерь.

Заключение. Результаты демонстрируют значительную вариативность общей заболеваемости психическими расстройствами у сотрудников органов внутренних дел по г. Москве, на рост которой преимущественно повлияли стрессовые и невротические расстройства. Одновременно отмечено снижение числа случаев и дней трудопотерь, а также стабилизация средней продолжительности временной нетрудоспособности. Такие изменения могут быть обусловлены целым рядом факторов — от организационных до демографических, включая изменения структуры личного состава, подходов к диагностике и регистрации психических расстройств. Рост выявляемости на фоне сниженной стигматизаций и повышенной доступности специализированной помощи требует дальнейших исследований с использованием математико-статистических методов. Данные могут служить основой для совершенствования мониторинга психического здоровья и разработки комплексных программ психопрофилактики в органах внутренних дел Российской Федерации.

Ключевые слова: психические расстройства; общая заболеваемость; трудопотери; сотрудники органов внутренних дел.

Как цитировать:

Ичитовкина Е.Г., Соловьёв А.Г., Жернов С.В., Шугушева З.А. Региональные особенности динамики общей заболеваемости психическими расстройствами сотрудников органов внутренних дел Российской Федерации в г. Москве // Экология человека. 2024. Т. 31, № 12. С. 878–892. DOI: 10.17816/humeco643546 EDN: VRZDRN

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643546>

EDN: VRZDRN

Regional Features of the Dynamics of Overall Morbidity Due to Mental Disorders Among Employees of the Internal Affairs Bodies of the Russian Federation in Moscow

Elena G. Ichitovkina^{1,2}, Andrey G. Soloviev², Sergey V. Zhernov³, Zarina A. Shugusheva⁴

¹ Central Polyclinic No. 2, Moscow, Russia;

² Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia;

³ Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russia;

⁴ Polyclinic No. 1, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Preserving mental health and extending the professional longevity of law enforcement personnel in the Russian Federation are among the primary goals of the departmental healthcare system. A comprehensive analysis of not only primary but also overall morbidity is relevant for improving preventive and therapeutic interventions. Considering the influence of extreme factors and the specifics of official duties, an analysis of trends over time of mental disorder morbidity should take into account regional characteristics.

AIM: The work aimed to analyze the trends in the overall morbidity of mental disorders among law enforcement personnel of Russian Federation, as exemplified by the city of Moscow.

METHODS: The study is based on official reporting data from medical institutions of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation in Moscow over a 16-year period. Indicators of overall morbidity due to mental disorders and work incapacity were analyzed in employees with official ranks. Calculations were performed per 1,000 personnel (‰). The main categories of ICD-10 Chapter V were assessed. Additionally, indicators of temporal change such as absolute growth, growth and increase rates, base index, and correlation coefficients between overall mental disorder morbidity and work incapacity were evaluated.

RESULTS: From 2008 to 2022, a general upward trend in overall morbidity due to mental disorders was observed, mainly due to an increase in cases of neurotic, stress-related, and somatoform disorders. At the same time, morbidity rates for behavioral disorders associated with physiological disturbances and physical factors, as well as personality and behavioral disorders in adults, remained consistently low and did not exceed 0.33‰. The overall morbidity rate for mental disorders ranged from 7.00 to 11.24‰. Simultaneously, a steady decrease in the number of cases and days of temporary work incapacity was recorded, along with stabilization in the average duration of a single incapacity case. A strong positive correlation was found ($r = 0.91$) between mental disorder morbidity and work incapacity rates.

CONCLUSION: The results demonstrate significant variability in overall mental disorder morbidity among law enforcement personnel in Moscow, with stress-related and neurotic disorders being the main contributors to the upward trend. At the same time, a decrease in the number of work incapacity cases and days, along with stabilization of their average duration, was noted. These changes may be influenced by a range of factors, from organizational to demographic, including changes in staff composition and approaches to diagnosis and registration of mental disorders. The increased detection of mental disorders, against the backdrop of reduced stigmatization and improved access to specialized care, calls for further research using mathematical and statistical methods. The findings may serve as a basis for improving mental health monitoring and developing comprehensive mental health prevention programs within law enforcement agencies of the Russian Federation.

Keywords: mental disorders; overall morbidity; work incapacity; internal affairs personnel.

To cite this article:

Ichitovkina EG, Soloviev AG, Zhernov SV, Shugusheva ZA. Regional features of the dynamics of overall morbidity due to mental disorders among employees of the Internal Affairs Bodies of the Russian Federation in Moscow. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(12):878–892. DOI: 10.17816/humeco643546 EDN: VRZDRN

Submitted: 29.12.2024

Accepted: 05.05.2025

Published online: 15.06.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643546>

EDN: VRZDRN

莫斯科市俄罗斯内务机关工作人员精神障碍总体发病率动态的区域特征

Elena G. Ichitovkina^{1,2}, Andrey G. Soloviev², Sergey V. Zhernov³, Zarina A. Shugusheva⁴

¹ Central Polyclinic No. 2, Moscow, Russia;

² Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia;

³ Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russia;

⁴ Polyclinic No. 1, Moscow, Russia

摘要

论证。维护俄罗斯联邦内务机关工作人员的心理健康与延长其职业寿命是部门医疗体系的优先任务。亟需对不仅限于初次发病率，还包括总体发病率进行综合分析，以完善预防和治疗工作。鉴于极端因素的影响及执勤活动的特殊性，有必要结合地区特征，对精神障碍总体发病率进行动态分析。

目的。以莫斯科市为例，分析俄罗斯内务机关工作人员精神障碍总体发病率的动态变化。

材料与方法。本研究基于Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation驻莫斯科市医疗机构在2008 - 2022年间的官方统计报告数据。分析内容包括拥有特种军衔人员的精神障碍总体发病率及其导致的劳动力损失。各项指标按每千名工作人员(%)计算。重点评估国际疾病分类第十版第V类的主要诊断分类。另评估动态变化指标，如绝对增长、增长率与增速、基期指数，以及精神障碍总体发病率与劳动力损失之间的相关系数。

结果。在2008至2022年期间，精神障碍总体发病率呈总体上升趋势，主要由于神经症、应激相关障碍及躯体形式障碍的病例数增加所致。与此同时，与生理紊乱和躯体因素相关的行为障碍，以及成年期人格与行为障碍的发病率始终保持在稳定的低水平，未超过0.33%。总体发病率波动范围为7.00 - 11.24%。与此同时，暂时丧失劳动能力的病例数和病休天数稳定下降，单次病休的平均时长趋于稳定。精神障碍总体发病率与劳动力损失之间存在高度正相关关系($r=0.91$)。

结论。研究结果显示，莫斯科市内务机关工作人员精神障碍总体发病率存在显著波动，其中以应激性和神经性障碍为主要增长因素。与此同时，劳动力损失的频率和总天数呈下降趋势，单次病休的平均时长保持稳定。这些变化可能由多种因素造成——从组织层面的调整到人口结构的变化，包括人员构成、精神障碍的诊断方式和登记方法的改变。在污名化减弱和专业帮助可及性提高的背景下，精神障碍检出率的上升趋势亟需通过数理统计方法开展进一步研究。这些数据可为完善俄罗斯内务机关心理健康监测体系和制定综合性精神卫生预防干预方案提供依据。

关键词：精神障碍；总体发病率；劳动力损失；内务机关工作人员。

引用本文：

Ichitovkina EG, Soloviev AG, Zhernov SV, Shugusheva ZA. 莫斯科市俄罗斯内务机关工作人员精神障碍总体发病率动态的区域特征. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(12):878–892. DOI: 10.17816/humeco643546 EDN: VRZDRN

收到: 29.12.2024

接受: 05.05.2025

发布日期: 15.06.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Поддержание психического здоровья и продление профессиональной деятельности сотрудников органов внутренних дел (ОВД) Российской Федерации (РФ) — стратегические задачи системы ведомственного здравоохранения, определяющие приоритеты профилактической, реабилитационной и медицинской работы с личным составом [1]. Высокий уровень психоэмоционального напряжения, характерный для служебной деятельности сотрудников ОВД, особенно при выполнении оперативных и служебно-боевых задач в экстремальных условиях, значительно повышает риск психических нарушений в данной профессиональной группе [2]. Психические расстройства лёгкой степени, поддающиеся терапии и перенесённые сотрудниками ОВД, не рассматривают как основание для отстранения от службы. Однако с учётом специфики профессиональной деятельности они требуют динамического наблюдения со стороны врача-психиатра в целях предупреждения возможных обострений и обеспечения психической устойчивости личного состава [3]. А.М. Резник [4] полагает, что служебная деятельность сотрудников силовых структур сопряжена с высоким риском развития зависимого поведения, в частности злоупотребления алкоголем, что часто выступает следствием хронического психоэмоционального напряжения и неадекватной переработки травматического опыта. С.Н. Барыльник и соавт. [5] подчёркивают, что участие в боевых действиях и выполнение задач в условиях повышенной опасности способствует развитию посттравматического стрессового расстройства со специфической симптоматикой, требующей комплексного подхода к диагностике и лечению.

И.Ю. Субота [6] акцентирует внимание на значении личностных механизмов психологической адаптации, рассматривая их как ключевой фактор сохранения психической устойчивости сотрудников силовых ведомств при воздействии профессионального стресса. А.Г. Фаустова и соавт. [7] раскрывают важность учёта геномных и эпигенетических факторов, определяющих индивидуальную предрасположенность к психическим расстройствам в условиях служебной нагрузки, что обосновывает необходимость персонифицированного подхода к медицинскому наблюдению и психопрофилактике. Т.А. Шмарина [8] рассматривает аутентичность личности как внутренний ресурс, способствующий устойчивости к травматическому стрессу и повышающий адаптационные возможности в условиях экстремального профессионального давления. При повторном развитии патологической симптоматики, даже на уровне отдельных синдромальных проявлений, сотрудник подлежит обязательному прохождению повторного курса терапии, его временно отстраняют от выполнения служебных обязанностей, связанных с ношением табельного огнестрельного оружия, и включают в систему регулярного динамического наблюдения у врача-психиатра. Именно поэтому особую значимость

приобретает не только анализ динамики впервые выявленных психических расстройств среди личного состава, но и комплексная оценка общей заболеваемости. Это позволяет совершенствовать профилактическую и лечебно-реабилитационную работу с учётом структуры, уровня заболеваемости и профессиональных факторов формирования психических расстройств [9]. Важно анализировать не только динамику впервые выявленных психических расстройств, но и общую заболеваемость среди личного состава, что позволяет обоснованно совершенствовать профилактическую и лечебную помощь с опорой на данные о распространённости и особенностях формирования психических нарушений [10]. Кроме того, целесообразно проводить динамический анализ психических расстройств у сотрудников ОВД с учётом региональных особенностей, поскольку характер служебной деятельности в крупных мегаполисах, приграничных областях, высокогорной местности и северных регионах РФ имеет существенные различия в зависимости от воздействия внешних экстремальных факторов.

Цель

Анализ динамики общей заболеваемости психическими расстройствами сотрудников ОВД РФ на примере г. Москвы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ медико-статистических показателей заболеваемости психическими расстройствами среди сотрудников ОВД по г. Москве проведён в 2024 году на основании данных ежегодных отчётных форм № 7-ПСИ, предоставленных медицинскими организациями, подведомственными Министерству внутренних дел (МВД) РФ и расположенными в г. Москве, за период с 2008 по 2023 год. Объект исследования — показатели общей заболеваемости психическими расстройствами (ОЗПР) и трудопотерь среди сотрудников ОВД, имеющих специальные звания. Анализ осуществляли на основе базы данных, сформированной по результатам отчётов за 16-летний период наблюдения.

В расчётах учитывали основные категории психических расстройств, входящие в V класс Международной классификации болезней 10-го пересмотра (МКБ-10):

- F00–F09 — органические, включая симптоматические, психические расстройства;
- F10–F19 — психические расстройства и расстройства поведения, связанные с употреблением психоактивных веществ;
- F20–F29 — шизофрения, шизотипические и бредовые расстройства;
- F30–F39 — расстройства настроения (аффективные расстройства);
- F40–F48 — невротические, связанные со стрессом, и соматоформные расстройства;

- F50–F59 — поведенческие синдромы, связанные с физиологическими нарушениями и физическими факторами;
- F60–F69 — расстройства личности и поведения в зрелом возрасте.

Статистический анализ

Показатели уровня заболеваемости, количества зарегистрированных случаев и объёма дней временной нетрудоспособности рассчитывали на 1 тыс. сотрудников (‰). Показатель трудопотерь определяли как число календарных дней временной нетрудоспособности на 1 тыс. сотрудников за календарный год:

Общее число дней временной нетрудоспособности

Трудопотери=

Среднегодовая численность сотрудников

×1000. (1)

Такой способ позволяет стандартизировать оценку утраты трудоспособности вне зависимости от колебаний

численности личного состава и применять показатель для сравнения по годам и между категориями заболеваний.

При анализе динамики заболеваемости психическими расстройствами за 2008–2023 гг. рассчитаны ключевые статистические индикаторы:

- абсолютный прирост;
- темп роста;
- темп прироста;
- базисный индекс.

Проведено сопоставление уровня заболеваемости с показателями трудопотерь. Расчёт степени взаимосвязи осуществляли с использованием коэффициента корреляции Пирсона (*r*), применяемого для анализа линейной зависимости между количественными переменными.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно данным табл. 1, отмечено увеличение уровня ОЗПР среди сотрудников ОВД г. Москвы с 2008

Таблица 1. Общая заболеваемость психическими расстройствами у сотрудников органов внутренних дел г. Москвы, ‰

Table 1. Overall morbidity of mental disorders among internal affairs personnel in Moscow, ‰

Год Year	Классы Международной классификации болезней 10-го пересмотра ICD-10 Classifications							Всего Total
	F00–F09	F10–F19	F20–F29	F30–F39	F40–F48	F50–F59	F60–F69	
2008	0,81	0,41	0,03	0,12	5,59	0,02	0,02	7,00
2009	0,88	0,53	0,02	0,29	6,53	0,09	0,03	6,76
2010	0,79	0,36	0,02	0,31	6,12	0,09	0,03	7,07
2011	0,62	0,38	0,02	0,21	5,74	0,09	0,03	7,50
2012	0,66	0,41	0,02	0,28	5,60	0,09	0,03	7,86
2013	0,67	0,47	0,03	0,16	5,67	0,09	0,03	8,38
2014	0,76	0,48	0,03	0,12	6,40	0,09	0,02	8,91
2015	1,05	0,50	0,05	0,10	6,55	0,10	0,03	8,64
2016	0,97	0,33	0,05	0,09	5,59	0,05	0,03	7,74
2017	0,81	0,41	0,03	0,12	5,59	0,02	0,02	7,00
2018	0,71	0,26	0,10	0,12	6,90	0,03	0,02	8,14
2019	0,76	0,22	0,03	0,14	7,60	0,02	0,02	8,48
2020	0,48	0,33	0,07	0,10	7,69	0,12	0,02	8,81
2021	0,41	0,48	0,05	0,05	8,91	0,33	0,00	10,24
2022	0,41	0,36	0,03	0,09	10,03	0,28	0,03	11,24
2023	0,40	0,31	0,03	0,05	6,03	0,12	0,02	6,97

Примечание. F00–F09 — органические, включая симптоматические, психические расстройства; F10–F19 — психические расстройства и расстройства поведения, связанные с употреблением психоактивных веществ; F20–F29 — шизофрения, шизотипические и бредовые расстройства; F30–F39 — расстройства настроения (аффективные расстройства); F40–F49 — невротические, связанные со стрессом, и соматоформные расстройства; F50–F59 — поведенческие синдромы, связанные с физиологическими нарушениями и физическими факторами; F60–F69 — расстройства личности и поведения в зрелом возрасте.

Note: F00–F09—Organic, including symptomatic, mental disorders; F10–F19—Mental and behavioral disorders due to psychoactive substance use; F20–F29—Schizophrenia, schizotypal, and delusional disorders; F30–F39—Mood (affective) disorders; F40–F48—Neurotic, stress-related, and somatoform disorders; F50–F59—Behavioral syndromes associated with physiological disturbances and physical factors; F60–F69—Disorders of adult personality and behavior.

по 2022 год с 7,00 до 11,24‰ соответственно, при этом в 2023 году зарегистрировано его снижение до 6,97‰.

Анализ уровня общей заболеваемости органическими психическими расстройствами (F00–F09) у сотрудников ОВД в г. Москве за период с 2008 по 2023 год показал стабильно низкие значения, достигавшие максимума в 2015 году, с последующим снижением более чем в два раза в 2023 году. Заболеваемость, связанная с употреблением психоактивных веществ (F10–F19), сохранялась на относительно стабильном уровне. Расстройства шизофренического спектра и шизоаффективные расстройства (F20–F29) характеризовались крайне низким заболеваемостью на протяжении всего периода наблюдения. Уровень заболеваемости аффективными расстройствами (F30–F39) демонстрировал колебания, достигнув максимума в 2010 году, с последующим устойчивым снижением до 2023 года (см. табл. 1).

Наиболее значимый рост общей заболеваемости среди сотрудников ОВД по г. Москве зафиксирован при невротических, связанных со стрессом и соматоформных расстройств (F40–F48) (см. табл. 1), что требует углублённого анализа причин и факторов, способствующих формированию стресс-ассоциированных расстройств в данной профессиональной группе, или может отражать дестигматизацию и повышение доступности психиатрической помощи.

Заболеваемость поведенческими синдромами, связанными с физиологическими нарушениями и физическими факторами, а также расстройствами личности и поведения в зрелом возрасте (F50–F59 и F60–F69 соответственно) на протяжении всего анализируемого периода была стабильно низкой (см. табл. 1).

Показатели динамики ОЗПР среди сотрудников органов внутренних дел г. Москвы в 2008–2023 гг. продемонстрированы в табл. 2. В 2009 году отмечено незначительное снижение её уровня, что соответствует отрицательному абсолютному приросту и его темпу. В 2010–2014 гг. прослеживается положительная динамика, с постепенным увеличением абсолютных значений ОЗПР. В этот период наблюдали постепенное увеличение показателей, что отражает устойчивую тенденцию роста. Небольшое снижение в 2015–2016 гг. может быть связано с временными мерами профилактического характера или изменением учётных процедур. С 2018 по 2022 год вновь наблюдали устойчивый рост, особенно выраженный в 2018 и 2021 году (см. табл. 2). Полученные результаты указывают на значительное усиление регистраций психических расстройств, вероятно, связанное с улучшением выявляемости, снятием стигмы обращения за помощью, а также увеличением психоэмоциональной нагрузки на сотрудников ОВД в указанные годы. Резким снижением

Таблица 2. Показатели динамики общей заболеваемости психическими расстройствами среди сотрудников органов внутренних дел г. Москвы в 2008–2023 гг.

Table 2. Trends in the overall morbidity of mental disorders among law enforcement personnel in Moscow, 2008–2023

Год Year	Всего, ‰ Total, ‰	Абсолютный прирост Absolute increase	Темп роста, % Growth rate, %	Темп прироста, % Increase rate, %	Базисный индекс ¹ Base index ¹
2008	7,00	—	—	—	100,00
2009	6,76	–0,24	96,57	–3,43	96,57
2010	7,07	0,31	104,59	4,59	101,00
2011	7,50	0,43	106,08	6,08	107,14
2012	7,86	0,36	104,80	4,80	112,29
2013	8,38	0,52	106,62	6,62	119,71
2014	8,91	0,53	106,32	6,32	127,29
2015	8,64	–0,27	96,97	–3,03	123,43
2016	7,74	–0,90	89,58	–10,42	110,57
2017	7,00	–0,74	90,57	–9,43	100,00
2018	8,14	1,14	116,29	16,29	116,29
2019	8,48	0,34	104,18	4,18	121,14
2020	8,81	0,33	103,89	3,89	125,86
2021	10,24	1,43	116,23	16,23	146,29
2022	11,24	1,00	109,77	9,77	160,57
2023	6,97	–4,27	62,01	–37,99	99,57

Примечание. Показатели рассчитаны на 1 тыс. сотрудников. ¹ — общая заболеваемость в 2008 году принята за базисный уровень (100%).

Note. Indicators are calculated per 1,000 personnel. ¹Overall morbidity in 2008 was taken as the base level (100%).

Таблица 3. Динамика заболеваемости органическими психическими расстройствами (F00–F09)**Table 3.** Trends in the morbidity of organic mental disorders (F00–F09)

Год Year	Всего, ‰ Total, ‰	Абсолютный прирост Absolute increase	Темп роста, % Growth rate, %	Темп прироста, % Increase rate, %	Базисный индекс ¹ Base index ¹
2008	0,81	—	—	—	100,00
2009	0,88	0,07	108,64	8,64	108,64
2010	0,79	–0,09	89,77	–10,23	97,53
2011	0,62	–0,17	78,48	–21,52	76,54
2012	0,66	0,04	106,45	6,45	81,48
2013	0,67	0,01	101,52	1,52	82,72
2014	0,76	0,09	113,43	13,43	93,83
2015	1,05	0,29	138,16	38,16	129,63
2016	0,97	–0,08	92,38	–7,62	119,75
2017	0,81	–0,16	83,51	–16,49	100,00
2018	0,71	–0,10	87,65	–12,35	87,65
2019	0,76	0,05	107,04	7,04	93,83
2020	0,48	–0,28	63,16	–36,84	59,26
2021	0,41	–0,07	85,42	–14,58	50,62
2022	0,41	0,00	100,00	0,00	50,62
2023	0,40	–0,01	97,56	–2,44	49,38

Примечание. Показатели рассчитаны на 1 тыс. сотрудников. ¹ — общая заболеваемость в 2008 году принята за базисный уровень (100%).

Note: Indicators are calculated per 1,000 personnel. ¹Overall morbidity in 2008 was taken as the base level (100%).

уровня ОЗПР характеризуется 2023 год по сравнению с предыдущим годом. Это может указывать на изменения в системе учёта, улучшение превентивной психиатрической помощи или реализацию эффективных реабилитационных программ (см. табл. 2).

Кроме того, базисные индексы подтверждают общую тенденцию, что делает 2023 год аномальным в ряду рассматриваемых данных и требует дополнительного анализа факторов, повлиявших на столь существенное снижение (см. табл. 2).

Динамика заболеваемости органическими, включая симптоматические, психическими расстройствами (F00–F09) среди сотрудников ОВД г. Москвы за 2008–2023 гг. представлен в табл. 3. В данный период отмечена значительная вариативность показателей с периодами как роста, так и снижения. В начале периода, в 2009 году, зафиксирован небольшой рост по сравнению с 2008 годом. В 2010–2011 гг., наблюдали снижение показателей. В период с 2012 по 2015 год уровень заболеваемости возрос, что сопровождалось стабильными положительными абсолютными приростами и особенно резким повышением в 2015 году. Это был наивысший показатель за весь анализируемый период, а базисный индекс достиг максимального значения (см. табл. 3).

После этого, начиная с 2016 года, отмечено устойчивое снижение. В 2017 году показатель вернулся к начальному значению 0,81‰, а затем продолжил снижаться

и в 2023 году достиг минимального значения за 16 лет (см. табл. 3). Темпы прироста в эти годы носили отрицательный характер, достигнув в 2020 году –36,84%, а базисный индекс опустился до 49,38%, что указывает на снижение уровня заболеваемости более чем вдвое по сравнению с 2008 годом (см. табл. 3).

Динамика заболеваемости психическими расстройствами, связанными с употреблением психоактивных веществ (F10–F19), среди сотрудников ОВД г. Москве за 2008–2023 гг. представлена в табл. 4. Она отличается волнообразным характером с чередованием периодов роста и снижения. В 2009 году отмечен резкий подъём уровня заболеваемости, что свидетельствует о значительном увеличении случаев выявления зависимых состояний. Однако уже в 2010 году произошло резкое снижение, вероятно обусловленное изменениями в системе регистрации и реализации профилактических мероприятий. В 2011–2015 гг. наблюдают относительно стабильный рост (см. табл. 4). Этот этап можно охарактеризовать как умеренный рост на фоне стабилизации учёта и улучшения диагностических возможностей. В 2016 году отмечают снижение уровня заболеваемости, а в 2017 зафиксирован новый подъём. Период 2018–2019 гг. характеризовался очередным падением показателей, с достижением минимальных значений в 2019 году (0,22‰, базисный индекс — 53,66%). После этого вновь наблюдают скачок в 2020–2021 гг. с максимальным

Таблица 4. Динамика заболеваемости психическими и расстройствами поведения, связанные с употреблением психоактивных веществ (F10–F19)
Table 4. Trends in the morbidity of mental and behavioral disorders related to psychoactive substance use (F10–F19)

Год Year	Всего, ‰ Total, ‰	Абсолютный прирост Absolute increase	Темп роста, % Growth rate, %	Темп прироста, % Increase rate, %	Базисный индекс ¹ Base index ¹
2008	0,41	—	—	—	100,00
2009	0,53	0,12	129,27	29,27	129,27
2010	0,36	–0,17	67,92	–32,08	87,80
2011	0,38	0,02	105,56	5,56	92,68
2012	0,41	0,03	107,89	7,89	100,00
2013	0,47	0,06	114,63	14,63	114,63
2014	0,48	0,01	102,13	2,13	117,07
2015	0,50	0,02	104,17	4,17	121,95
2016	0,33	–0,17	66,00	–34,00	80,49
2017	0,41	0,08	124,24	24,24	100,00
2018	0,26	–0,15	63,41	–36,59	63,41
2019	0,22	–0,04	84,62	–15,38	53,66
2020	0,33	0,11	150,00	50,00	80,49
2021	0,48	0,15	145,45	45,45	117,07
2022	0,36	–0,12	75,00	–25,00	87,80
2023	0,31	–0,05	86,11	–13,89	75,61

Примечание. Показатели рассчитаны на 1 тыс. сотрудников. ¹ — общая заболеваемость в 2008 году принята за базисный уровень (100%).
Note. Indicators are calculated per 1,000 personnel. ¹Overall morbidity in 2008 was taken as the base level (100%).

Таблица 5. Динамика заболеваемости шизофренией, шизотипическими и бредовыми расстройствами (F20–F29)
Table 5. Trends in the morbidity for ICD-10 category F20–F29

Год Year	Всего, ‰ Total, ‰	Абсолютный прирост Absolute increase	Темп роста, % Growth rate, %	Темп прироста, % Increase rate, %	Базисный индекс ¹ Base index ¹
2008	0,03	—	—	—	100,00
2009	0,02	–0,01	66,67	–33,33	66,67
2010	0,02	—	100,00	—	66,67
2011	0,02	—	100,00	—	66,67
2012	0,02	—	100,00	—	66,67
2013	0,03	0,01	150,00	50,00	100,00
2014	0,03	—	100,00	—	100,00
2015	0,05	0,02	166,67	66,67	166,67
2016	0,05	—	100,00	—	166,67
2017	0,03	–0,02	60,00	–40,00	100,00
2018	0,10	0,07	333,33	233,33	333,33
2019	0,03	–0,07	30,00	–70,00	100,00
2020	0,07	0,04	233,33	133,33	233,33
2021	0,05	–0,02	71,43	–28,57	166,67
2022	0,03	–0,02	60,00	–40,00	100,00
2023	0,03	—	100,00	—	100,00

Примечание. Показатели рассчитаны на 1 тыс. сотрудников. ¹ — общая заболеваемость в 2008 году принята за базисный уровень (100%).
Note. Indicators are calculated per 1,000 personnel. ¹Overall morbidity in 2008 was taken as the base level (100%).

темпом прироста в 2020 году. К 2023 году уровень заболеваемости вновь снизился (см. табл. 4), что может указывать на эффективность реабилитационных и профилактических программ.

В течение периода с 2008 по 2023 год уровень заболеваемости шизофренией, шизотипическими и бредовыми расстройствами (F20–F29) среди сотрудников ОВД был стабильно низким, демонстрируя незначительные колебаниями (табл. 5). После начального уровня, зафиксированного в 2008 году, в последующие годы наблюдали кратковременное снижение (2009–2012 гг.), однако затем значения вернулись к исходным. Наиболее заметное увеличение зафиксировано в 2015 году, а максимальное значение отмечено в 2018 году (0,10‰), что сопровождается резким скачком темпа прироста (см. табл. 5). Однако уже в 2019 году показатель снизился втрое. Подобная нестабильность, вероятно, обусловлена единичными случаями, оказывающими значительное влияние при столь малых абсолютных значениях.

Показатели заболеваемости аффективными расстройствами (F30–F39) среди сотрудников ОВД в период с 2008 по 2023 год демонстрируют выраженную нестабильность (табл. 6). Уже в 2009 году по сравнению с базисным уровнем 2008 года зафиксировано почти двукратное увеличение, однако в последующие годы наблюдают значительные колебания с чередованием периодов стремительного роста и последующего снижения. После пика в 2010 году (0,31‰) и спада в 2011, уровень

заболеваемости продолжает варьировать в пределах средних значений (см. табл. 6). Максимальный показатель выявлен в 2010 году, после чего на протяжении нескольких лет фиксировали устойчивое снижение с кратковременным восстановлением в 2017–2019 гг. В 2021 году отмечено резкое падение до 0,05‰, которое затем частично компенсируется в 2022, однако в 2023 году снова возвращается к минимальным значениям (см. табл. 6).

Показатели заболеваемости невротическими, связанными со стрессом, и соматоформными расстройствами (F40–F48) демонстрируют волнообразную динамику с чередованием эпизодов роста и снижения (табл. 7). В 2009 году наблюдается рост, что на 22,73% выше базисного уровня, однако уже в 2010 году происходит умеренное снижение. Наибольшее значение зафиксировано в 2013 году (0,34‰), после чего в 2014–2016 гг. следует последовательное снижение, достигшее минимума в 2016 году (см. табл. 7). В 2017 году регистрируют кратковременное повышение, сменяющееся периодом относительной стабильности. В 2021–2022 гг. вновь наблюдают спад до минимальных значений. Завершающий год исследования (2023) характеризуется умеренным восстановлением уровня заболеваемости (см. табл. 7).

Заболеваемость расстройствами поведения, связанными с физиологическими нарушениями и физическими факторами (F50–F59) за исследуемый период отличается крайне низкими значениями и высокой нестабильностью (табл. 8). В 2009 году отмечено значительное снижение

Таблица 6. Динамика заболеваемости аффективными расстройствами (F30–F39)

Table 6. Trends in the morbidity of affective disorders (F30–F39)

Год Year	Всего, ‰ Total, ‰	Абсолютный прирост Absolute increase	Темп роста, % Growth rate, %	Темп прироста, % Increase rate, %	Базисный индекс ¹ Base index ¹
2008	0,12	—	—	—	100,00
2009	0,29	0,17	241,67	141,67	241,67
2010	0,31	0,02	106,90	6,90	258,33
2011	0,21	–0,10	67,74	–32,26	175,00
2012	0,28	0,07	133,33	33,33	233,33
2013	0,16	–0,12	57,14	–42,86	133,33
2014	0,12	–0,04	75,00	–25,00	100,00
2015	0,10	–0,02	83,33	–16,67	83,33
2016	0,09	–0,01	90,00	–10,00	75,00
2017	0,12	0,03	133,33	33,33	100,00
2018	0,12	—	100,00	—	100,00
2019	0,14	0,02	116,67	16,67	116,67
2020	0,10	–0,04	71,43	–28,57	83,33
2021	0,05	–0,05	50,00	–50,00	41,67
2022	0,09	0,04	180,00	80,00	75,00
2023	0,05	–0,04	55,56	–44,44	41,67

Примечание. Показатели рассчитаны на 1 тыс. сотрудников. ¹ — общая заболеваемость в 2008 году принята за базисный уровень (100%).

Note. Indicators are calculated per 1,000 personnel. ¹Overall morbidity in 2008 was taken as the base level (100%).

Таблица 7. Динамика заболеваемости невротическими, связанными со стрессом, и соматоформными расстройствами (F40–F48)

Table 7. Trends in the morbidity of neurotic, stress-related, and somatoform disorders (F40–F48)

Год Year	Всего, ‰ Total, ‰	Абсолютный прирост Absolute increase	Темп роста, % Growth rate, %	Темп прироста, % Increase rate, %	Базисный индекс ¹ Base index ¹
2008	0,22	—	—	—	100,00
2009	0,27	0,05	122,73	22,73	122,73
2010	0,24	–0,03	88,89	–11,11	109,09
2011	0,25	0,01	104,17	4,17	113,64
2012	0,26	0,01	104,00	4,00	118,18
2013	0,34	0,08	130,77	30,77	154,55
2014	0,23	–0,11	67,65	–32,35	104,55
2015	0,17	–0,06	73,91	–26,09	77,27
2016	0,15	–0,02	88,24	–11,76	68,18
2017	0,20	0,05	133,33	33,33	90,91
2018	0,19	–0,01	95,00	–5,00	86,36
2019	0,19	—	100,00	—	86,36
2020	0,16	–0,03	84,21	–15,79	72,73
2021	0,13	–0,03	81,25	–18,75	59,09
2022	0,13	—	100,00	—	59,09
2023	0,15	0,02	115,38	15,38	68,18

Примечание. Показатели рассчитаны на 1 тыс. сотрудников. ¹ — общая заболеваемость в 2008 году принята за базисный уровень (100%).

Note. Indicators are calculated per 1,000 personnel. ¹Overall morbidity in 2008 was taken as the base level (100%).

Таблица 8. Динамика заболеваемости поведенческими синдромами, связанными с физиологическими нарушениями и физическими факторами (F50–F59)

Table 8. Trends in the morbidity of behavioral syndromes associated with physiological disturbances and physical factors (F50–F59)

Год Year	Всего, ‰ Total, ‰	Абсолютный прирост Absolute increase	Темп роста, % Growth rate, %	Темп прироста, % Increase rate, %	Базисный индекс ¹ Base index ¹
2008	0,05	—	—	—	100,00
2009	0,03	–0,02	60,00	–40,00	60,00
2010	0,03	—	100,00	—	60,00
2011	0,03	—	100,00	—	60,00
2012	0,04	0,01	133,33	33,33	80,00
2013	0,04	—	100,00	—	80,00
2014	0,05	0,01	125,00	25,00	100,00
2015	0,03	–0,02	60,00	–40,00	60,00
2016	0,03	—	100,00	—	60,00
2017	0,02	–0,01	66,67	–33,33	40,00
2018	0,01	–0,01	50,00	–50,00	20,00
2019	0,03	0,02	300,00	200,00	60,00
2020	0,04	0,01	133,33	33,33	80,00
2021	0,01	–0,03	25,00	–75,00	20,00
2022	0,01	—	100,00	—	20,00
2023	0,02	0,01	200,00	100,00	40,00

Примечание. Показатели рассчитаны на 1 тыс. сотрудников. ¹ — общая заболеваемость в 2008 году принята за базисный уровень (100%).

Note. Indicators are calculated per 1,000 personnel. ¹Overall morbidity in 2008 was taken as the base level (100%).

Таблица 9. Динамика заболеваемости расстройствами личности и поведения в зрелом возрасте (F60–F69)

Table 9. Trends in the morbidity of personality and adult behavior disorders (F60–F69)

Год Year	Всего, ‰ Total, ‰	Абсолютный прирост Absolute increase	Темп роста, % Growth rate, %	Темп прироста, % Increase rate, %	Базисный индекс ¹ Base index ¹
2008	0,01	—	—	—	100,00
2009	0,01	—	100,00	—	100,00
2010	0,01	—	100,00	—	100,00
2011	0,01	—	100,00	—	100,00
2012	0,02	0,01	200,00	100,00	200,00
2013	0,01	–0,01	50,00	–50,00	100,00
2014	0,02	0,01	200,00	100,00	200,00
2015	0,01	–0,01	50,00	–50,00	100,00
2016	0,02	0,01	200,00	100,00	200,00
2017	0,02	—	100,00	—	200,00
2018	0,01	–0,01	50,00	–50,00	100,00
2019	0,01	—	100,00	—	100,00
2020	0,01	—	100,00	—	100,00
2021	0,02	0,01	200,00	100,00	200,00
2022	0,02	—	100,00	—	200,00
2023	0,02	—	100,00	—	200,00

Примечание. Показатели рассчитаны на 1 тыс. сотрудников. ¹ — общая заболеваемость в 2008 году принята за базисный уровень (100%).

Note. Indicators are calculated per 1,000 personnel. ¹Overall morbidity in 2008 was taken as the base level (100%).

по сравнению с уровнем 2008 года, а последующие годы характеризуются чередованием коротких периодов стабильности и краткосрочных подъёмов. Максимальное значение зафиксировали в 2008 и 2014 году (0,05‰), после чего заболеваемость демонстрировала тенденцию к снижению, достигнув минимальных уровней в 2018 и 2021 году (0,01‰). Отдельные подъёмы, в частности в 2019 году, вероятно, связаны с единичными случаями, существенно влияющими на структуру при малых абсолютных значениях.

Уровень заболеваемости расстройствами личности и нарушениями поведения в зрелом возрасте (F60–F69) на протяжении всего периода наблюдения остаётся крайне низким (табл. 9). Динамика показателей носит эпизодический характер: фиксируют отдельные случаи роста, чередующиеся со снижением, при этом большинство лет уровень заболеваемости остаётся стабильным. Наиболее частое значение показателя — 0,01‰, характерное для половины исследуемого периода. Кратковременные повышения зафиксированы в 2012, 2014, 2016, 2017,

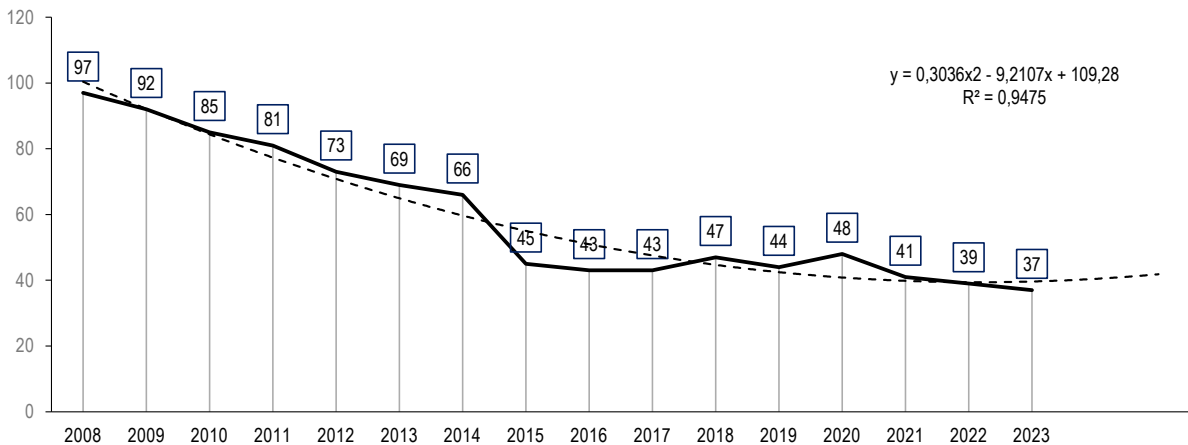


Рис. 1. Уровень трудопотерь у сотрудников органов внутренних дел г. Москвы, обусловленных психическими расстройствами.
Fig. 1. Work incapacity rate due to mental disorders among law enforcement personnel in Moscow.

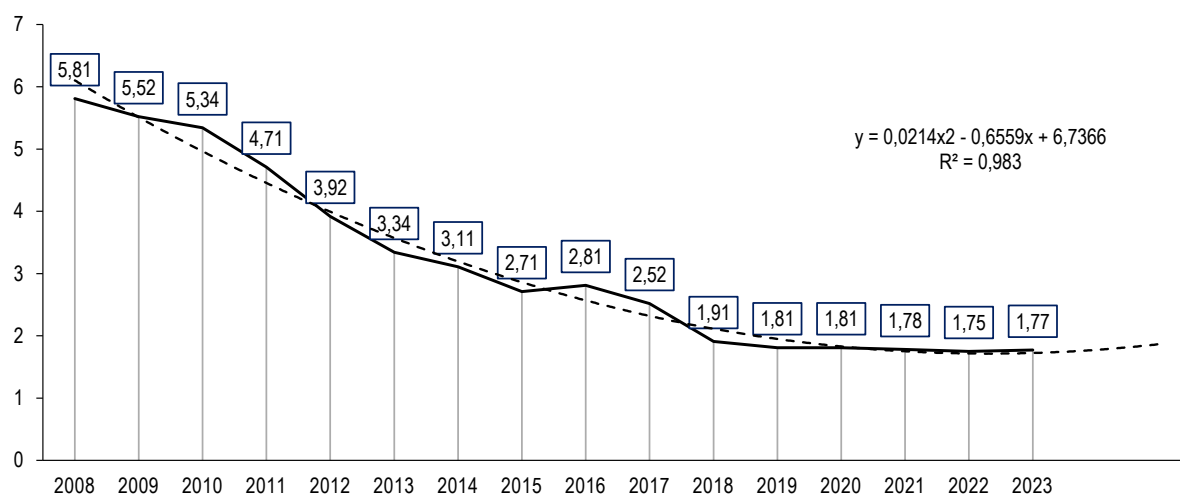


Рис. 2. Количество дней трудопотерь у сотрудников органов внутренних дел г. Москвы с психическими расстройствами.

Fig. 2. Number of work incapacity days due to mental disorders among law enforcement personnel in Moscow.

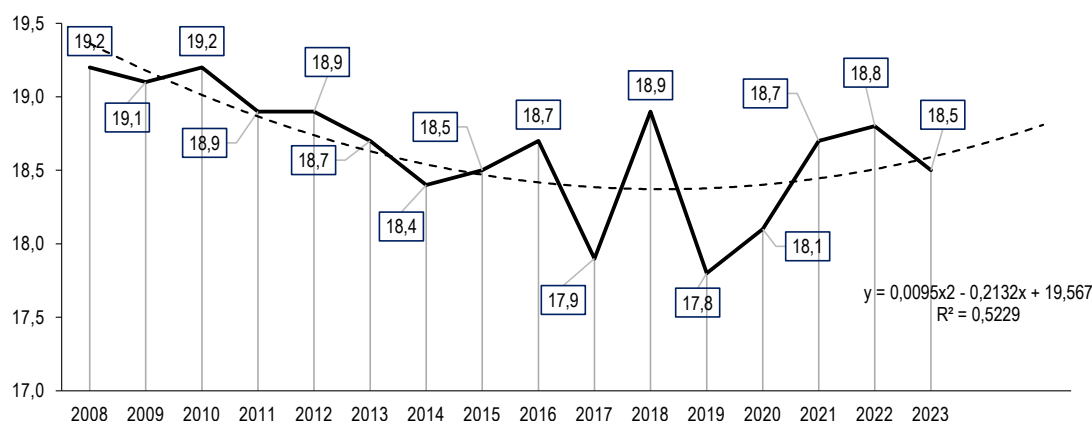


Рис. 3. Средняя длительность случаев трудопотерь у сотрудников органов внутренних дел г. Москвы с психическими расстройствами.

Fig. 3. Average duration of work incapacity cases due to mental disorders among law enforcement personnel in Moscow.

а также 2021–2023 гг., что привело к удвоению базисного индекса по сравнению с 2008 годом. Однако такие колебания не свидетельствуют о системной динамике и, вероятно, обусловлены отдельными случаями диагностики.

В период с 2008 по 2023 год наблюдают устойчивую тенденцию к снижению показателей трудопотерь, обусловленных психическими расстройствами у сотрудников ОВД г. Москвы (рис. 1). Особенно выраженное снижение отмечено в 2008–2015 гг. Подобная динамика может быть обусловлена как постепенным внедрением программ психологического сопровождения и профилактики психических нарушений, так и внешними факторами, включая возможную стигматизацию обращения за психиатрической помощью, что требует дополнительного анализа и подтверждения. После 2015 года отмечают замедление темпов снижения показателя трудопотерь (см. рис. 1).

В свою очередь, несмотря на повышение общей заболеваемости по ряду категорий психических расстройств (в частности, связанных со стрессом), наблюдали

уверенное снижение количества дней временной нетрудоспособности (рис. 2). Наиболее заметное снижение отмечено в первой половине анализируемого периода, тогда как после 2016 года темпы замедлились и колебания стали менее выраженными.

Средняя продолжительность одного случая временной нетрудоспособности была сравнительно стабильной на протяжении всего периода наблюдения, демонстрируя лишь незначительные колебания (рис. 3). Минимальное значение зафиксировано в 2017 году, после чего с 2018 по 2022 год средняя продолжительность варьировала в пределах $\pm 0,5$ дня, не демонстрируя выраженного тренда.

Проведённый корреляционный анализ выявил тесную статистически значимую положительную связь между уровнем заболеваемости психическими расстройствами и показателями трудопотерь ($r=0,91$). Это свидетельствует о прямом их влиянии на утрату трудоспособности, подчёркивая необходимость внедрения программ психо-профилактики и психогигиены в структуре медицинского обеспечения сотрудников.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные в ходе исследования данные позволяют оценить долгосрочные тенденции в структуре психических расстройств у сотрудников ОВД г. Москвы, а также их связь с показателями временной нетрудоспособности. Анализ за 16-летний период показал, что несмотря на относительную стабильность общей заболеваемости, некоторые нозологические категории демонстрировали выраженные волнообразные колебания.

Так, динамика заболеваемости органическими, включая симптоматические, психическими расстройствами отличается нелинейным характером: отмечен отчётливо выраженный пик в 2015 году с последующим снижением до исторического минимума к 2023 году. Эти колебания могут отражать как изменения в клинической насторожённости и диагностических подходах, так и реальное снижение распространённости органических психических расстройств, обусловленное улучшением профилактики, ранней диагностикой, изменениями в демографическом составе сотрудников или пересмотром критериев учёта.

Сходную структуру демонстрирует и динамика заболеваемости психическими расстройствами, связанными с употреблением психоактивных веществ. Она носит циклический характер, отражая как внешние факторы (например, эпидемиологические или социальные кризисы), так и внутренние — улучшение качества диагностики и учётной дисциплины в ведомственной системе здравоохранения МВД.

При этом другие нозологические категории демонстрирует эпизодический характер регистрации. В большинстве случаев показатели варьируют в пределах статистической погрешности, что не позволяет говорить о наличии устойчивого тренда к росту или снижению и затрудняют формирование выводов о систематическом изменении эпидемиологической ситуации. В отдельных периодах наблюдают кратковременные подъёмы, вероятно, связанные с ситуативными психоэмоциональными нагрузками в профессиональной среде или единичными случаями диагностики, оказывающими значительное влияние на структуру при малых абсолютных значениях.

Таким образом, в целом динамика отражает как влияние внешних стрессовых факторов, так и внутренние изменения в организации медицинского наблюдения, но при этом характеризуется низкой частотой выявления и отсутствием эпидемиологических закономерностей, особенно в менее распространённых группах расстройств.

Преобладание среди зарегистрированных случаев невротических (F40–F48) и аффективных расстройств (F30–F39), вероятно, обусловлено высокой распространённостью хронического стресса и эмоционального выгорания, характерных для сотрудников силовых структур. Данные наблюдения согласуются с результатами других исследований, в которых подчёркивают нарастающую роль стресс-ассоциированных расстройств и их проявлений

в профессиональной среде силовых структур РФ [1, 5, 11]. В исследовании В.А. Сидоренко и соавт. [10] продемонстрирована высокая доля психических и поведенческих расстройств в общей структуре заболеваемости сотрудников силовых ведомств. А.Г. Фаустова и соавт. [7] указывают на необходимость учёта индивидуальной генетической предрасположенности к психическим расстройствам, что обосновывает персонализированный подход в медицинском сопровождении сотрудников силовых структур.

Проведённый корреляционный анализ выявил тесную положительную взаимосвязь между уровнем психических расстройств и показателями трудопотерь, что указывает на значимое влияние психической дезадаптации на утрату трудоспособности. Подобная взаимосвязь подтверждена и в других исследованиях, подчёркивающих значимость профилактики стресс-ассоциированных состояний для сохранения профессиональной надёжности сотрудников МВД [3].

В то же время, несмотря на положительную динамику снижения показателей трудопотерь, связанных с психическими расстройствами у сотрудников ОВД, делать однозначные выводы о результативности профилактических мер без статистически подтверждённых данных преждевременно. Зафиксированное снижение может быть обусловлено не только совершенствованием системы психопрофилактики, но также изменениями в возрастной и численной структуре личного состава, административными подходами к учёту заболеваемости, а также другими внешними и внутренними организационными факторами. Тем не менее в некоторых исследованиях подчёркивают значение своевременной диагностики и раннего выявления пограничных психических расстройств, связанных с профессиональным стрессом, а также роль доступной психологической поддержки и внедрения современных подходов к лечению как потенциальных факторов снижения выраженности психической дезадаптации у сотрудников ОВД [1, 6, 7].

Дальнейшее изучение динамики трудопотерь и факторов, влияющих на их уровень, требует комплексного анализа, включающего не только медико-статистические, но и социально-психологические параметры. В перспективе оправданным может быть развитие программ профилактики психических расстройств и совершенствование реабилитационных технологий, при условии оценки их эффективности с применением математико-статистических методов. Это, вероятно, окажет позитивное влияние на уровень профессионального благополучия и устойчивости сотрудников.

В связи с этим полученные данные подчёркивают необходимость внедрения комплексных программ психопрофилактики, а также разработки управленческих решений, направленных на снижение влияния стресс-факторов в профессиональной среде ОВД. Обоснованной является перспектива введения обязательной системы раннего психодиагностического мониторинга, ориентированной

на предупреждение выраженных форм психической дезадаптации.

Ограничение исследования

Одним из важных ограничений данного исследования является отсутствие стандартизации показателей заболеваемости по возрасту, что может снижать точность интерпретации выявленных временных трендов. Поскольку согласно данным К.К. Холматова и соавт. [12] в эпидемиологических трендовых и панельных исследованиях необходимо учитывать возрастные и структурные сдвиги, влияющие на вычислительные основания, включая знаменатель расчётной формулы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Своевременное выявление сотрудников ОВД с признаками стресс-ассоциированных пограничных психических расстройств и оказание им амбулаторной помощи в медицинских организациях МВД РФ в г. Москве, вероятно, способствует сдерживанию развития более тяжёлых форм нарушений. Относительно высокая регистрация психических расстройств может также отражать рост открытости сотрудников к обращению за специализированной помощью, что следует рассматривать как положительную тенденцию. Одновременно снижение числа случаев и дней временной нетрудоспособности при относительной стабильности средней продолжительности одного случая лечения не позволяет однозначно утверждать о прямом улучшении системы медицинского сопровождения без проведения дополнительного статистического анализа. Тем не менее такая динамика может косвенно свидетельствовать о положительных изменениях в организации психиатрической помощи сотрудникам ОВД, что требует дальнейшего научного подтверждения. Полученные результаты возможно использовать с целью совершенствования системы мониторинга психического здоровья сотрудников ОВД, повышения эффективности ранней диагностики и профилактики, а также разработки организационно-методических решений в системе ведомственной психиатрической помощи, включая разработку скрининговых диагностических и реабилитационных программ, направленных на снижение риска дезадаптации и поддержку профессионального здоровья личного состава ОВД.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Е.Г. Ичитовкина — концепция и дизайн исследования, написание первого варианта рукописи, подготовка иллюстраций

исследования; А.Г. Соловьёв — концепция исследования, утверждение окончательного варианта рукописи; С.В. Жернов — анализ и интерпретация данных; З.А. Шугушева — сбор и анализ данных, написание и редактирование текста рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО СГМУ (протокол № 05/06-20 от 10.06.2020). Получено разрешение экспертной комиссии ДТ МВД России, на основании которого установлено, что сведения, содержащиеся в статье, не составляют государственную тайну и могут быть открыто опубликованы.

Источники финансирования. Отсутствуют.

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

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

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

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

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

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: E.G. Ichitovkina: conceptualization, study design, writing—original draft, visualization; A.G. Soloviev: conceptualization, writing—review & editing, approval of the final manuscript; S.V. Zhernov: data analysis and interpretation; Z.A. Shugusheva: data collection and analysis, writing—original draft, writing—review & editing. All authors approved the version of the manuscript to be published and agree 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 FSBI VO SSMU (Protocol No. 05/06-20 dated 06/10/2020). The permission of the expert commission of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation was obtained, on the basis of which it was established that the information contained in the article does not constitute a state secret and can be openly published.

Funding sources: No funding.

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

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

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

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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Ivanov NM, Ichitovkina EG, Evdokimov VI, Liholetov AG. Analysis of morbidity indicators in the personnel of the Ministry of Internal Affairs of Russia. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2024; (2):14–38. doi: 10.25016/2541-7487-2024-0-2-14-38 EDN: NWWYJR
2. Lugovik VF, Surgutskov VI. Functions and tasks of the Russian Ministry of Internal Affairs: correlation and problems of concretization. *Scientific bulletin of the Omsk Academy of the Ministry of the Interior of Russia*. 2023;3(4):354–357. doi: 10.24412/1999-625X-2023-491-354-357 EDN: SFYAKB
3. Dvinskikh MV, Ichitovkina EG, Soloviev AG, Zhernov SV. Pre-disease detection of stress-associated disorders in combatants depending on professional activity profile. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2024;(4):83–89. doi: 10.25016/2541-7487-2023-0-4-83-89 EDN: PSASBT
4. Reznik AM. Alcohol abuse in war veterans treated in a psychiatric hospital. *Bulletin of the Medical Institute of Continuing Education*. 2023;3(4):108–122. doi: 10.36107/2782-1714_2023-3-4-108-122 EDN: HBNQSP
5. Barylnik SN, Barkova AO. Features of the manifestation of post-traumatic stress disorder in persons participating in military fighting. *Modern Science: Actual Problems of the Theory & Practice*. 2023;(2-2):151–154. doi: 10.37882/2223-2966.2023.02-2.05 EDN: EWEGTK
6. Subota IYu. Personal mechanisms of psychological adaptation of employees of law enforcement agencies and the Ministry of Emergency Situations. *Psychology. Historical-critical Reviews and Current Researches*. 2024;13(4-1):166–175. EDN: UQPIAG
7. Faustova AG, Iourov IY. Epigenetic And Genomic Mechanisms In The Pathogenesis Of Posttraumatic Stress Disorder (Review). *Research Results in Biomedicine*. 2023;8(1):15–35. doi: 10.18413/2658-6533-2022-8-1-0-2 EDN: OBRHKK
8. Shmarina TA. Identity authenticity and the paradox of resilience to traumatic stress. *Journal of Modern Foreign Psychology*. 2023;12(3):74–82. doi: 10.17759/jmfp.2023120307 EDN: EWYDKZ
9. Ruseckaja DV. Program of psychological support for professional and personal development of employees of the Ministry of Internal Affairs of Russia. *Flagman nauki*. 2023;(11):390–391. (In Russ.) EDN: WAMGSP
10. Sidorenko VA, Rybnikov VY, Nesterenko NV, et al; Key indicators of health and morbidity structure of incidence of police officers, firemen and servicemen of the Russian Federation. *Disaster Medicine*. 2021;(2):11–15. doi: 10.33266/2070-1004-2021-2-11-15 EDN: LXGCMW
11. Elesina IG. the problem of destructive behavior of employees of Internal Affairs Bodies. *Vestnik Moskovskogo Universiteta MVD Rossii*. 2021;(3):335–338. doi: 10.24412/2073-0454-2021-3-335-338 EDN: ZEGJLX
12. Kholmatova KK, Grijbovski AM. Ecological studies in Medicine and Public Health. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2016;23(9):57–64. doi: 10.33396/1728-0869-2016-9-57-64 EDN: WQSIDR

ОБ АВТОРАХ

* **Ичитовкина Елена Геннадьевна**, д-р мед. наук, доцент;
адрес: Россия, 119192, Москва, Ломоносовский пр-кт, д. 45;
ORCID: 0000-0001-8876-669X;
eLibrary SPIN: 4333-0282;
e-mail: elena.ichitovckina@yandex.ru

Соловьёв Андрей Горгоньевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-0350-1359;
eLibrary SPIN: 2952-0619;
e-mail: ASoloviev1@yandex.ru

Жернов Сергей Вячеславович, канд. психол. наук;
ORCID: 0000-0002-6250-9123;
eLibrary SPIN: 6586-7769;
e-mail: sergern@rambler.ru

Шугушева Зарина Арсеновна;
ORCID: 0000-0002-4280-0474;
eLibrary SPIN: 5169-0942;
e-mail: kardangush@mail.ru

AUTHORS' INFO

* **Elena G. Ichitovkina**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor;
address: 45 Lomonosovsky ave, Moscow, Russia, 119192,
ORCID: 0000-0001-8876-669X;
eLibrary SPIN: 4333-0282;
e-mail: elena.ichitovckina@yandex.ru

Andrey G. Soloviev, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0002-0350-1359;
eLibrary SPIN: 2952-0619;
e-mail: ASoloviev1@yandex.ru

Sergey V. Zhernov, Cand. Sci. (Psychology);
ORCID: 0000-0002-6250-9123;
eLibrary SPIN: 6586-7769;
e-mail: sergern@rambler.ru

Zarina A. Shugusheva, MD;
ORCID: 0000-0002-4280-0474;
eLibrary SPIN: 5169-0942;
e-mail: kardangush@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco642804>

EDN: ODZVNZ

Генотоксические эффекты коммерческого образца пищевого красителя на основе понсо 4R в микроядерном тесте на культуре крови человека

Т.А. Никинина, М.А. Коняшкин, Ф.И. Ингель, Л.В. Ахальцева

Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Традиционно оценку генетической безопасности пищевых добавок проводят только с использованием веществ высокой степени чистоты. В Российской Федерации, согласно требованиям Технического регламента Таможенного союза, контроль генотоксичности разрешённых к применению пищевых красителей не предусмотрен. Регламент ограничивается определением содержания основного красящего вещества и отдельных компонентов состава. Однако такой подход является недостаточным, поскольку он не учитывает возможное присутствие токсичных и генотоксичных примесей в составе пищевых красителей.

Цель. Оценить генетическую безопасность пищевого красителя на основе понсо 4R (E124), поступившего в розничную торговлю, с использованием микроядерного теста на цельной крови человека, культивируемой в условиях цитокинетического блока, как в присутствии системы метаболической активации, так и без неё.

Материалы и методы. Краситель на основе понсо 4R приобретён в розничной торговой сети. Клетки здорового донора культивировали в условиях цитокинетического блока параллельно в присутствии системы метаболической активации S9 гепатоцитов крыс и без неё при воздействии красителя на клетки в диапазоне концентраций от 0 до 2 мг/мл. Цитомный анализ проводили по расширенному протоколу микроядерного теста. Для статистической обработки использовали критерии χ^2 и Манна–Уитни.

Результаты. Статистически значимое увеличение частоты клеток с генетическими повреждениями в культурах крови наблюдали по U-образному типу зависимости: без метаболической активации — при воздействии красителя в концентрациях 0,000 025 6, 0,000 64 и 0,4 мг/мл; в условиях метаболической активации — при концентрациях 0,000 025 6, 0,000 128 и 0,016 мг/мл. Кроме того, в присутствии фракции S9 также обнаружены увеличение частоты 3-ядерных клеток, стимуляция митотической активности и супрессия апоптоза.

Заключение. Генотоксические эффекты пищевого красителя на основе понсо 4R, приобретённого в розничной торговле, выявлены на уровне допустимой суточной дозы для человека и ниже. Представленный подход может стать основой для разработки системы оценки генетической безопасности пищевых красителей и добавок.

Ключевые слова: пищевой краситель на основе понсо 4R; E124; цельная кровь человека, культивированная с цитохалазином В; первичная культура; S9 гепатоцитов крыс; цитомный анализ в микроядерном тесте; повреждения ДНК; пролиферация; апоптоз.

Как цитировать:

Никинина Т.А., Коняшкин М.А., Ингель Ф.И., Ахальцева Л.В. Генотоксические эффекты коммерческого образца пищевого красителя на основе понсо 4R в микроядерном тесте на культуре крови человека // Экология человека. 2024. Т. 31, № 12. С. 893–905. DOI: 10.17816/humeco642804 EDN: ODZVNZ

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco642804>

EDN: ODZVNZ

Genotoxic Effects of Commercial Sample of Ponceau 4R-Based Food Colorant in Micronucleus Assay on Human Whole Blood Culture

Tatyana A. Nikitina, Maria A. Konyashkina, Faina I. Ingel, Lyudmila V. Akhaltseva

Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Genetic safety assessments of food additives have traditionally been conducted using highly purified substances. In the Russian Federation, according to the requirements of the Customs Union Technical Regulation, genotoxicity testing of approved food colorants is not mandatory. The regulation is limited to determining the content of the main colorant component and select constituents. However, this approach is insufficient, as it does not account for the possible presence of toxic and genotoxic impurities in food colorants.

AIM: To evaluate the genetic safety of a commercially available Ponceau 4R (E124)-based food colorant using the micronucleus assay on human whole blood culture with cytokinesis block, both in the presence and absence of a metabolic activation system.

METHODS: The Ponceau 4R-based colorant was purchased in a retail store. The cells from a healthy donor were cultured under cytokinesis-block conditions with and without S9 rat liver metabolic activation, exposed to the colorant at concentrations ranging from 0 to 2 mg/mL. Cytome assay was performed using an extended micronucleus assay protocol. Statistical analysis was conducted using the χ^2 test and the Mann–Whitney *U* test.

RESULTS: A statistically significant increase in the frequency of cells with genetic damage was observed, following a U-shaped dose–response pattern. Without metabolic activation, significant effects were found at concentrations of 0.0000256, 0.00064, and 0.4 mg/mL; with S9 activation, at concentrations of 0.0000256, 0.000128, and 0.016 mg/mL. In addition, in the presence of the S9 fraction, an increased frequency of trinucleated cells, stimulation of mitotic activity, and suppression of apoptosis were also observed.

CONCLUSION: Genotoxic effects of the Ponceau 4R-based food colorant obtained from the retail market were detected at or below the acceptable daily intake level for humans. The proposed approach may serve as a foundation for the development of a system for genetic safety assessment of food colorants and additives.

Keywords: Ponceau 4R-based food colorant; E124; human whole blood cultured with cytochalasin B; primary culture; rat liver S9 fraction; cytome assay in micronucleus test; DNA damage; proliferation; apoptosis.

To cite this article:

Nikitina TA, Konyashkina MA, Ingel FI, Akhaltseva LV. Genotoxic effects of commercial sample of ponceau 4R-based food colorant in micronucleus assay on human whole blood culture. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(12):895–907. DOI: 10.17816/humeco642804 EDN: ODZVNZ

Submitted: 11.12.2024

Accepted: 14.05.2025

Published online: 06.06.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco642804>

EDN: ODZVNZ

基于庞索4R的商业食品色素在人全血培养微核试验中的遗传毒性效应

Tatyana A. Nikitina, Maria A. Konyashkina, Faina I. Ingel, Lyudmila V. Akhaltseva

Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks, Moscow, Russia

摘要

论证。传统上，食品添加剂的遗传安全性评估仅使用高纯度物质进行。在俄罗斯联邦，根据关税同盟技术法规的规定，现行制度并未规定对获准使用的食品色素进行遗传毒性控制。相关法规仅规定主要着色成分及部分组分的含量要求。然而，这种方法存在局限性，因其忽视了食品色素中可能存在的有毒或具有遗传毒性的杂质。

目的。采用在人全血中进行的、结合细胞有丝分裂阻断条件的微核试验，在有/无代谢激活系统的条件下，评估零售渠道获得的基于庞索4R (E124) 的食品色素的遗传安全性。

材料与方法。所用基于庞索4R的食品色素购自零售渠道。在细胞有丝分裂阻断条件下，将健康供体的细胞分别在有或无大鼠肝脏S9代谢激活系统的情况下进行培养，并在0 - 2 mg/mL的浓度范围内暴露于该食品色素。细胞学分析依据扩展微核试验方案进行。统计处理采用 χ^2 检验与Mann - Whitney U检验。

结果。在血液培养中观察到带有遗传损伤的细胞频率呈“U”型依赖关系显著上升：在无代谢激活条件下，于0.0000256、0.00064和0.4 mg/mL浓度下出现显著增加；在代谢激活条件下，于0.0000256、0.000128和0.016 mg/mL浓度下出现显著增加。此外，在S9存在条件下还观察到三核细胞频率升高、有丝分裂活性增强以及细胞凋亡的抑制作用。

结论。零售渠道获得的庞索4R食品色素在接近或低于人类每日允许摄入量的水平下已表现出遗传毒性效应。所采用的方法可作为建立食品色素及添加剂遗传安全性评价体系的基础。

关键词：庞索4R食品色素；E124；加用细胞松弛素B的人全血培养；原代细胞培养；大鼠肝S9代谢激活系统；微核试验细胞学分析；DNA损伤；细胞增殖；细胞凋亡。

引用本文：

Nikitina TA, Konyashkina MA, Ingel FI, Akhaltseva LV. 基于庞索4R的商业食品色素在人全血培养微核试验中的遗传毒性效应. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(12):895–907. DOI: 10.17816/humeco642804 EDN: ODZVNZ

收到: 11.12.2024

接受: 14.05.2025

发布日期: 06.06.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Понсо 4R — водорастворимый пищевой азокраситель (синонимы: пунцовый 4R, пищевой красный 7, кошенилевым красным, новый кокцин), зарегистрированный в качестве пищевой добавки E124. Обычно его синтезируют из ароматических углеводов. Разрешён к применению в большинстве стран Европейского союза и Российской Федерации (РФ), однако запрещён в Финляндии, Норвегии и Соединённых Штатах Америки (США) [1]. Понсо 4R используют для улучшения внешнего вида пищевых продуктов. Его добавляют в свежую и приготовленную рыбу, колбасные изделия, кондитерские изделия (включая печенье, варенье, мороженое, декоративные элементы тортов), мясные и фруктовые консервы, а также газированные напитки¹. Иногда понсо 4R комбинируют с иными красителями, заметно расширяя палитру для придания продуктам оранжевых, фиолетовых или даже зелёных оттенков.

В 1983 году Совместный комитет экспертов по пищевым добавкам Продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединённых Наций и Всемирной организации здравоохранения, а в 1984 году Научный комитет по пище при Европейской комиссии рекомендовали допустимую суточную дозу для понсо 4R, которая составила 4 мг/кг. Эта норма для человека действовала до 2009 года. Тем не менее в 1993 году К. Agarwal и соавт. [2], на основании анализа данных литературы и результатов собственных исследований, предложили исключить понсо 4R из списка разрешённых к применению пищевых красителей. Кроме того, в некоторых исследованиях установлена возможная связь между употреблением синтетических азокрасителей, включая понсо 4R, и развитием гиперактивного поведения детей [3, 4]. Впоследствии в Европейском союзе введено законодательное требование о маркировке пищевых продуктов, содержащих шесть синтетических красителей (татразин, хинолиновый жёлтый, жёлтый «солнечный закат», понсо 4R, красный очаровательный АС и кармуазин), потенциально способных вызывать гиперактивность. Такие продукты сопровождаются предупреждением о возможном негативном влиянии на внимание и поведение у детей². В 2009 году допустимую суточную дозу понсо 4R пересмотрели, её снизили до 0,7 мг/кг в связи с обеспокоенностью потенциальными неблагоприятными эффектами для здоровья [5].

Существует утверждённая стандартизированная

система (батарея тестов) краткосрочного тестирования мутагенных свойств веществ, включающая комплекс методов оценки генотоксичности *in vitro* и *in vivo*. Для исследований *in vitro* рекомендуемой считают комбинацию теста Эймса и микроядерного теста на культуре млекопитающих. Согласно литературным данным, 962 известных канцерогена и генотоксиканта продемонстрировали положительные результаты в этих тестах. Применение данной комбинации позволяет эффективно выявлять генные мутации, хромосомные повреждения и анеуплоидию [6].

Анализ существующих исследований генотоксичности красителя выявил противоречивые результаты [7]. Так, понсо 4R не обладал генотоксической активностью в концентрациях от 0,3 до 10 мг/чашку в тесте Эймса с использованием *Escherichia coli* и в тесте на индукцию конверсии генов у дрожжей [8–16]. В нашем исследовании в тесте Эймса понсо 4R также не проявил генотоксичности. Однако на культуре фибробластов китайского хомяка в концентрации 1 мг/мл он способствовал повышению плоидности и вызывал структурные aberrации хромосом [8]. В микроядерном тесте *in vivo* на костном мозге мышей генотоксическое действие красителя обнаружено в дозах, начиная с 4 мг/кг [2, 17, 18], тогда как в других исследованиях наблюдали отсутствие эффекта при дозах, начиная с 25 мг/кг [19, 20].

Тест ДНК-комет — один из самых используемых методов для оценки генотоксичности понсо 4R. Увеличение фрагментации ДНК обнаружено в нескольких органах мышей, начиная с дозы 10 мг/кг [21, 22], однако в других исследованиях зафиксировано отсутствие эффекта у трансгенных мышей при экспозиции в дозах от 250 мг/кг, а также у крыс от 10 мг/кг [22–24]. Указанные расхождения могут быть обусловлены цитотоксическими и токсическими свойствами красителя, а также особенностями его метаболизма в организме экспериментальных животных.

Микроядерный тест на культуре лимфоцитов крови человека с применением цитокинетического блока — один из наиболее информативных индикаторов эффектов нестабильности генома, поскольку позволяет учесть не только повреждения ДНК, но и связанные с ними изменения пролиферации и клеточной гибели [25, 26]. В открытой научной литературе мы нашли только одно исследование, в котором оценивали эффекты понсо 4R с использованием данного теста [27]. В работе зафиксировано дозозависимое увеличение частоты клеток с микроядрами при воздействии концентрации красителя 0,1–0,5 мг/мл. При этом минимальная применённая концентрация соответствовала содержанию, разрешённому к использованию в Индии, но приблизительно в 100 раз превышала пересмотренную в 2009 году допустимую суточную дозу для человека [5]. Важной особенностью большинства исследований, проводимых на культуре крови с использованием пищевых красителей, является отсутствие дополнительной метаболической активации, которая может

¹ Технический регламент Таможенного союза № 58 от 20 июля 2012 г. «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств». Евразийская экономическая комиссия. Режим доступа: https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/90d/P_58.pdf Дата обращения: 12.11.2024.

² Regulation (EC) No. 1333/2008 of the European Parliament and the Council of 16 December 2008 “Food additives”. Official Journal of the European Union. L 354:16–33. Режим доступа: https://www.legislation.gov.uk/eur/2008/1333/contents?utm_source=chatgpt.com Дата обращения: 12.11.2024.

существенно модифицировать эффекты нестабильности генома. Следует добавить, что в собственных исследованиях в микроядерном тесте на мышах *in vivo* найден генотоксический эффект трёх образцов понсо 4R, приобретённых в сети розничной торговли, при пероральном введении в диапазоне доз 125–2000 мг/кг [18].

Доступные экспериментальные данные указывают на наличие генотоксической активности понсо 4R, проявляющейся как у химически чистого вещества, так и у образцов, приобретённых в розничной торговой сети или экстрагированных из пищевых продуктов, потенциально содержащих примеси. Генотоксические эффекты наблюдали при сравнительно высоких дозах: *in vitro* — начиная с концентрации 0,1 мг/мл, и *in vivo* — при введении от 4 мг/кг массы тела животных, что соответствует 0,004 мг/мл в условиях культуры клеток. Эти данные обуславливают необходимость дополнительного экспериментального подтверждения и оценки возможных рисков, связанных с использованием данного красителя в продуктах питания.

Цель

Оценить генетическую безопасность пищевого красителя на основе понсо 4R (E124), поступившего в розничную торговлю, с использованием микроядерного теста на цельной крови человека, культивируемой в условиях цитокинетического блока, как в присутствии системы метаболической активации, так и без неё.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено экспериментальное одноцентровое неослепленное контролируемое исследование.

Изучено действие пищевого красителя в широком диапазоне концентраций на клетках цельной крови человека, культивированных в условиях цитокинетического блока в присутствии или без системы метаболической активации гепатоцитов крыс S9, в соответствии с руководством [28].

Образец красителя на основе понсо 4R, использованный в работе, приобретён в розничной торговой сети г. Москвы. Краситель произведён на заводе Roha Dychem PVT. LTD (Индия) в 2019 году со сроком годности до 2024 года. Российский дистрибьютер предоставил также Декларацию от 21.09.2018 (действительна в течение 3 лет) о соответствии красителя Техническому регламенту Евразийского экономического союза (табл. 1), выданную на основании результатов анализов, выполненных в независимой испытательной лаборатории по заказу дистрибьютера.

Условия проведения

Исследование проведено на базе ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального

медико-биологического агентства.

Описание эксперимента

Для оценки генотоксической активности пищевого красителя без и в присутствии системы метаболической активации S9 при выборе концентраций ориентировались на допустимые дозы, применяемые в токсикологических экспериментах на животных. В качестве положительного контроля использовали митомицин С (0,01 мкг/мл), а отрицательного контроля — дистиллированную воду.

Четыреста микролитров цельной крови (брали у одного из авторов исследования, подписавшего добровольное информированное согласие) помещали в 3,6 мл питательной среды F-10® («ПанЭко», РФ), дополненной 20% инактивированной сывороткой крови крупного рогатого скота («ПанЭко», РФ) и 7,5 мкл/мл фитогемагглютинаина («ПанЭко», РФ). Культивирование проводили при 37 °С в течение 72 часов. Спустя 24 часа после начала культивирования в культуру вводили водные растворы пищевого красителя, предварительно отфильтрованные через мембранный фильтр [регенерированная целлюлоза, 0,22 мкм, 47 мм, (GVS SpA, Италия)], балансируя её общий объём стерильной дистиллированной водой. Цитохалазин В («ПанЭко», РФ) до конечной концентрации 6 мкг/мл

Таблица 1. Сертификат анализа на соответствие красителя требованиям Техническому регламента Евразийского экономического союза
Table 1. Certificate of analysis for compliance of the colorant with the Technical Regulations of the Eurasian Economic Union

Компонент продукта Product component	Понсо 4R, серия 1007284496–100728554 Ponceau 4R, batch 1007284496–100728554
Содержание красящих веществ, % Content of colorant substances, %	83,110
Вещества нерастворимые в воде, % Water-insoluble substances, %	0,042
Вспомогательные красящие вещества, % Auxiliary colorant substances, %	<1,00
Экстрагируемые эфиром вещества, % Ether-extractable substances, %	<0,200
Органические компоненты за исключением красящих веществ, % Organic components excluding colorant substances, %	<0,500
Несульфированные основные ароматические амины (в расчётах анилин), % Non-sulfonated primary aromatic amines (calculated as aniline), %	<0,010
Свинец (Pb), мг/кг Lead (Pb), mg/kg	<2,00
Мышьяк (As), мг/кг Arsenic (As), mg/kg	<1,00
Ртуть (Hg), мг/кг Mercury (Hg), mg/kg	<1,00
Кадмий (Cd), мг/кг Cadmium (Cd), mg/kg	<1,00

вводили в культуру на 44 часу. При использовании системы метаболической активации на 48 часу в культуральную среду вводили 200 мкл фракции S9 из печени крыс Wistar с коферментами по прописи, используемой при постановке теста Эймса [29]. По завершению 3-часовой инкубации при 37 °С клетки во всех культурах отмывали стерильной средой F-10^{*} («ПанЭко», РФ), которую затем заменяли на свежую, содержащую фитогемагглютинин, L-глутамин и цитохалазин В. Культивирование продолжали при 37 °С в течение последующих 21 часа.

Основной исход исследования

Оценка генетической безопасности красителя в экспериментальной модели на клетках цельной венозной крови человека, культивированных в условиях цитогенетического блока.

Методы регистрации исходов

Предварительно гипотонизированные клетки фиксировали [25], наносили на замороженные предметные стёкла и окрашивали азур-эозином по Романовскому. Цитомный анализ шифрованных препаратов выполняли по расширенному протоколу микроядерного теста в соответствии с методическими рекомендациями [25, 26], подсчитывая по 1000 2-ядерных клеток для оценки частоты микроядер и по 500 клеток — для определения спектра клеточных популяций.

Этическая экспертиза

Исследование проводили на донорской крови некурящих, молодых и здоровых участников эксперимента, которые подписали информированное согласие на участие в этой работе.

Проведение исследования одобрено этической комиссией по серии экспериментов по оценке генотоксических эффектов пищевых красителей № 04П-14.05.2021 от 14.05.2021.

Статистический анализ

Статистический анализ данных проводили в программе Statistica[®] 10.2 (Statsoft, Dell Inc., США). Для сравнения эффектов с контролем и между отдельными культурами, подвергавшимися воздействию одинаковых концентраций красителя, использовали критерий χ^2 . Сравнение дозовых зависимостей, полученных в условиях метаболической активации и без неё, проводили с использованием непараметрического U-критерия Манна–Уитни. Различия считали значимыми при $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Уровни эффектов нестабильности генома в культуре лимфоцитов человека показаны в табл. 2.

Возможно чётко проследить, что генотоксические эффекты пищевого красителя в культурах

без и в присутствии системы метаболической активации S9 проявлялись качественно по-разному. Так, в условиях её отсутствия действие самых низких концентраций (0,000 025 6–0,000 64 мг/мл) сопровождалось дозозависимым снижением частоты 2-ядерных клеток с нуклеоплазменными мостиками (НПМ) и в одном случае — снижением частоты 4-ядерных клеток с микроядрами, что может свидетельствовать о гибели клеток с такими повреждениями. Повышение генотоксических эффектов красителя по сравнению с контролем обнаружено, начиная с концентрации пищевого красителя 0,0032 мг/мл, что выражалось в увеличении частоты 2- и 4-ядерных клеток с НПМ, а также 2-ядерных клеток с микроядрами и НПМ. При дальнейшем повышении концентрации красителя наблюдали признаки геномной нестабильности преимущественно в полиядерных клетках.

В условиях метаболической активации и при высоких концентрациях красителя (начиная с 0,08 мг/мл), фиксировали значительную гибель клеток, поэтому такие препараты не анализировали.

В культурах с дополнительной метаболической активацией (содержащих S9) по сравнению с соответствующим контролем наблюдали статистически значимое увеличение частоты 2-ядерных клеток с микроядрами при воздействии двух минимальных и одной максимальной из исследованных концентраций красителя (см. табл. 2). При этом частота 2-ядерных клеток с НПМ в условиях метаболической активации при всех использованных концентрациях статистически значимо не отличалась от контроля (см. табл. 2). Кроме того, частота 4-ядерных клеток с НПМ в культурах с метаболической активацией была статистически значимо ниже, чем без неё ($p < 0,001$). Статистически значимо более высокая частота клеток с генетическими повреждениями (микроядра + НПМ) отмечена в культурах без добавления фракции S9 по сравнению с экспозицией в условиях дополнительной метаболической активации во всех делящихся и ускоренно делящихся клетках ($p < 0,001$), начиная с концентрации красителя 0,000 64 мг/мл.

Процессы пролиферации при культивировании в условиях блока цитокинеза характеризуются распределением клеток с различным количеством ядер в спектре клеточных популяций (рис. 1). Влияние метаболической активации на продолжительность клеточного цикла проявляется в значительном увеличении доли 1- и 2-ядерных клеток, а также в снижении численности клеток, прошедших более одного цикла деления в присутствии цитохалазина В (см. рис. 1). Все полученные результаты свидетельствуют о том, что в условиях метаболической активации по сравнению с культурами без неё наблюдали торможение пролиферации клеток. Анализ спектра клеточных популяций в культурах без добавления фракции S9 (рис. 2, а) показал, что воздействие минимальных концентраций понсо 4R сопровождалось торможением пролиферации клеток, что подтверждено

Таблица 2. Эффекты нестабильности генома в первичных культурах клеток цельной крови человека при воздействии пищевого красителя с и без метаболической активации**Table 2.** Genomic instability effects in primary cultures of human whole blood cells exposed to the food colorant with and without metabolic activation

Концентрация пищевого красителя, мг/мл культуры Concentration of food colorant, mg/mL	Частота клеток с генетическими повреждениями, % Frequency of cells with genetic damage, %									
	Клетки, не прошедшие ни одного митотического цикла (неделяющиеся) Cells that did not undergo mitosis (non-dividing)		Прошли один митотический цикл Completed one mitotic cycle		Прошли два митотических цикла Completed two mitotic cycles				Прошли более двух митотических циклов Completed more than two mitotic cycles	
	1-ядерные клетки Mononucleated cells		2-ядерные клетки Binucleated cells		3-ядерные клетки Trinucleated cells		4-ядерные клетки Tetranucleated cells		Полиядерные клетки Multinucleated cells	
	МЯ MN	Кольцевое ядро Nuclear ring	МЯ MN	НПМ NPB	МЯ MN	НПМ NPB	МЯ MN	НПМ NPB	МЯ MN	НПМ NPB
<i>Без метаболической активации Without metabolic activation</i>										
Митомицин Mitomycin 0,000 01	0,4	—	1,8	0,8	18,5	3,7	3,6*	3,6*	33,3*	33,3
0	0,6	—	1,30	1,10	7,69	15,38	18,02	20,72	6,41	19,23
0,000 025 6	—	—	1,50	0,40*	26,67	13,33	10,00	28,89	6,67	13,33
0,000 128	—	—	0,90	0,30*	16,67	0,00	13,79	29,31	7,02	14,04
0,000 64	0,20	—	0,70	0,10*	3,13	6,25	5,74*	18,03	10,98	21,95
0,0032	—	—	1,70	3,40*	9,09	0,00	10,26	37,61*	13,73	23,53
0,016	—	—	1,40	0,4	0,00	3,45	22,76	20,00	16,13	46,77*
0,08	0,40	—	0,70	0,8	6,25	9,38	11,11	10,56	16,67	33,33
0,4	0,20	—	1,50	1,5	20,00	20,00	12,77	23,40	21,28*	51,06*
2,0	—	—	1,50	1,7	7,41	18,52	19,30	21,93	18,18	4,55
<i>В условиях метаболической активации With metabolic activation</i>										
0	0,40	—	0,90	0,8	0	5	—	—	—	—
0,000 025 6	—	0,4	2,10*	0,2	7,69	3,08	11,11	5,13	15,79	0,00
0,000 128	—	0,2	2,10*	0,5	6,90	8,62	7,44	14,88	9,38	9,38
0,000 64	0,4	—	1,8	0,4	6,76	5,41	3,25	5,69	7,50	5,00
0,0032	—	—	0,4*	—	10,87	2,17	0,69	5,52	7,32	2,44
0,016	—	0,2	2,5*	0,3	12,00	4,00	7,69	3,85	5,77	9,62
0,08 и выше	Токсический эффект Toxic effect									

Примечание. * — статистически значимые отличия от контроля, $p \leq 0,05$; МЯ — микроядра; НПМ — нуклеоплазматические мостики.

Note: *, statistically significant differences from control, $p \leq 0.05$; MN, micronuclei; NPB, nucleoplasmic bridges.

статистически значимым увеличением доли неделящихся 1-ядерных клеток ($p < 0,001$) и клеток, прошедших один митотический цикл (2-ядерных, $p < 0,001$) по сравнению с контролем. Одновременно отмечено уменьшение доли клеток, завершивших два и более цикла в присутствии цитохалазина В (многоядерные клетки с числом ядер ≥ 3). При повышении концентрации красителя до 0,08 мг/мл наблюдали ускорение пролиферации, сопровождающееся снижением доли неделящихся клеток и увеличением клеток, завершивших один и более циклов деления ($p < 0,001$) после введения цитохалазина В. Особого внимания заслуживает увеличение численности 3-ядерных

клеток, которое может свидетельствовать о возникновении анеуплоидии ($p < 0,001$). В условиях метаболической активации краситель в концентрациях выше 0,08 мг/мл тормозил процессы пролиферации, что можно трактовать как токсический эффект. Выявленное на высоких концентрациях красителя увеличение частоты полиядерных клеток с микроядрами и НПМ в сочетании с признаками торможения пролиферации позволяет предположить подавление репаративных процессов. Анализ спектра клеточных популяций в культурах, содержащих фракцию S9 и различные концентрации красителя (см. рис. 2, b), показал статистически значимое снижение доли

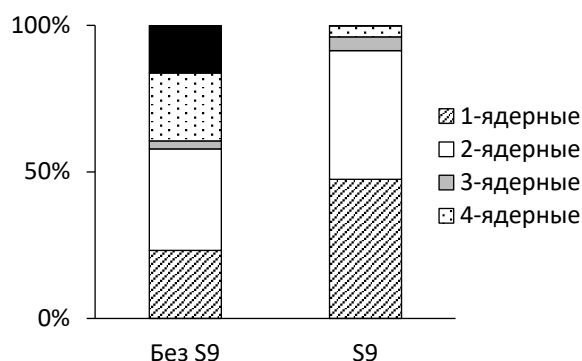


Рис. 1. Контрольные культуры: спектр клеток, прошедших разное количество циклов делений в присутствии цитохалазина В. S9 — система метаболической активации.

Fig. 1. Control cultures: spectrum of cells that completed varying numbers of division cycles in the presence of cytochalasin B. S9, metabolic activation system.

1- и 2-ядерных клеток по сравнению с контролем с фракцией S9 ($p < 0,02$). При этом для фракции 1-ядерных клеток выявлена чёткая U-образная зависимость от дозы: при низких концентрациях 0,000 025 6–0,000 64 мг/мл наблюдали ускорение пролиферации, а при более высоких — её угнетение. Кроме того, при воздействии концентраций красителя, не подавляющих пролиферацию, наблюдали статистически значимое увеличение доли ускоренно делящихся клеток (3-, 4- и полиядерных) по сравнению с контролем с добавлением фракции S9 ($p < 0,001$). Особое интерес представляет увеличение численности фракции анеуплоидных 3-ядерных клеток — феномена, возникающего не только *in vitro* и *ex vivo*, но и также при обследовании людей, подвергшихся воздействию генотоксикантов [26, 27].

В культурах без дополнительной метаболической активации при воздействии красителя в концентрациях 0,000 025 6 и 0,016 мг/мл частота апоптоза была статистически значимо выше по сравнению с контролем, тогда

как при обработке наиболее высокими концентрациями статистически значимых отличий не наблюдали (табл. 3). При отсутствии метаболической активации снижение митотической активности отмечено при концентрациях пищевого красителя 0,000 128, 0,0032, 0,4 и 2 мг/мл.

Введение фракции S9 в контрольную культуру приводило к значительному увеличению частоты апоптоза по сравнению со спонтанными эффектами, однако во всех культурах, содержащих пищевой краситель, её добавление вызывало снижение апоптоза. При этом митотическая активность в условиях метаболической активации была выше, чем в соответствующих культурах без фракции S9, за исключением контрольной.

Таким образом, в присутствии фракции S9 наблюдали одновременное усиление митотической активности и снижение частоты апоптоза на фоне индукции повреждений ДНК (см. табл. 2). Это создаёт условия для фиксации генетических нарушений в поколениях делящихся клеток и повышает риск их опухолевой трансформации.

ОБСУЖДЕНИЕ

В исследовании проведён цитомный анализ проявлений геномной нестабильности в лимфоцитах человека при *ex vivo* воздействии пищевого красителя в широком диапазоне концентраций. В задачи работы входило не только культивирование цельной венозной крови человека с воздействием красителя в широком диапазоне концентраций в условиях цитокинетического блока, но и оценка влияния дополнительной метаболической активации на индукцию генотоксических эффектов.

Получены три группы данных, демонстрирующих влияние пищевого красителя с учётом способа культивирования на:

- индукцию повреждений ДНК в разных популяциях делящихся клеток;

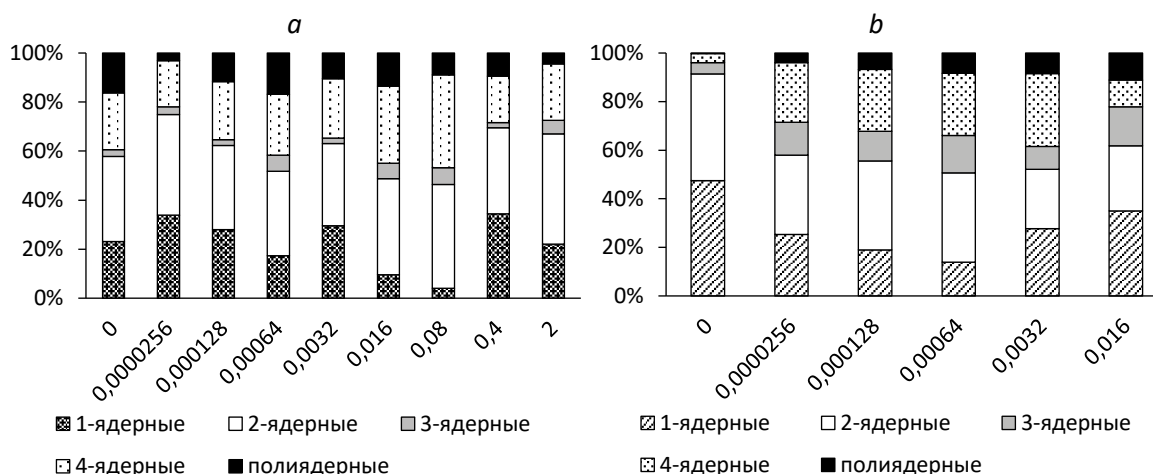


Рис. 2. Влияние пищевого красителя на пролиферацию клеток: а — воздействие только понсо 4R; б — воздействие понсо 4R в условиях метаболической активации.

Fig. 2. Effects of the food colorant on cell proliferation: a, exposure to Ponceau 4R only; b, exposure to Ponceau 4R under metabolic activation conditions.

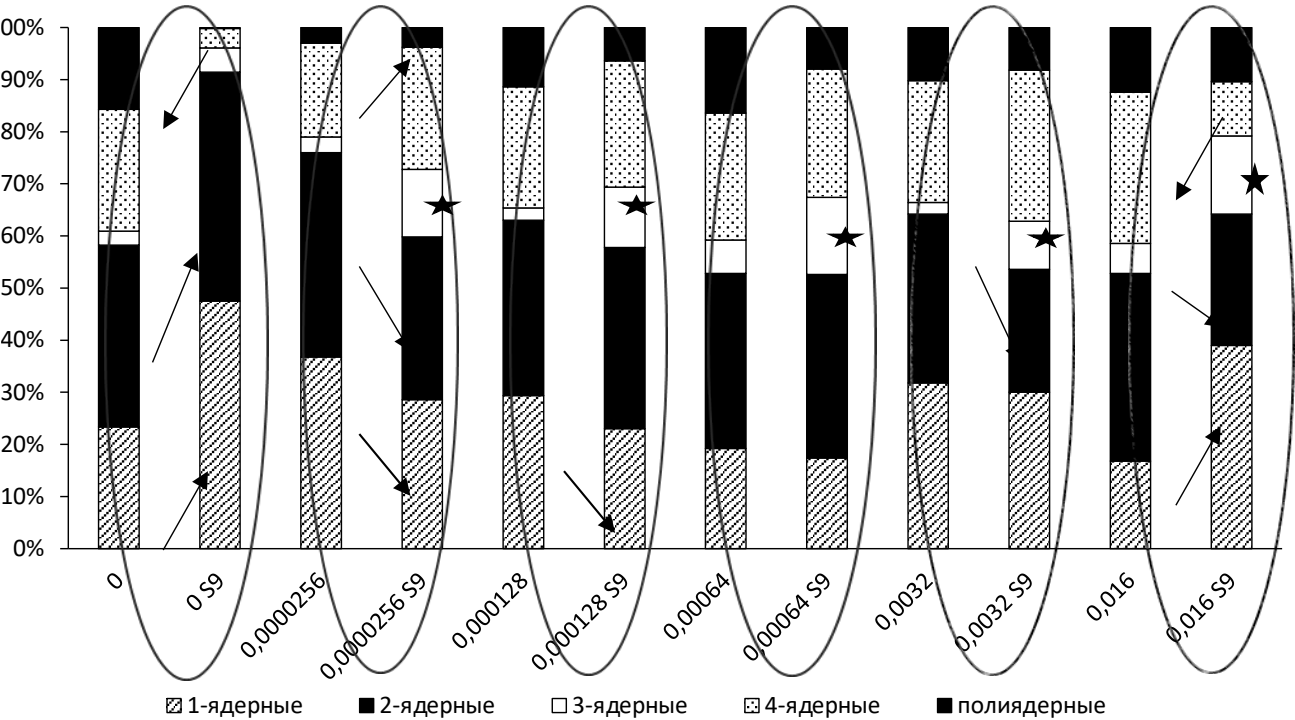


Рис. 3. Парное сравнение спектров клеточных популяций в культурах крови человека после воздействия пищевого красителя в условиях метаболической активации и без: красная звезда — статистически значимые различия в частоте 3-ядерных клеток в спектре клеточных популяций при различных способах культивирования; стрелки — статистически значимые различия в частоте клеток, прошедших одинаковое число циклов деления при различных способах культивирования (направление указывает вектор изменения, а её цвет соответствует той клеточной фракции, для которой это изменение статистически значимое). S9 — система метаболической активации.

Fig. 3. Pairwise comparison of cell population spectra in human blood cultures after exposure to the food colorant with and without metabolic activation: red star, statistically significant differences in the frequency of trinucleated cells within the spectrum of cell populations under different cultivation conditions; arrows, statistically significant differences in the frequency of cells that completed the same number of division cycles under different cultivation conditions (the direction indicates the vector of change, and the color corresponds to the cell fraction for which the difference is statistically significant). S9, metabolic activation system.

Таблица 3. Митотическая активность и апоптоз в культурах клеток при воздействии пищевого красителя в условиях метаболической активации и без

Table 3. Mitotic activity and apoptosis in cell cultures exposed to the food colorant with and without metabolic activation

Концентрация пищевого красителя, мг/мл Food colorant concentration, mg/mL	Частота апоптоза, % Apoptosis rate, %		Частота митоза, % Mitosis rate, %	
	без S9 without S9	с S9 with S9	без S9 without S9	с S9 with S9
0	0,80	13,20	3,40	0,40
0,000 025 6	2,60*	0,40*	1,80	4,00*
0,000 128	1,20	0,60*	0,80*	4,40*
0,000 64	0,20	1,20*	2,00	2,80*
0,0032	1,80	1,00*	1,40*	2,20*
0,016	3,80*	1,40*	4,20	4,80*
0,08	—	Токсический эффект Toxic effect	5,20	Токсический эффект Toxic effect
0,4	0,20		0,60*	
2	—		1,00*	
Митомицин Mitomycin 0,000 01	12,00		1,40	

Примечание. * — статистически значимые отличия от контроля, $p \leq 0,05$.

Note: *, statistically evident differences from control, $p \leq 0.05$.

- пролиферативную активность и спектр клеточных популяций;
- митотическую активность и апоптоз.

Анализ генетических повреждений в клетках по всему диапазону исследованных концентраций пищевого красителя показал, что статистически значимое увеличение по сравнению с контролем наблюдали преимущественно в популяции клеток с НПМ, тогда как при воздействии в условиях метаболической активации — в клетках с микроядрами (см. табл. 2). Кроме того, клетки, несущие одновременно два типа повреждений (микроядра + НПМ), в культурах с фракцией S9 встречали значительно реже, чем без неё. Статистически значимые различия в эффектах обнаружены для 4- и полиядерных клеток ($p=0,003$ и $p=0,001$ соответственно), а также по суммарной частоте всех делящихся и ускоренно делящихся клеток, прошедших два и более митотических циклов в присутствии цитохалазина В ($p < 0,001$), начиная с концентрации 0,000 64 мг/мл.

Совокупность клеточных популяций в каждой культуре при цитокинетическом блоке определяли после введения цитохалазина В следующим образом:

- неделящиеся клетки — 1-ядерные;
- клетки, прошедшие один митотический цикл — 2-ядерные;
- клетки, прошедшие два цикла деления — 3- или 4-ядерные;
- клетки, прошедшие более двух циклов — полиядерные, содержащие более четырёх ядер.

Следует понимать, что с уменьшением доли неделящихся 1-ядерных клеток в культуре увеличивается число клеток, вступивших в митоз и прошедших за время культивирования более 1 цикла деления (содержат более 2 ядер). При каждом последующем делении в клетках выявляется всё больше скрытых генетических повреждений, проявляющиеся в виде микроядер и НПМ. Чем больше циклов деления прошли клетки в присутствии цитохалазина В, тем выше вероятность появления таких повреждений. На основании учёта всех клеточных популяций в культурах без фракции S9 мы подсчитали общее количество клеток с микроядрами и НПМ и сравнили с соответствующими значениями в культурах с метаболической активацией. Статистический анализ, выполненный с помощью критерия Манна–Уитни, показал статистически значимые различия между дозовыми кривыми ($p=0,008$).

Влияние метаболической активации на пролиферацию клеток проявилось по-разному. Так, в контрольных культурах (рис. 3, попарное сравнение) присутствие S9 тормозило пролиферацию клеток. Торможение пролиферации отметили также при воздействии минимальной из исследованных концентраций красителя, что сопровождалось увеличением частоты неделящихся клеток и снижением численности клеток, делящихся ускоренно. Однако при совместном введении в культуру фракции S9 и минимальной концентрации пищевого красителя, напротив,

наблюдали ускорение пролиферации, о чём свидетельствует статистически значимое уменьшение доли неделящихся клеток и увеличение суммарной численности клеток, прошедших два и более митотических цикла ($p < 0,001$). В условиях отсутствия метаболической активации аналогичный эффект регистрировали только при воздействии пищевого красителя на культуру в концентрации 0,000 64 мг/мл ($p=0,025$). При дальнейшем её повышении спектр клеточных популяций изменился. Смену характера тенденции в культурах без фракции S9 наблюдали при концентрации пищевого красителя 0,08 мг/мл, тогда как в её присутствии — уже при 0,000 64 мг/мл. При этом различия между клеточными культурами с метаболической активацией и без неё заключались преимущественно в статистически значимом увеличении доли 3-ядерных клеток ($p=0,002$), что может свидетельствовать об индукции анеуплоидии.

Воздействие пищевого красителя в концентрации 0,0032 мг/мл приводило к снижению пролиферативной активности по сравнению с контролем, а добавление фракции S9, напротив, способствовало её активации ($p < 0,001$), что подтверждено увеличением доли ускоренно делящихся клеток, в том числе прошедших два митотических цикла: 3-ядерных ($p=0,03$) и 4-ядерных ($p < 0,05$) (см. рис. 3). Минимальная концентрация пищевого красителя ингибировала пролиферацию клеток, в то время как совместное введение фракции S9 с красителем способствовало её активации. Однако при увеличении концентраций пищевого красителя от 0,000 64 мг/мл подобный эффект в большинстве пролиферирующих фракций уже не наблюдали, а дальнейшее повышение его концентрации в условиях метаболической активации сопровождалось выраженным торможением клеточного деления. Таким образом, анализ спектра клеточных популяций выявил U-образную зависимость пролиферативной активности от концентрации красителя, что важно для оценки его токсикологического профиля и обоснования предельно допустимых уровней.

Ускорение пролиферации клеток, несущих генетические повреждения, ассоциировано с блоком апоптоза и сокращением продолжительности клеточного цикла, что связано с закреплением имеющихся ранее или вновь образовавшихся повреждений в ряду поколений делящихся клеток и, в свою очередь, с повышением риска развития новообразований и ускорением старения.

Особое внимание следует уделить статистически значимому увеличению частоты анеуплоидных 3-ядерных клеток во всех культурах с добавлением фракции S9 по сравнению с количеством, зафиксированном без дополнительной метаболической активации ($p=0,03$). В культурах крови здоровых детей и взрослых 3-ядерные клетки всегда присутствуют в популяции клеток второго митоза, однако их доля, как правило, не превышает 10% этого пула. При этом их частота не коррелирует с возрастом доноров, но — что особенно важно — снижается по мере

повышения уровня апоптоза [30, 31]. Следует также отметить, что в данном эксперименте увеличение частоты 3-ядерных клеток по сравнению с соответствующим контролем отмечено только в условиях метаболической активации. Это позволяет предположить, что их индукция обусловлена метаболитами пищевого красителя либо соединениями и их метаболитами, содержащимися в примесях.

В настоящей работе, аналогично данным, полученным при оценке генотоксичности пищевого красителя тартразина [32], мы обнаружили снижение уровня апоптоза при всех использованных концентрациях красителя в присутствии фракции S9. При этом контрольный уровень был сопоставим с таковым при воздействии понсо 4R. Известно, что изменения нормального уровня апоптоза, также как нарушения отдельных его механизмов, могут лежать в основе канцерогенеза, нейродегенеративных процессов, воспалений, а также некоторых аутоиммунных заболеваний. Эти состояния тесно связаны с генетической нестабильностью и, следовательно, с повышением канцерогенных и других ассоциированных рисков [33–35].

Согласно спецификации (см. табл. 1), исследуемый образец содержал 83,110% основного красителя и не более 6,752% идентифицированных примесей, что составляет 89,862% смеси на основе понсо 4R. Таким образом, оставшиеся 10,138% приходятся на неидентифицированные компоненты этой смеси. Полагают, что как основной краситель, так и идентифицированные и неидентифицированные примеси, а также их метаболиты могут в совокупности участвовать в индукции выявленных эффектов генетической нестабильности.

В.В. Юрченко и соавт. [18] изучили генотоксическую активность трёх разных образцов красителя E124, приобретённых в розничной торговой сети. Все они проявили мутагенную активность на проэритробластах костного мозга мышей в стандартной постановке микроядерного теста. Активность одного из этих образцов мы исследовали в настоящей работе и выявили эффекты нестабильности генома. Таким образом, результаты, которые мы получили, не только качественно воспроизводят данные, ранее полученные в параллельных экспериментах с использованием другого теста, но расширяют доказательную базу, позволяя более глубоко понять возможные механизмы индукции генотоксических эффектов. Тем не менее вопрос о непосредственном индукторе наблюдаемых эффектов геномной нестабильности в изученном красителе на основе понсо 4R остаётся открытым. Именно поэтому нельзя исключить, что метаболизирующая активность фракции S9 в условиях нашего эксперимента направлена не только на трансформацию молекул красителя, но и также (и/или преимущественно) на изменение состава содержащихся в нём примесей. Мы полагаем, что при принятии решений о допустимости использования пищевых красителей, содержащих примеси (учитывая, что получение высокоочищенных веществ для массового

использования в пищевой промышленности экономически затруднительно), необходимо разработать и внедрить специальный регламент оценки их генотоксического потенциала. В качестве экспериментальной основы для такого подхода (из-за простоты постановки, чёткости протокола цитомного анализа, скорости, надёжности получения результатов) возможно использовать протокол, представленный в настоящем исследовании, а также в нашей ранее опубликованной работе, выполненной по аналогичной схеме [32].

Генетическую безопасность в РФ оценивают только для пищевых продуктов и добавок, полученных с использованием генетически модифицированных микроорганизмов [36]. Мы рассматриваем такое ограничение как существенный недостаток действующей системы оценки генетической безопасности продуктов питания. Именно поэтому в дизайн данного исследования мы внесли несколько изменений. В частности, минимальную концентрацию красителя, использованную в эксперименте, мы снизили более чем в 150 и 30 раз по сравнению с допустимой суточной дозой, использовали систему метаболической активации гепатоцитов крыс. Кроме того, наряду с анализом частоты микроядер и НПМ в 2-ядерных клетках, исследовали спектр клеточных популяций, характер повреждений в различных типах клеток, митотическую активность, а также частоту апоптоза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выявлены генотоксические эффекты образца пищевого красителя на основе понсо 4R, приобретённого в розничной торговой сети и содержащего, согласно спецификации, 83,1% основного красящего вещества. На основании полученных данных невозможно однозначно определить, с каким компонентом смеси связаны выявленные эффекты — с самим понсо 4R, содержащимися в нём примесями и/или с их метаболитами. Тем не менее очевидно, что данная смесь, используемая в пищевой промышленности, с высокой вероятностью поступает в рацион конечного потребителя.

Именно поэтому представляет особую важность тот факт, что для исследуемого пищевого красителя на основе понсо 4R уже на уровне допустимой суточной дозы (в нашем случае 0,000 64 мг/кг) вне зависимости от наличия системы дополнительной метаболической активации выявлено статистически значимое повышение уровня анеуплоидии (по частоте 3-ядерных клеток). Кроме того, только в условиях метаболической активации наблюдали снижение уровня апоптоза на фоне усиления митотической активности. Существенно и то, что в присутствии фракции S9 превышение контрольных значений по частоте 2-ядерных клеток с микроядрами («золотой стандарт» оценки генотоксичности в микроядерном тесте на культуре клеток крови млекопитающих) обнаружено уже при минимальных использованных концентрациях

красителя, более чем в 150 и 30 раз соответственно ниже нормы для человека.

Использованный экспериментальный подход не только позволил выявить высокую вероятность возникновения генотоксических эффектов, которые, как правило, не учитывают при стандартной оценке, но также может служить основой для разработки системы оценки генетической безопасности пищевых красителей и добавок.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Т.А. Никитина — постановка эксперимента, цитомный анализ, статистический анализ полученных данных, написании текста рукописи; М.А. Коняшкина — постановка эксперимента, статистическая обработка данных, написание текста рукописи; Ф.И. Ингель — руководство исследованием, концепция и дизайн исследования, написание и редактирование текста рукописи; Л.В. Ахальцева — создание системы метаболической активации S9 и руководство её использованием в эксперименте. 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. Выписка из протокола этической комиссии по серии экспериментов по оценке генотоксических эффектов пищевых красителей № 04П-14.05.2021 от 14.05.2021.

Источники финансирования. Работа выполнена в рамках государственного задания «Создание комплексной системы оценки генотоксичности пищевых добавок» Регистрационный № НИОКТР АААА-А20-120111090100-6.

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

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

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

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

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: T.A. Nikitina: experimental design, cytome analysis, statistical analysis of the data, writing—original draft; M.A. Konyashkina: experimental design, statistical data processing, writing—original draft; F.I. Ingel: supervision, conceptualization and study design, writing—original draft, writing—review & editing; L.V. Akhaltseva: development of the S9 metabolic activation system and supervision of its application in the experiment. All authors approved the version of the manuscript to be published and agree 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: Excerpt from the Ethics Committee protocol on the series of experiments evaluating the genotoxic effects of food colorants No. 04P-14.05.2021 dated May 14, 2021.

Funding sources: This study was carried out as part of the state assignment *Development of a Comprehensive System for the Assessment of the Genotoxicity of Food Additives*, Registration No. НИОКТР АААА-А20-120111090100-6.

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 study or article.

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

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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. FDA. Food and drug administration compliance program guidance manual. Chapter 03 —Foodborne biological hazards. USA: FDA; 2008. Available from: <https://www.fda.gov/media/71245/download>
2. Agarwai K, Mukherjee A, Sharma A. *In vivo* cytogenetic studies on male mice exposed to Ponceau 4R and beta-carotene. *Cytobios*. 1993;74(296):23–28.
3. Bateman B. The effects of a double blind, placebo controlled, artificial food colourings and benzoate preservative challenge on hyperactivity in a general population sample of preschool children. *Archives of Disease in Childhood*. 2004;89(6):506–511. doi: 10.1136/adc.2003.031435
4. McCann D, Barrett A, Cooper A, et al. Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *The Lancet*. 2007;370(9598):1560–1567. doi: 10.1016/S0140-6736(07)61306-3
5. EFSA Panel on Food Additives or Nutrient Sources Added to Food. Scientific Opinion on the re-evaluation of Ponceau 4R (E 124) as a food additive. *EFSA Journal*. 2009;7(11):1328. doi: 10.2903/j.efsa.2009.1328
6. Kirkland D, Reeve L, Gatehouse D, Vanparys P. A core in vitro genotoxicity battery comprising the Ames test plus the in vitro micronucleus test is sufficient to detect rodent carcinogens and in vivo genotoxins. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 2011;721(1):27–73. doi: 10.1016/j.mrgentox.2010.12.015 EDN: OKOVFF
7. Yurchenko VV, Ingel FI, Akhaltseva LV, et al. Genotoxic safety of synthetic food colours. Review. *Ecological genetics*. 2021;19(4):323–341. doi: 10.17816/ecogen79399 EDN: MUULZS
8. Ishidate M, Sofuni T, Yoshikawa K, et al. Primary mutagenicity screening of food additives currently used in Japan. *Food and Chemical Toxicology*. 1984;22(8):623–636. doi: 10.1016/0278-6915(84)90271-0
9. Izbirak A, Sumer S, Diril N. Mutagenicity testing of some azo dyes used as food additives. *Microbiol Bul*. 1990;24(1):48–56.
10. Hayashi M, Matsui M, Ishii K, Kawasaki M. Data sheet for mutagenicity evaluation of food additives by Ministry of Health Labour and Welfare (FY1979-FY1998). *Environ Mutagen Res*. 2000;22:27–44.
11. Haveiand-Smith RB. *An evaluation on the genetic effects of some food colours using microbia test systems*. Ph D. Thesis. London: CNA; 1980.
12. Yamjala K, Subramania Nainar M, Varma SK, Ambore N. Separation, identification and mutagenic assessment of the photodegradation products of Ponceau 4R (E124) in a beverage. *Analytical Methods*. 2016;8(25):5017–5024. doi: 10.1039/C6AY00716C
13. Cameron TP, Hughes TJ, Kirby PE, et al. Mutagenic activity of 27 dyes and related chemicals in the Salmonella/microsome and mouse lymphoma TK+/- assays. *Mutation Research/Genetic Toxicology*. 1987;189(3):223–261. doi: 10.1016/0165-1218(87)90056-5
14. Luck H, Rickerl E. Lebensmittelzusatzstoffe und mutagene Wirkung. VI. Pruefung der in Westdeutschland zugelassenen und urapruenglich

- vorgeachlagenen Lebensmittelfarbatoffe auf mutagene Wirkung an *Escherichia coli*. *Z Lebens- mittel-Untersuch-Forsch.* 1960;112:157–174. (In German)
15. Sankaranarayanan N, Murthy MSS. Testing of some permitted food colours for the induction of gene conversion in diploid yeast. *Mutation Research/Genetic Toxicology.* 1979;67(4):309–314. doi: 10.1016/0165-1218(79)90026-0
 16. Gubbini L, Cardamone J, Voiterra-Veca L, et al. Controio dei effetti mutageni di alcuni coloranti chimici ambientali. *Atti Ass. Genet Ital.* 1975;20:43–44.
 17. Vaidya VG, Godbole NM. Mutagenicity study of four colours using human leucocyte and mouse micronucleus test systems. *Indian Journal of Experimental Biology.* 1978;16(7):820–821.
 18. Yurchenko VV, Akhaltseva LV, Yurtseva NA, et al. Evaluation of mutagenic activity of the food dye Ponceau 4R in a micronuclear test in mice. *Hygiene and sanitation.* 2023;102(11):1210–1214. doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-11-1210-1214 EDN: RIWBWA
 19. Durnev AD, Oreshchenko AV, Kulakova AV, Beresten NF. Analysis of cytogenetic activity of food dyes. *Voprosy medicinskoj himii.* 1995;41(5):50–53. EDN: UZFCRZ
 20. Bastaki M, Farrell T, Bhusari S, et al. Lack of genotoxicity in vivo for food color additive Tartrazine. *Food and Chemical Toxicology.* 2017;105:278–284. doi: 10.1016/j.fct.2017.04.034
 21. Sasaki YF, Kawaguchi S, Kamaya A, et al. The comet assay with 8 mouse organs: results with 39 currently used food additives. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis.* 2002;519(1-2):103–119. doi: 10.1016/s1383-5718(02)00128-6 EDN: AYFGGD
 22. Tsuda S. DNA Damage induced by red food dyes orally administered to pregnant and male mice. *Toxicological Sciences.* 2001;61(1):92–99. doi: 10.1093/toxsci/61.1.92 EDN: IWNCVD
 23. Yamada M, Honma M. Summarized data of genotoxicity tests for designated food additives in Japan. *Genes and Environment.* 2018;40(1):1–25. doi: 10.1186/s41021-018-0115-2 EDN: NMRVHY
 24. Shimada C, Kano K, Sasaki YF, et al. Differential colon DNA damage induced by azo food additives between rats and mice. *The Journal of Toxicological Sciences.* 2010;35(4):547–554. doi: 10.2131/jts.35.547
 25. Ingel FI. Part 2. Environmental factors and individual features in system of evaluation of human genome instability. additional capability of the test the technique for cytogenetic analysis. *Ecological genetics.* 2006;4(4):38–54. doi: 10.17816/ecogen4438-54 EDN: HZNVET
 26. Ingel FI, Yurchenko VV, Guskov AS, et al proliferative activity parameters and their correlation with genetic damage of blood lymphocytes duringcultivation under the conditions of cytokinetic block. *Annals of The Russian Academy of Medical Sciences.* 2006(4):41–45. EDN: HSYNGB
 27. Swaroop VR, Roy DD, Vijayakumar T. Genotoxicity of synthetic food colorants. *Journal of Food Science and Engineering.* 2011;1:53–59.
 28. OECD. *Test No. 487: In Vitro mammalian cell micronucleus test. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4.* Paris: OECD; 2023. doi: 10.1787/9789264264861-en
 29. Yeropkin MYh, Yeropkina EM. Model of biotransfor mation of xenobiotics *In vitro*: effect of liver fraction S9 on toxicity of some an livral preparations. *Toxicological Review.* 2008(5):35–39. EDN: JVOOMT
 30. Ingel FI, Erdinger L, Eckl P, et al. Genomic instability, radiosensitivity and adaptive response of blood lymphocytes from children living in the aral sea region: correlation with emotional stress and blood contamination. *Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 2010;16(1-2):31–45. EDN: WTJSLP
 31. Ingel F, Krivtsova E, Urtseva N, et al. Volatility and sensitivity of the genome of healthy children in Magnitogorsk. *Hygiene and Sanitation, Russian Journal.* 2013;92(3):20–27. EDN: QIQPXV
 32. Nikitina TA, Konyashkina MA, Ingel FI, Akhaltseva LV. Evaluation of the genotoxic effect of tartrazine using a metabolic activation system in human lymphocyte culture under cytokinetic block conditions. *Ecological Genetics.* 2023;21(1):41–51. doi: 10.17816/ecogen117502 EDN: VADCQS
 33. Rastogi RP, Richa, Sinha RP. Apoptosis: molecular mechanisms and pathogenicity. *EXCLI Journal.* 2010;8:155–181. doi: 10.17877/DE290R-8930
 34. Veres IA. Apoptosis-dependent mechanisms of inflammation. *Medical Journal.* 2017(3):147–152. EDN: ZEGMCP
 35. Lugovaya AV, Kalinina NM, Mitreikin VP, et al. Apoptosis and proliferation ofperipheral blood T-cells as alternative processes in pathogenesis of diabetes mellitus type 1. *Medical alphabet.* 2019;1(4):16–20. doi: 10.33667/2078-5631-2019-1-4(379)-16-20 EDN: PVXRKE
 36. *Microbiological and molecular genetic assessment of food products obtained using genetically modified microorganisms: guidelines.* Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of Russia; 2004. (In Russ.) Available from: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293855/4293855349.pdf>

ОБ АВТОРАХ

* Никитина Татьяна Александровна;

адрес: Россия, 119121, Москва, ул. Погодинская д. 10с1;
ORCID: 0000-0003-0866-5990;
eLibrary SPIN: 9106-5076;
e-mail: TNikitina@cspfmmba.ru

Коняшкина Мария Александровна, канд. биол. наук;

ORCID: 0000-0002-8319-1329;
eLibrary SPIN: 7559-9045;
e-mail: MKonyashkina@cspfmmba.ru

Ингель Фаина Исааковна, д-р биол. наук;

ORCID: 0000-0002-2262-6800;
eLibrary SPIN: 1013-7006;
e-mail: FIngel@cspfmmba.ru

Ахальцева Людмила Вячеславовна, канд. биол. наук;

ORCID: 0000-0002-3619-3858;
eLibrary SPIN: 7049-0003;
e-mail: LAhalceva@cspfmz.ru

AUTHORS' INFO

* Tatyana A. Nikitina;

address: 10s1 Pogodinskaya st, Moscow, Russia, 119121;
ORCID: 0000-0003-0866-5990;
eLibrary SPIN: 9106-5076;
e-mail: TNikitina@cspfmmba.ru

Maria A. Konyashkina, Cand. Sci. (Biology);

ORCID: 0000-0002-8319-1329;
eLibrary SPIN: 7559-9045;
e-mail: MKonyashkina@cspfmmba.ru

Faina I. Ingel, Dr. Sci. (Biology);

ORCID: 0000-0002-2262-6800;
eLibrary SPIN: 1013-7006;
e-mail: FIngel@cspfmmba.ru

Lyudmila V. Akhaltseva, Cand. Sci. (Biology);

ORCID: 0000-0002-3619-3858;
eLibrary SPIN: 7049-0003;
e-mail: LAhalceva@cspfmz.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Экологическая культура и экологизация жизни молодёжи Республики Татарстан

Ж.В. Савельева, А.А. Хохлов

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Необходимость детального изучения экологического сознания и поведения молодёжи, а также выявления характеристик данных компонентов экологической культуры подтверждена результатами ранее проведённых эмпирических исследований. Молодёжь Республики Татарстан демонстрирует высокий уровень экологической активности: 74% проявляют интерес к вопросам экологии, 93% убеждены в возможности личного вклада в охрану окружающей среды, а 72% сообщают об участии в экологических мероприятиях.

Цель. Раскрыть характер и содержание компонентов экологической культуры молодёжи (сознания и поведения), а также опыт экологизации их собственной жизни в современном обществе (на примере Республики Татарстан).

Материалы и методы. Для сбора социальной информации использовали количественный (массовый онлайн-опрос молодых людей, проживающих в Республике Татарстан в возрасте 16–35 лет, $n=1349$, 2023 год) и качественный (фокус-групповые обсуждения с «учащейся» и «работающей» молодёжью, $n=6$, 2023–2024 гг.) методы. Отбор респондентов в массовом онлайн-опросе осуществляли с учётом распределения по полу, возрасту и типу населённого пункта. Отбор информантов для фокус-групп выполняли с применением целевой выборки.

Результаты. Проведённое исследование позволило получить мнение молодёжи о степени её заинтересованности в экологической проблематике, участии в экологических мероприятиях и приобщённости к экологическим практикам. Обсуждение опыта экологизации собственной повседневной жизни позволило получить информацию об имеющихся институциональных и неинституциональных барьерах на пути к экологичному образу жизни.

Заключение. Исследование компонентов экологической культуры молодёжи Республики Татарстан позволило выявить, что экологическая ситуация, наряду с семейными ценностями, занимает высокие позиции в рейтинге важных сторон жизни. Степень заинтересованности экологической проблематикой и участия в экологических мероприятиях находятся на уровне, позволяющем совершать экологически оправданные действия в отношении окружающей среды с осознанием их последствий. Факторами, влияющими на данные переменные, являются социально-демографические характеристики (возраст, пол, тип места жительства), тип деятельности и факт изучения предмета «Экология».

Ключевые слова: экологическая культура; молодёжь; экологическое сознание; экологическое поведение.

Как цитировать:

Савельева Ж.В., Хохлов А.А. Экологическая культура и экологизация жизни молодёжи Республики Татарстан // Экология человека. 2024. Т. 31, № 12. С. 906–920. DOI: [10.17816/humeco643423](https://doi.org/10.17816/humeco643423) EDN: WZWRPM

Environmental Culture and Greening of Everyday Life Among Youth in the Republic of Tatarstan

Zhanna V. Saveleva, Alexey A. Khokhlov

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The need for a detailed examination of young people's environmental awareness and behavior—as well as identification of the characteristics of these components of environmental culture—is supported by previous empirical research. Youth in the Republic of Tatarstan demonstrate a high level of environmental engagement: 74% report interest in environmental issues, 93% believe they can personally contribute to environmental protection, and 72% report participating in environmental initiatives.

AIM: The study aimed to examine the nature and content of environmental culture components among young people (awareness and behavior), as well as their experience of environmental integration into everyday life in modern society (using the Republic of Tatarstan as example).

METHODS: To collect social data, both quantitative (a mass online survey of young people aged 16–35 residing in the Republic of Tatarstan, $n=1349$, 2023) and qualitative (focus group discussions with “student” and “working” youth ($n=6$, 2023–2024) methods were employed. The selection of respondents for the mass online survey was carried out with consideration of gender, age, and type of settlement. Focus group participants were selected using purposive sampling.

RESULTS: The study made it possible to gather young people's opinions regarding their interest in environmental issues, their level of participation in environmental initiatives, and their adoption of environmentally conscious practices. Discussion of young people's experiences of environmental integration into their daily lives made it possible to identify existing institutional and non-institutional barriers to pursuing an eco-friendly lifestyle.

CONCLUSION: The study of environmental culture components among youth in the Republic of Tatarstan showed that environmental situation, along with family values, rank highly among life priorities. The level of interest in environmental issues and involvement in ecological initiatives is sufficient to enable environmentally justified actions toward the environment, carried out with an awareness of their consequences. The variables are influenced by social and demographic characteristics (age, gender, type of residence), the type of the respondent's activity, and prior exposure to the subject of Ecology.

Keywords: environmental culture; youth; environmental awareness; environmental behavior.

To cite this article:

Saveleva ZhV, Khokhlov AA. Environmental culture and greening of everyday life among youth in the Republic of Tatarstan. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(12):906–920. DOI: [10.17816/humeco643423](https://doi.org/10.17816/humeco643423) EDN: WZWRPM

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643423>

EDN: WZWRPM

Tatarstan共和国青年生态文化与生态生活方式

Zhanna V. Saveleva, Alexey A. Khokhlov

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

摘要

论证。以往实证研究结果证实，有必要深入研究青年群体的生态意识与生态行为，并揭示生态文化中这些组成部分的特征。Tatarstan共和国的青年展现出较高的生态活跃度：74%的青年对生态问题表示关注，93%相信个人有能力为环境保护做出贡献，72%曾参与生态活动。

目的。揭示青年生态文化各组成部分（生态意识与生态行为）的性质与内容，以及其在当代社会中推进生活生态化的经验特征（以Tatarstan共和国为例）。

材料与方法。为收集社会信息，研究采用了定量方法（2023年对居住在Tatarstan共和国、年龄为16 - 35岁的1349名青年进行了大规模线上问卷调查）和定性方法（2023 - 2024年间组织了6场焦点小组讨论，参与者为“在校青年”和“在职青年”）。在大规模线上问卷调查中，受访者的选取充分考虑了性别、年龄和居住地类型的分布。焦点小组的参与者通过目标抽样法选取。

结果。研究获得了关于青年对生态问题的兴趣程度、参与生态活动的频率，以及日常生活中融入生态实践的情况。对其自身日常生活生态化经验的讨论，揭示了在践行环保生活方式过程中所面临的制度性与非制度性障碍。

结论。对鞑靼斯坦共和国青年生态文化组成部分的研究表明，生态环境议题与家庭价值观一样，是青年生活中最重要的方面之一。青年在生态问题上的关注度及其参与生态活动的程度已达到能够在意识到后果的基础上，对环境采取生态合理行动的水平。影响这些变量的因素包括社会人口学特征（年龄、性别、居住地类型）、活动类型，以及是否曾学习过“生态学”课程。

关键词：生态文化；青年；生态意识；生态行为。

引用本文：

Saveleva ZhV, Khokhlov AA. Tatarstan共和国青年生态文化与生态生活方式. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(12):906–920. DOI: 10.17816/humeco643423 EDN: WZWRPM

收到: 25.12.2024

接受: 21.05.2025

发布日期: 08.06.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Актуальность исследования экологического сознания молодых людей обусловлена важностью экологических проблем, возрастающей неопределённостью, возникающей из-за развития производства и новых технологий, цифровизацией, и значимой ролью молодёжи как актора социальных изменений в современном мире. Именно с молодёжью связывают ожидания по выстраиванию гармоничных отношений в системе «человек–природа–общество». Преимуществами развития и формирования экологической культуры у подрастающего поколения можно назвать продолжающийся процесс социализации, а, следовательно, и «лабильное» сознание, выполнение в обществе инновационной, трансляционной и воспроизводственной функций.

В настоящее время внимание исследователей сосредоточено на изучении следующих вопросов, прямо или косвенно связанных с экологической культурой молодёжи:

- роль молодёжи в преодолении экологических рисков;
- трансформация экологического поведения в условиях цифровизации и глобализации;
- факторы формирования экологического сознания, среди которых выделяют опыт родительской семьи, социальные сети и экологическое просвещение или образование.

Часть исследований направлена непосредственно на изучение отношения молодых людей к глобальным экологическим проблемам, например изменению климата. Так, в 2021 году 60% из 10 тыс. молодых людей в возрасте 16–25 лет, опрошенных в десяти странах мира (Австралия, Бразилия, Финляндия, Франция, Индия, Нигерия, Филиппины, Португалия, Великобритания и Соединённые Штаты Америки) чувствовали себя «очень обеспокоенными» или «крайне обеспокоенными» в связи с изменением климата, а 45% респондентов сообщали, что это негативно сказывается на их повседневной жизни. Данное исследование также показало, что 75% респондентов «считают будущее пугающим», а 83% заявили, что люди «потерпели неудачу в заботе о планете» [1].

Канадские учёные на основе анализа 62 опросов среди молодёжи, посвящённых экологической культуре, выделяют предикторы проэкологического поведения в подростковом возрасте и обнаруживают значимую связь между предрасположенностью к проэкологическому поведению и социально-демографическими характеристиками (пол, возраст, образование, этническая принадлежность) [2]. Наиболее значимыми факторами, способствующими формированию проэкологического поведения, являются соответствующие убеждения и установки, осведомлённость о природных проблемах, ощущение поведенческого или личного контроля, а также готовность к совершению экологически целесообразных

поступков. Помимо этого, влияние на предрасположенность к данному поведению могут оказывать время, проведённое на природе, принятие стратегий, направленных на поиски решений различных проблем, а также позитивные мысли и цели о личном будущем.

Отдельные исследования посвящены анализу родительского опыта как фактора формирования экологического сознания [3]. Так, L. Nazneen и соавт. [3], проанализировав результаты опроса молодых людей в возрасте 18–25 лет, пришли к выводу, что опыт родительской семьи играет значительную роль в формировании проэкологического отношения и поведения молодёжи. При этом женщины более подвержены влиянию экологически дружественных отношений своих родителей по сравнению с мужчинами. Следует отметить, что и ранее проведённое исследование демонстрировало, что женщины, ввиду более высокого уровня эмпатии по отношению к окружающей среде, имеют большую предрасположенность к проэкологическому поведению [4].

В исследовании L.V. Casaló и соавт. [5] также установлено, что родительская забота, а также участие родителей в социальной жизни и процессе социализации ребёнка оказывают большее влияние на девушек. При этом проэкологическое отношение родителей рассматривают как ключевой фактор развития данного поведения у их детей.

В качестве фактора формирования экологического сознания студентов рассматривают и социальные сети, которые с развитием интернета получили распространение среди молодых людей и стали для них неотъемлемой частью жизни [6]. Исследователи провели опрос среди учёных, специализирующихся на экологической осведомлённости, а также профессоров университетов. В числе ключевых источников информации, способствующих развитию экологического сознания, респонденты отметили онлайн-конференции и дискуссионные группы, посвящённые актуальным экологическим проблемам (56%), а также социальные сети (51%).

Проблематика экологического сознания активно рассматривается в научной литературе, а вопросы экологического поведения — в современных теоретических подходах [7, 8]. В исследовании экологической культуры молодёжи Екатеринбурга установлено, что молодые люди проявляют интерес к актуальным экологическим проблемам и обладают знанием большинства соответствующих практик. Однако применяют их преимущественно эпизодически. Несмотря на это, такие действия получают одобрение со стороны сверстников, выступающих значимой «группой равных» (Peer Group) в процессе социализации. К основным факторам, формирующим представления о целесообразности экологически ориентированного поведения, относят социальные сети, средства массовой информации и опыт друзей/знакомых. По мнению исследователей, средства массовой коммуникации (социальные сети, мессенджеры) являются одним из ключевых

институциональных факторов формирования представлений молодёжи об экологической обстановке в стране. Это обусловлено отсутствием полноценно функционирующей системы экологического просвещения, которая могла бы служить альтернативным источником информации [9].

Поднимая вопрос роли средства массовой коммуникации и социальных сетей в жизни современной молодёжи, следует отметить и более активное распространение практик цифрового активизма. Их суть заключается в освещении глобальных экологических проблем или тех, которые актуальны для места проживания индивида, в проявлении гражданского активизма посредством сбора данных о состоянии окружающей среды (например, измерение уровня загрязнения воздуха приборами), в подписании петиций на различных платформах. Вместе с тем цифровое развитие позволяет классифицировать экологическое поведение по форме его проявления: на непосредственные действия, требующие физического участия, усилий и временных затрат, и опосредованные — реализуемые в реальном времени без физических и иных затрат. Последние, по мнению В.Б. Гольбрайха [10], можно отнести к так называемому «ленивому активизму». Использование технологий для выражения мнений по вопросам, представляющим важность, актуализирует вопрос воспроизводства цифрового неравенства, когда пожилые или проживающие в отдалённых местностях и сёлах люди не имеют возможности принять участие в данных практиках.

Отдельное внимание со стороны исследователей уделено и выделению типов экологической культуры в зависимости от уровня сформированности её основных компонентов. Так, Р.С. Stern [8] выделяет переменные, обуславливающие экологическое поведение индивидов:

- нормы, убеждения, ценности и установки индивида;
- институциональные возможности ведения экологической деятельности и связанные с этим ограничения;
- личные способности индивида;
- привычка/традиция — рутинизация действий индивида.

П.О. Ермолаева [11], учитывая результаты исследования с участием российских и американских студентов, выделяет следующие социально-экологические типы:

- инвайроменталист — готовность поддерживать любые инициативы в деле охраны окружающей среды (28%);
- деятельный тип — активен и решителен в области сохранения окружающей среды (19%);
- декларативный тип — наличие экологических установок на уровне оценок, но не действий (33%);
- антиинвайроменталист — низкая степень обеспокоенности состоянием окружающей среды (20%).

В.А. Захарова [12, 13] выделяет три группы факторов, влияющих на экологизацию поведения молодых людей:

- ценностные (ценностные установки и экологические ценности);

- институциональные (экологическое просвещение и образование, средства массовой информации, экологическая политика государства);
- окружающего воздействия (опыт семьи, друзей).

Кроме того, она выделяет три типа экологической культуры:

- формально-декларативный (45%);
- сознательно-ответственный (37%);
- индифферентный (18%).

Возникает исследовательский вопрос: каков характер экологической культуры современной молодёжи и под воздействием каких факторов происходит её формирование и развитие?

Цель

Раскрыть характер и содержание компонентов экологической культуры молодёжи (сознания и поведения), а также опыт экологизации их собственной жизни в современном обществе (на примере Республики Татарстан).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведение эмпирического исследования включало две стратегии:

- количественную — массовый онлайн-опрос молодёжи Республики Татарстан, проведённый в июне 2023 г. ($n=1349$);
- качественную — фокус-групповые обсуждения, проведённые в 2023–2024 гг. ($n=6$).

Использование количественных методов обусловлено целью охарактеризовать компоненты экологического сознания и поведения исследуемой группы, поскольку ранее подобных исследований не проводили. Анкета массового опроса включала 22 вопроса, направленных на выявление иерархии ценностей молодых людей, изучение опыта участия в эколого-просветительских мероприятиях и приобщения к экологическим практикам, а также факторов, обуславливающих тип поведения индивида по отношению к окружающей среде (условия участия в мероприятиях, существующие институциональные и неинституциональные барьеры). Блок социально-демографических вопросов ограничен полом, возрастом, типом населённого пункта (по данным переменным осуществляли контроль признаков репрезентации на основе актуальных данных Республики Татарстан), а также видом деятельности респондента.

Обсуждения в рамках фокус-групп позволили получить мнения молодёжи относительно практик экологизации собственной повседневной жизни и существующих институциональных и неинституциональных препятствий.

Статистический анализ

Доступная выборка сформирована неслучайным методом отбора ($n=1349$ при принятом уровне доверительного интервала в 95%). Обработку и анализ данных проводили

в статистическом пакете SPSS® Statistics v23.0 (IBM, Соединённые Штаты Америки). В работе использовали частотный анализ и статистический критерий χ^2 Пирсона для проверок гипотез о связи переменных.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Экологическая культура — совокупность действий социальных агентов, направленных на минимизацию вреда, наносимого окружающей среде, и обусловленная уровнем экологического сознания, установками и ценностями конкретного агента, а также социоструктурными факторами. Стоит отметить, что существенная разница в определении экологической культуры молодёжи отсутствует, поскольку различия обусловлены лишь особенностями и характерными чертами данной социально-демографической группы. В исследовании мы придерживаемся устоявшегося как в западной, так и отечественной социологии подхода, интерпретирующего экологическую культуру как образование, состоящее из двух компонентов — экологического сознания и поведения. Понимание экологического сознания сводится к комплексу знаний, ценностных представлений, установок индивида, обеспокоенного состоянием окружающей среды, позволяющий давать объективную оценку экологической ситуации и выражающий готовность к проэкологическим действиям. Экологическим же поведением является форма взаимодействия с окружающей природной средой, зависящая от:

- уровня развития экологического сознания;
- институциональных возможностей реализации данного взаимодействия, которая отражается в непосредственных/опосредованных действиях индивида.

Экологизация сознания и ценностных ориентиров является базовым компонентом экологической культуры молодёжи. Для понимания иерархии ценностей молодых людей и выяснения того, какое место в ней занимает экологическая ситуация, респондентам задан вопрос о важных аспектах их жизни. Большинство опрошенных считают таковым:

- безопасность членов семьи (84,1%);
- состояние их здоровья (77,1%);
- отношения в семье (67,5%).

Экологическая ситуация в месте проживания занимает четвертую позицию (65,8%), за ней следуют социальная инфраструктура и возможности для достижения поставленных целей — 62,1 и 56,2% соответственно. Сравнение результатов по возрастным группам показывает, что для респондентов в возрасте 16–25 лет наибольшую важность имеют возможности для достижения поставленных целей (61%) и творческой самореализации (57,5%). Это, вероятно, связано с их промежуточным положением между зависимостью и отсутствием ответственности и свободой, сопряжённой с необходимостью отвечать за свои поступки. Также интересно, что у респондентов,

имеющих свои собственные семьи, наблюдают более высокий процент ответов, связанных с семейными ценностями, по сравнению с теми, кто проживает с родителями или один. Обсуждения в фокус-группе подтвердили полученные данные. Участники отмечали важность семейных и общественно значимых ценностей. Так, одна из участниц отметила: *«Ну, конечно, одна из ценностей — это семейные ценности, возможность создать и сохранить семью»* [женщина (Ж), 24 года]. Другой информант заявил: *«Я считаю, что человек должен своей деятельностью принести какую-либо пользу обществу... какое-нибудь новшество внести, что-нибудь новое придумать, что мне тоже хотелось бы сделать»* [мужчина (М), 23 года]. Также выражена мысль о значимости воспитания через личный пример: *«Вот я воспитываю ребёнка и понимаю, что мне нужно учить его — где-то личным примером, где-то своим опытом, в том числе и заботе об окружающей среде»* (Ж, 29 лет).

Большинство респондентов в качестве приоритетных экологических ценностей выделили:

- чистоту водных объектов (81,5%);
- собственное здоровье (75,3%);
- чистоту атмосферного воздуха (74,3%).

Немаловажным опрошенные назвали и экологичный образ жизни общества (51,8%) и повышение внимания к экологическим проблемам (47,7%). В фокус-группе высказывали следующие мнения: *«Экологические ценности — это то, что позволяет человеку нормально жить: чистота, свежий воздух, отсутствие грязи или свалок, а мы должны определённым образом способствовать, чтобы все так и было»* (Ж, 29 лет). *«Наверное, нужно заботиться о том, чтобы будущие поколения не столкнулись с негативными последствиями нашей жизни»* (Ж, 23 года). *«И было бы здорово сохранять те места, где растут редкие растения, обитают редкие животные»* (М, 24 года).

Результаты опроса и фокус-групповые обсуждения демонстрируют, что в сознании молодёжи, согласно теории Р.С. Стерна [8], преобладают эгоистические и альтруистические экологические ценности, связанные, прежде всего, с заботой о своём здоровье, социальном благополучии и жизни других людей.

Заинтересованность экологической проблематикой среди респондентов находится на достаточно высоком уровне: для 46,1% опрошенных интересны все аспекты, связанные с экологией, тогда как для 42,1% — лишь отдельные вопросы. Распределение ответов на данный вопрос в зависимости от социально-демографических характеристик и других факторов представлено в табл. 1 и на рис. 1.

По данным табл. 1, установлена связь между степенью заинтересованности в экологической проблематике и такими социально-демографическими характеристиками, как пол, возраст и тип места жительства. Для респондентов, проживающих в г. Казани, в большей степени

Таблица 1. Распределение ответов на вопрос 2 «Интересуетесь ли Вы проблемами экологии?» в зависимости от социально-демографических характеристик респондентов

Table 1. Distribution of responses to the question 2: “Are you interested in environmental issues?” by social and demographic characteristics of respondents

Вариант ответа Response option	Всего Total	Пол ¹ Gender ¹		Возраст ² Age ²		Тип населённого пункта ³ Type of settlement ³		
		М M	Ж W	16–25 лет 16–25 year	26–35 лет 26–35 year	Казань Kazan	другой город Other city	село Rural area
Интересуюсь, % Interested, %	46,1	42,9	49,3	41,2	49,2	39,6	47,4	52,6
Интересны отдельные вопросы, % Interested in selected issues, %	42,1	42,3	41,9	44	40,9	49,1	40,1	36,4
Не интересуюсь вообще, % Not interested at all, %	6,2	8,0	4,3	9,8	3,9	6,8	6,3	5,0
Затрудняюсь ответить, % Difficult to answer, %	5,6	6,7	4,6	5,0	6,0	4,5	6,3	6,0

Примечание. 1 — $\chi^2=24,231$, $p < 0,001$; 2 — $\chi^2=13,222$, $p=0,004$; 3 — $\chi^2=17,156$, $p=0,009$; М — мужчины; Ж — женщины.

Note. 1, $\chi^2 = 24.231$, $p < 0.001$; 2, $\chi^2 = 13.222$, $p = 0.004$; 3, $\chi^2 = 17.156$, $p = 0.009$; M, male; F, female.

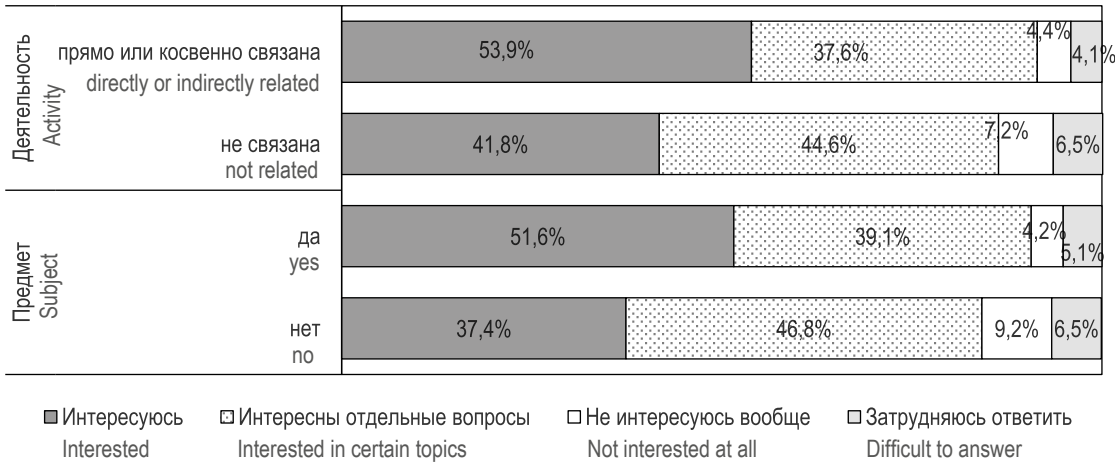


Рис. 1. Распределение ответов на вопрос 2 «Интересуетесь ли Вы проблемами экологии?» в зависимости от типа деятельности респондента и изучения предмета «Экология».

Fig. 1. Distribution of responses to the question 2 “Are you interested in environmental issues?” by respondents’ activity and whether Ecology was studied.

интересны отдельные вопросы, что может быть обусловлено следующим:

- во-первых, обострением одной или нескольких экологических проблем, вызывающих особое беспокойство среди опрошенных;
- во-вторых, большей по площади территорией с присущей городу гетерогенностью.

В сельских населённых пунктах ситуация обстоит иначе — большинству (52,6%) интересна экологическая тематика в целом. Различия в ответах респондентов в зависимости от типа населённого пункта позволяют говорить о проявлении экологической (или средовой) идентичности — эмоционального, физического и иного соотношении себя с природной средой, выражающегося в восприятии экологических проблем своего места проживания, трансформации практик и образа жизни. В данном контексте можно также говорить о функционировании

уже не индивидуального, а группового экологического сознания.

В числе факторов, способствующих экологизации сознания молодёжи, наряду с типом деятельности и изучением предмета «Экология», следует рассматривать и социальных акторов, благодаря которым получены экологические знания. Наибольшее влияние, согласно результатам опроса, оказали:

- интернет-ресурсы и социальные сети — 44,3% (16–25 и 26–35 лет — 50,2 и 40,7% соответственно);
- семья и родственники — 41,8% (16–25 и 26–35 лет — 41 и 42,3% соответственно);
- средства массовой информации — 32,8% (16–25 и 26–35 лет — 33,8 и 31,8% соответственно).

Личную инициативу в освоении экологических знаний отметили 46,9% представителей старшей возрастной группы и 32,7% — младшей. Подобные мнения отмечены

в фокус-групповых обсуждениях: «В Youtube и на других платформах есть блогеры, которые показывают, как убираются либо в своих сёлах, либо в других местах» (Ж, 24 года). Отдельное внимание информанты уделяли значению институционального и семейного воспитания: «Вот это приобщение к экологическим знаниям, ценностям — это же как воспитание, где важна роль и семьи, и школы, ведь там закладываются эти ценности, да и общая культура тоже» (Ж, 33 года).

Осознают респонденты и свою личную сопричастность к решению экологических проблем. Так, одна из участниц фокус-группы отмечает: «Я думаю, что, если мы говорим про какие-то экологические практики, то это, в первую очередь, осознанность в их выполнении и понимании того, для чего это всё делается» (Ж, 21 год). Эти суждения находят подтверждения и в результатах количественного опроса: 94,2% респондентов считают, что заботу об окружающей среде следует начинать с себя. В то же время молодые люди подчёркивают значимость ответственности со стороны институциональных акторов, прежде всего государства и промышленных предприятий: «Государство тоже должно быть ответственно перед людьми, ведь у нас есть законы, требования какие-то, которые предъявляются производствам... они тоже должны исполняться» (М, 20 лет).

Участие в экологических мероприятиях является одной из форм проявления экологического поведения.

В российском обществе оно, как правило, носит эпизодический характер, а его своеобразным «триггером» зачастую выступают экологические катастрофы или неудовлетворительное состояние окружающей среды. Тем не менее 54% опрошенных в последние три года принимали участие в экологических мероприятиях, а среди тех, кто ранее не участвовал, 70,3% желают присоединиться к ним в будущем. Распределение ответов в зависимости от социально-демографической характеристики респондентов продемонстрировано в табл. 2 и 3. На рис. 2 представлены мероприятия, в которых опрошенные принимали участие.

Несмотря на то что статически значимые различия по возрасту отсутствуют, восприятие экологических мероприятий среди респондентов различных возрастных групп демонстрирует определённую вариативность. Так, одна из участниц отмечает: «Я бы, наверное, посетила такое мероприятие, если бы там были разные форматы... может быть спикер какой-то выступал бы с интересной для меня темой» (Ж, 23 года). Другие информанты акцентировали внимание на сочетании активного отдыха с экологической повесткой: «Мероприятия действительно представляются как интересные — там есть и походы, и йога, не только сбор мусора, но и что-то другое» (Ж, 20 лет). Кроме того, обозначена потребность в переосмыслении форм экологического участия: «Я думаю, что экологические мероприятия тоже

Таблица 2. Распределение ответов на вопрос 6 «Принимали ли Вы участие в экологических мероприятиях в последние три года?» в зависимости от социально-демографических характеристик респондентов

Table 2. Distribution of responses to question 6 “Have you participated in environmental activities in the past three years?” by social and demographic characteristics of respondents

Вариант ответа Response option	Всего Total	Пол Gender		Возраст Age		Тип населённого пункта ¹ Type of settlement ¹		
		М M	Ж W	16–25 лет 16–25 year	26–35 лет 26–35 year	Казань Kazan	другой город Other city	село Rural area
Да, % Yes, %	54,0	52,2	55,8	51,7	55,4	48,6	54,3	60,9
Нет, % No, %	46,0	47,8	44,2	48,3	44,6	51,4	45,7	39,1

Примечание. 1 — $\chi^2=10,854$, $p=0,004$; М — мужчины; Ж — женщины.

Note. 1, $\chi^2 = 10.854$, $p = 0.004$; M, male; F, female.

Таблица 3. Распределение ответов на вопрос 6 «Принимали ли Вы участие в экологических мероприятиях в последние три года?» в зависимости от типа деятельности респондента и изучения предмета «Экология»

Table 3. Distribution of responses to question 6 “Have you participated in environmental activities in the past three years?” by respondents’ type of activity and prior study of Ecology

Вариант ответа Response option	Ваша деятельность (учебная, трудовая) ¹ Your activity (student or employed) ¹		Изучение предмет «Экология» в школе/ССУЗе/ВУЗе ² Studied Ecology in school/college/university ²	
	Прямо или косвенно связана Directly or indirectly related	Не связана Not related	Да Yes	Нет No
Да, % Yes, %	62,0	49,5	60,5	43,6
Нет, % No, %	38,0	50,5	39,5	56,4

Примечание. 1 — $\chi^2=19,647$, $p>0,0001$; 2 — $\chi^2=36,927$, $p>0,0001$; ССУЗ — среднее специальное учебное заведение; ВУЗ — высшее учебное заведение.

Note. 1, $\chi^2 = 19.647$, $p > 0.0001$; 2, $\chi^2 = 36.927$, $p > 0.0001$.

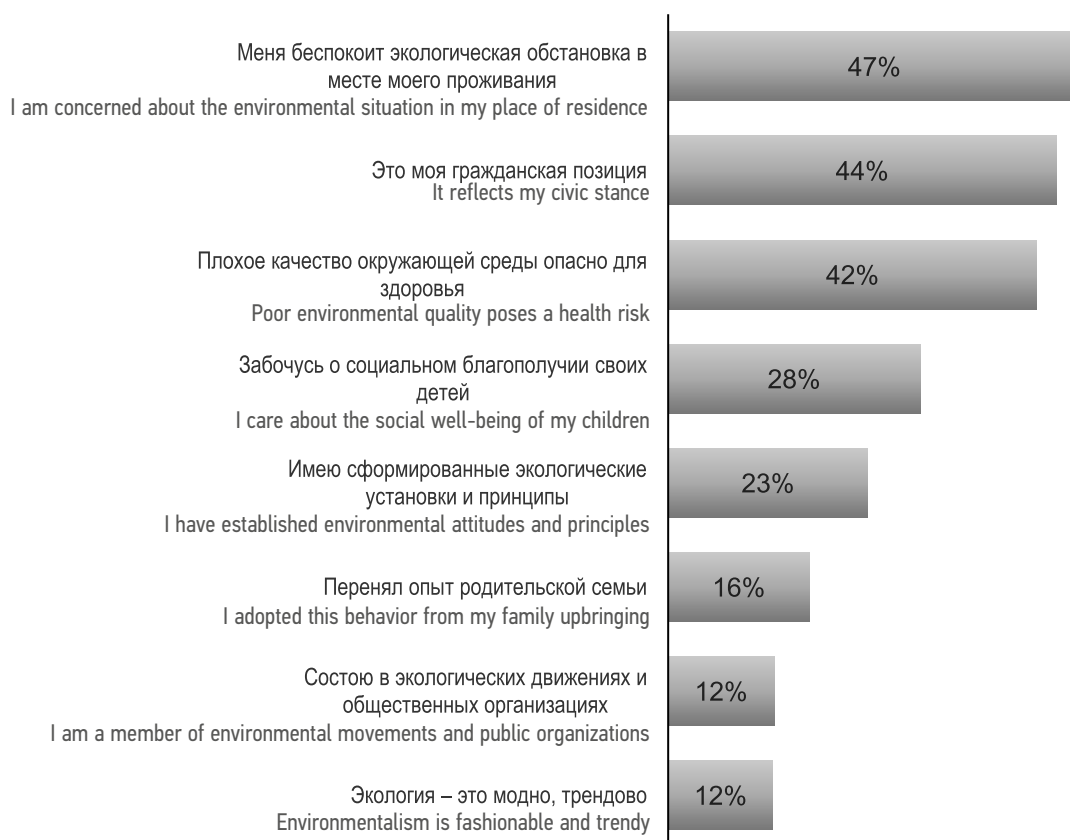


Рис. 2. Распределение ответов на вопрос 7 «Почему Вы принимали участие в экологических мероприятиях?»

Fig. 2. Distribution of responses to the question 7: "Why did you participate in environmental initiatives?"

могут разными... например, я могу пойти на уборку озера, а могу написать обращение, подписать петицию, чтобы что-то поменять, и тоже непонятно, что будет действеннее» (Ж, 33 года).

В связи с этим важно рассмотреть условия, при которых респонденты готовы принять участие в экологических мероприятиях (табл. 4). Наибольшее значение имеют место (70,4%), время (64,3%) и характер основной деятельности (47,2%). Определяющими условиями участия в активности стали трансфер до места проведения (3,79%), посещение мероприятия родными и друзьями (3,45%). Такие утилитарные факторы, как получение личной выгоды или денежного вознаграждения оказались непопулярны у респондентов.

Мотивы участия в экологических мероприятиях можно классифицировать по типу ценностных ориентиров:

- эгоистические;
- альтруистические;
- биосферические.

Наиболее распространёнными основаниями участия среди молодых людей были обеспокоенность состоянием окружающей среды (46,6%), стремление выразить гражданскую позицию (43,8%) и осознание угрозы здоровью, связанной с экологическими проблемами (41,6%). У респондентов в возрасте 26–35 лет дополнительно отмечена значимость заботы о социальном благополучии своих детей (35,7%).

Анализ распределения ответов в зависимости от типа населённого пункта позволяет выявить определённые различия в мотивации участия в экологических мероприятиях. Так, стремление выразить гражданскую позицию наиболее характерно среди респондентов, проживающих в г. Казани, что может свидетельствовать о наличии в мегаполисе устойчивых низовых экологических объединений, направленных на решение актуальных экологических проблем (например, ООС «За Чистый воздух»). В то же время обеспокоенность состоянием окружающей среды и ориентация на опыт родительской семьи чаще отмечается жителями сельской местности (51,6 и 22,3% соответственно).

Наряду с альтруистическими и биосферическими основаниями, фиксируют и эгоистические мотивы участия, связанные с получением личной выгоды. Так, одна из участниц сообщила: «Я помню, что участвовала в чём-то на 1 курсе, но лишь потому, что там давали баллы как активисту, чтобы остаться жить в общежитии. Потом они стали не нужны, и я больше не ходила» (Ж, 21 год). Аналогичная мотивация обозначена и другим информантом: «Ну если брать школу, то там освобождали от уроков, чтобы пойти на какое-то мероприятие такого плана» (М, 20 лет).

Ещё одной формой реализации экологического поведения является приобщение к практикам. Наиболее популярными среди опрошенных были:

Таблица 4. Распределение ответов на вопросы 9 и 10 «Выберите важные для Вас факторы, если бы Вы согласились принять участие в экологическом мероприятии» и «Оцените по 5-балльной шкале степень значимости условий, при которых Вы бы приняли участие в экологическом мероприятии»

Table 4. Distribution of responses to the questions 9 and 10: “Select the factors that would be important to you if you were to participate in an environmental initiative” and “Rate on a 5-point scale the importance of conditions under which you would be willing to participate in an environmental initiative”

Фактор Factor	%	Условие Condition	Средняя оценка Mean rating
Место проведения Location of the event	70,4	Трансфер до места проведения Transfer to the event venue	3,79
Время проведения Timing of the event	64,3	Посещение мероприятия моими родными и друзьями Attendance by my friends or family	3,45
То, чем я буду там заниматься Type of activity involved	47,2	Раздаточный материал Printed handouts	3,25
Продолжительность мероприятия Duration of the event	41,6	Организация пикника по завершении мероприятия Picnic at the end of the event	3,24
Формат мероприятия Format of the event	41,2	Получение скидочной карты или купона в магазины, на заправку Discount card or coupon (store/fuel)	3,04
Организатор мероприятия Event organizer	18,2	Проведение лекции по экологии, психологии, ментальному здоровью Lecture on ecology, psychology, or mental health	2,98
Получение личной выгоды Personal benefit	11,4	Получение денежного вознаграждения Monetary reward	2,88
		Участие известного артиста или коллектива Appearance of a celebrity or famous group	2,57

- выключение электроприборов из сети (60,9%);
- сдача опасных отходов (батареек, ламп) в специализированные пункты приёма (53%);
- экономия воды (49,6%).

Несмотря на относительно недавний характер распространения экологических практик, их реализация оказалась выше среди респондентов в возрасте 26–35 лет по сравнению с молодёжью 16–25 лет. Так, экономию электроэнергии практикуют 65,4 и 56,5% соответственно, использование многоразовых сумок (шопперов) — 36,4 и 22,7% соответственно и т. д. Обсуждения в фокус-группе позволили сделать вывод о том, что молодёжь настроена вносить малый, но ценный вклад в дело охраны окружающей среды посредством реализации практик, не требующих преодоления институциональных барьеров и ограничений. Так, одна из участниц отметила: *«Я стараюсь собирать какие-то мелкие пластиковые фракции — это могут быть чеки из магазинов, которые я стараюсь вообще не брать, упаковки от лекарств, пластинки таблеток и ещё всякое разное»* (Ж, 23 года). Другой информант акцентировал внимание на вторичном использовании вещей: *«Часто сдаю старую одежду куда-либо... или на переработку, или нуждающимся. Я поддерживаю вторичное использование, например кастомизацию вещей»* (Ж, 21 год). Ещё один участник подчеркнул важность раздельного сбора отходов: *«Я сдаю батарейки и считаю это самым главным, ведь их в нашей жизни много»* (М, 24 года).

Дискуссионным остаётся вопрос об истинных мотивах приобщения к экологическим практикам — влияние

оказывают экологические или экономические установки? Однозначного ответа на данный вопрос не существует, что подтверждают и данные фокус-групп. Так, один из информантов отметил: *«Мама часто говорит, чтобы я выключала свет в комнате, ведь счётчик мотаёт не знаю как»* (М, 20 лет). Другой участник также подчеркнул экономический аспект повседневного поведения: *«Приходит счёт-фактура, и понимаешь, что экономить воду и свет это не только экологично...»* (М, 22 года). Третья участница обратила внимание на внутренние противоречия: *«Если честно, у меня в голове постоянно вопрос, когда я где-то выключаю свет — я это сделала, чтобы сэкономить или чтобы как-то помочь экологии?»* (Ж, 31 год). Дополнительную информацию вносит распределение ответов респондентов по уровню дохода: опрошенные со средним и высоким доходом чаще реализуют практики экономии ресурсов (воды и электроэнергии), чем респонденты с низким уровнем дохода.

Несмотря на достаточно высокую степень вовлечённости молодёжи в экологические мероприятия, среди них сохраняются определённые барьеры, препятствующие более активному участию. Согласно данным опроса, основными ограничениями являются:

- отсутствие информации о планируемых мероприятиях (48,9%);
- удалённость места проведения (36,8%);
- неудовлетворительный уровень организации мероприятия (32%).

Вместе с тем анализ данных фокус-групп выявил и другие, менее очевидные причины. В частности,

существует непонимание значимости подобных мероприятий, обусловленное ощущением их низкой результативности и символичности: «Иногда вообще не понимаешь, зачем туда идти. Ну приду я туда один — и что я помещаю? Это же «капля в море». Государство тоже должно это всё как-то стимулировать» (М, 18 лет). Кроме того, отмечено отсутствие внутренней мотивации, обусловленное неясностью цели участия: «Вот лично у меня нет какой-то мотивации. Я сам иногда задаю себе вопрос: ну зачем я туда приду, что я там буду делать? Самое главное — для чего?» (М, 22 года).

Препятствия для реализации экологических практик среди молодёжи могут быть классифицированы по нескольким направлениям.

Отсутствие мотивации в связи с формальным подходом к организации данного процесса. Участники фокус-группы выражали сомнения в эффективности собственных действий: «Даже если я начну сортировать мусор по фракциям, всё равно ведь придет один мусорный КамАЗ и всё свалит в одну кучу... особенно это видно, когда живёшь в многоквартирном доме» (Ж, 20 лет). Кроме того, упоминают нехватку разъяснительной информации и неуверенность в правильности собственных действий: «Мне не хватает объяснений, почему нужно сортировать мусор, что это даст... есть у меня, например, какой-то фантик — куда я его выброшу? В пластик или в несортируемые отходы?» (М, 23 года).

Недостаток инфраструктуры. Дефицит условия для сортировки и сдачи отходов на переработку стал одним из наиболее часто упоминаемых ограничений: «Есть ощущение, что не хватает для всего этого инфраструктуры в городе, чтобы что-то сдать нужно ехать в какое-то определённое место» (Ж, 22 года). «Очень усложняет этот процесс, что пункты сбора вторсырья организуются в одном месте, в последнее время в МЕГЕ» (М, 25 лет). «Меня стимулировало сортировать мусор то, что я работал в ИКЕА, но она ушла и это всё сошло на нет» (М, 23 года). «После пандемии этих пунктов как будто бы стало меньше, неужели их никто не поддерживает? Не выделяет на это финансирование?» (Ж, 31 год). Следует отметить, что инфраструктура выполняет двойственную роль: при её наличии отмечают рост вовлечённости (например, сбор батареек при наличии контейнера в подъезде), однако её отсутствие приводит к отказу от экологических практик.

Экономические барьеры, связанные с недостатком инфраструктуры. Некоторые участники отмечали, что участие в экологических инициативах сопряжено с затратами времени, сил и ресурсов: «Чтобы довезти собранный мусор до точки сбора нужно пользоваться такси, поскольку в общественном транспорте с этим ехать невозможно» (Ж, 26 лет). «Есть, конечно, места, где отходы принимают платно, но до туда и доехать нужно, и пересилить себя... часто они находятся рядом с какими-то гаражами, одной туда идти страшно»

(Ж, 22 года). «Я стараюсь собрать как можно больше отходов, чтобы отвезти их один раз, а то это и трата бензина, и времени» (Ж, 33 года).

Отсутствие общественного контроля и поддержки. Низкий уровень нормативного давления и дефицит примеров подражания также ослабляют мотивацию: «Когда ты понимаешь, что делаешь это не один, а допустим всем двором, то как-то становится легче, а за этим никто же не следит» (Ж, 19 лет). «У нас вообще в стране не такой жёсткий контроль за этим, как в других странах... нет штрафов, нет какого-то общественного порицания что ли за невыполнение всего этого» (М, 23 года). «Я думаю, в нашем обществе это пока не так распространено, как хотелось бы... кому-то просто некогда, кто-то не понимает зачем это, а кто-то и вовсе относиться к этому скептически, с недоверием что ли... особенно, мне кажется, старшее поколение» (Ж, 30 лет).

Помимо этого, приобщение к экологическим практикам и участие в мероприятиях требует трансформации привычного образа жизни. Участники фокус-группы подчёркивают, что следование экологическим установкам сопряжено с определённым бытовым дискомфортом и требует устойчивой внутренней мотивации: «Ну вот я представляю, что какой-то человек всё отсортировал, сделал несколько пакетов как положено и несёт их, условно, с 8-го этажа, чтобы выбросить правильно. Ну насколько его хватит?» (Ж, 18 лет). Некоторые информанты указывают на необходимость личного осмысления и внутреннего принятия смысла данных действий: «Мне кажется, что важно осознать, для чего я это делаю, задать самому себе вопросы: Зачем? Для чего? Что это даст? и ответить на них» (М, 23 года). Кроме того, участие в мероприятиях рассматривают как нагрузку на личное время: «Вот взять те же мероприятия... на них идти либо после работы, либо в выходные дни, а кому это охота делать... как будто бы немногим и тем, для кого это действительно важно» (Ж, 27 лет). В связи с этим можно рассмотреть теории рационального выбора, при которых индивид отдаст предпочтение альтернативным стратегиям, не требующим затраты больших ресурсов (физических, экономических и т. д.). Однако если экологическое поведение ассоциировано с экономией (например, снижение расходов на воду и электричество), то рациональное поведение, напротив, способствует его выбору, превращаясь в дополнительный стимул.

Преодоление выявленных барьеров связано с векторами экологической политики Республики Татарстан и деятельностью профильных ведомств, а также органов региональной и муниципальной власти. Важным условием выступает развитие специализированной инфраструктуры, поддержка некоммерческих организаций и гражданских инициатив, занимающихся, в частности, организацией системы вторичной переработки отходов. Эти меры позволяют сформировать устойчивые модели

проэкологического поведения. Согласно теории Р.С. Stern [8] «установки–поведение–контекст», даже при наличии проэкологических установок само поведение может быть затруднено при неблагоприятных внешних условиях [14]. Способы преодоления указанных препятствий требуют проведения дополнительного исследования. Однако, по данным Всероссийского центра изучения общественного мнения¹, молодёжь среди причин, затрудняющих улучшение экологической ситуации в стране, называет следующие факторы:

- мягкость российских законов (34,9%);
- низкий уровень экологической ответственности граждан (32,6%);
- низкий уровень экологической ответственности предприятий (32,4%).

В то же время, в качестве наиболее действенных мер, способствующих улучшению социально-экологической обстановки, респонденты отмечают:

- обновление технологий и оборудования на предприятиях (34,6%);
- модернизацию системы сбора и переработки отходов (30%);
- повышение экологической грамотности граждан, в том числе и детей (32,1%).

Инициаторами указанных изменений должны выступить крупные промышленные предприятия (40,6%), федеральные власти (32,7%) и органы местного самоуправления (30,6%).

ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование компонентов экологической культуры молодёжи Республики Татарстан позволило выявить, что экологическая ситуация, наряду с семейными ценностями, занимает высокие позиции в рейтинге важных сторон жизни. Для респондентов, имеющих собственные семьи, экологическая обстановка приобретает особую важность, поскольку большинство из них принимали участие в мероприятиях с целью заботы о социальном благополучии своих детей. Заинтересованность молодёжи в экологической повестке и вовлечённость в соответствующие мероприятия достигают уровня, при котором возможно осмысленное совершение природосберегающих действий. Установлено, что эти показатели имеют статистически значимую связь с социально-демографическими характеристиками (возраст, пол, тип места жительства), типом деятельности и фактом изучения предмета «Экология». В целом же экологические знания формируют посредством получения информации из интернет-ресурсов, социальных сетей, средств массовой информации и благодаря системе экологического просвещения в школе,

средних и высших учебных заведениях. Стоит отметить, что в структуре экологических ценностей молодёжи преобладают эгоистические и альтруистические установки, ориентированные преимущественно на личное благополучие и заботу о других людях. При этом биосферические ценности, отражающие заботу о природе как самоценность, включая сохранение видового биологического разнообразия, выражены в меньшей степени.

Данные опроса свидетельствуют о более высокой степени экологоориентированности молодёжи, проживающей в сельской местности, по сравнению с городскими жителями. Различия выражены в уровне заинтересованности проблемами экологии, вовлечённости в природоохранные мероприятия и характер мотивации к участию в них. Возможные причины выявленных различий включают, во-первых, наличие механизмов быстрой мобилизации социальных ресурсов и коллективного участия в решении важных для местного общества задач; во-вторых, формирование экологической и/или средовой идентичности, основанной на восприятии себя как части природы и ощущении укоренённости в окружающей среде («чувством места»); в-третьих, социокультурные особенности сельского образа жизни, такие как гомогенность сообщества, высокая плотность социальных связей, регулярный контакт с природой др.). Для городских жителей, которые являются гетерогенными и разобщёнными, важность представляет осознание той или иной экологической проблемы, наличие природного объекта (например, конкретный водоём, лесопосадка и т. д.), опыт гражданской активности по защите данных объектов и преобладание эгоистических экологических ценностей, связанных с практиками заботы прежде всего о себе.

Исследование иерархии ценностей молодых людей, мотивов участия в экологических мероприятиях, а также соотнесение полученных результатов с социально-демографическими характеристиками позволяет сделать вывод о том, что предиктором экологически оправданного поведения у работающей молодёжи (26–35 лет) является наличие собственной семьи, её ценность, а также забота о социальном благополучии, включая будущих детей. Экологическое мероприятие воспринимается учащейся молодёжью (16–25 лет) как формат, сочетающий различные виды активностей, не всегда напрямую связанные с экологической повесткой. В то же время работающая молодёжь, как правило, имеет более традиционное понимание, например участие в субботниках. Исследование показывает, что респонденты в возрасте 16–25 лет в большей степени настроены принимать участие в коллективных мероприятиях. Более того, им важно, чтобы данная деятельность была масштабной и объединяла большое количество людей, поскольку у них нет уверенности в том, что действия одного человека окажут влияние на решение глобальных проблем. В свою очередь, среди опрошенных в возрасте 26–35 лет прослеживаются тенденции к индивидуальному характеру данной деятельности,

¹ Экологическая ситуация в России: мониторинг; [около 2 страниц]. В: Официальный сайт ВЦИОМ. 2023–2025. Режим доступа: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/ehkologicheskaja-situacija-v-rossii-monitoring-20230309> Дата обращения: 09.04.2025.

выражающуюся в приобщении и реализации экологических практик. С одной стороны, это может быть связано с личным желанием, а с другой — с тем, что участниками большинства мероприятий, организованных органами государственными власти и общественными объединениями, являются школьники и студенты. Существуют и другие препятствия для реализации практик экологического поведения — это отсутствие мотивации, часто обусловленное непониманием целесообразности данной деятельности; дефицит информации и материалов, посвящённых экологической тематике, несмотря на обилие источников её распространения; а также нехватка инфраструктуры, например для раздельного сбора отходов. Подобные различия между экологическим поведением работающей и неработающей молодёжи могут быть обусловлены, во-первых, разницей социокультурных условий процесса социализации; во-вторых, отсутствием экологических знаний (среди респондентов в возрасте 16–25 лет предмет «Экология» изучали 51,5%, а в возрасте 26–35 лет — 67,5%); в-третьих, вхождением в составы экологических движений, формирующих групповое участие, солидарность, ответственность и экологическое сознание.

Полученные результаты также можно соотнести с выделенными Р.С. Stern [8] переменными, обуславливающими экологическое участие:

- нормы, убеждения, ценности и установки: для молодёжи характерен синтез эгоистических, альтруистических и природоохранных ценностей, исходя из которого она совершает те или иные социальные действия. Актуализируются также и неэкологические установки (например, забота о здоровье, получение личной выгоды);
- институциональные возможности и ограничения: при реализации экологических практик существуют мотивационные, экономические и инфраструктурные барьеры. Участию же в экологических мероприятиях препятствуют отсутствие мотивации, информации и личные установки. Инфраструктура является фактором, стимулирующим экологичный образ жизни (её наличие позволяет системно реализовывать данные действия). Значимыми считают действия социальных акторов (например, других граждан, органов государственной власти) и осуществление с их стороны общественного контроля, низкий уровень которого может спровоцировать отказ от экологических практик;
- способности и ресурсы для осуществления экологических действий: сознание молодёжи характеризуется преобладанием ценностей, связанных с семьёй, материальным достатком, карьерным ростом, заботой о будущем своих детей. В свою очередь, понимание экологических ценностей сводится к конкретным действиям, привлечению внимания общества к экологической проблематике и органов государственной власти к устранению ранее вы-

деленных барьеров. Беспокойство экологической ситуацией и соответствующие эмоции вызывают локальные экологические проблемы;

- деятельность молодёжи сводится к реализации экологических практик и участию в мероприятиях, требующих и удовлетворения других потребностей (духовных, социальных, материальных), конкретные действия можно охарактеризовать как ценностно-рациональные (по терминологии М. Вебера). Мотивы ведения экологичного образа жизни являются в основном альтруистическими. Вместе с тем подобный образ жизни требует затрат определённых ресурсов, что позволяет рассмотреть теории рационального выбора (например, Дж. Коулмена): с одной стороны, при наличии разного рода ограничений, вероятно, будет избрана альтернативная стратегия поведения, которая не требует больших усилий и затрат, с другой — с учётом хозяйственно-экономических целей индивид выполняет экологически оправданные действия (например, экономии воды, электроэнергии).
- рутинизация действий: систему экологических практик, реализуемых продолжительное время, можно рассматривать в качестве традиции или привычки, совершаемой ежедневно. Это, в свою очередь, позволяет говорить о формировании, во-первых, габитуса, а, во-вторых, соответствующего стиля жизни (по терминологии П. Бурдьё).

Ограничения исследования

Сбор анкетных данных проводили в онлайн-формате, что предполагает ограничения, связанные с проблемами цифрового неравенства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты опроса, проведённого среди молодёжи Республики Татарстан, показывают, что в условиях современного общества, характеризующегося множеством рисков, экологическая ситуация воспринимается как важная и оказывает влияние на повседневную жизнь, включая состояние здоровья. Можно утверждать, что у молодых людей происходят процессы экологизации сознания, о чём свидетельствуют распространённость соответствующих ценностей, устойчивый интерес к экологической повестке, обеспокоенность состоянием окружающей среды, её критическая оценка, а также осознание личной ответственности за её сохранение. Формированию этих компонентов в наибольшей степени способствуют информация, получаемая из открытых источников, влияние родительской семьи, а также наличие личного опыта и условий для совершения экологически оправданных действий. Экологическая культура в поведенческой сфере характеризуется высоким уровнем экологизации более половины опрошенных и высокой готовностью к ней в условиях

обозначенных респондентами проблем с инфраструктурой физического пространства. Молодые люди склонны к традиционным формам экологического активизма, требующих физических и временных затрат, несмотря на их трансформацию и переход к онлайн-практикам, обусловленных использованием социальных сетей и освещением в них экологических проблем. Установлены различия в выборе молодёжью индивидуальных и коллективных стратегий приобщения к проэкологическому образу жизни: с возрастом участие в экологических практиках становится более регулярным. Помимо этого, факторами, определяющими разнообразие путей экологизации, выступают социально-демографические характеристики, такие как возраст, тип поселения, гендер, уровень дохода и наличие экологических знаний.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Ж.В. Савельева — разработка теоретико-методологических основ исследования, аналитический обзор, формулировка выводов, подготовка текста к публикации; А.А. Хохлов — сбор и анализ эмпирической информации. 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.

Благодарности. Авторы выражают благодарность Министерству экологии и природных ресурсов Республики Татарстан за содействие в проведении исследования.

Этическая экспертиза. Выписка из протокола заседания №51 от 07.11.2024.

Источник финансирования. Отсутствуют.

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

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

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

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

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: Zh.V. Savelyeva: conceptualization, methodology, formal analysis, writing—original draft, writing—review & editing; A.A. Khokhlov: investigation, formal analysis. All authors approved the version of the manuscript to be published and agree 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.

Acknowledgments: The authors express their gratitude to the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Tatarstan for their support in conducting the study.

Ethics approval: Extract from the minutes of the meeting No. 51 dated November 07, 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 published material (text, images, or data) was used in this work.

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

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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Hickman C, Marks E, Pihkala P, et al. Climate anxiety in children and young people and their beliefs about government responses to climate change: a global survey. *The Lancet Planetary Health*. 2021;5(12):e863–e873. doi: 10.1016/s2542-5196(21)00278-3 EDN: NNGEWS
- Denault AS, Bouchard M, Proulx J, et al. Predictors of pro-environmental behaviors in adolescence: a scoping review. *Sustainability*. 2024;16(13):5383. doi: 10.3390/su16135383 EDN: IAXBOK
- Nazneen L, Asghar M. Parental modeling, a determinant of pro-environmental attitude and behavior in youth. *Peshawar Journal of Psychology and Behavioral Sciences (PJPBS)*. 2018;4(1):33–43. doi: 10.32879/picp.2018.4.1.33
- Tam KP. Dispositional empathy with nature. *Journal of Environmental Psychology*. 2013;35:92–104. doi: 10.1016/j.jenvp.2013.05.004
- Casaló LV, Escario JJ. Intergenerational association of environmental concern: Evidence of parents' and children's concern. *Journal of Environmental Psychology*. 2016;48:65–74. doi: 10.1016/j.jenvp.2016.09.001
- Lovochkina A, Otych D, Spivak L. Formation of students' environmental awareness through social media. *Conhecimento & Diversidade*. 2023;15(36):556–569. doi: 10.18316/rcdv.15i36.10973 EDN: VVEGCN
- Sanchez M, Lafuente R. Defining and measuring environmental consciousness. *Revista Internacional de Sociologia*. 2010;68(3):732–755. doi: 10.3989/ris.2008.11.03
- Stern PC. New Environmental theories: toward a coherent theory of environmentally significant behavior. *Journal of Social Issues*. 2000;56(3):407–424. doi: 10.1111/0022-4537.00175
- Shutaleva A, Martyushev N, Nikonova Z, et al. Environmental behavior of youth and sustainable development. *Sustainability*. 2021;14(1):250. doi: 10.3390/su14010250 EDN: RUCIXU
- Golbraj VB. Environmental activism: new forms of political participation. *Power and elites*. 2016;3:98–120. (In Russ.) doi: 10.31119/pe.2016.3.4
- Ermolaeva P. Environmental practices among the USA and Russian students: cross cultural analys. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy (BJSEP)*. 2011;5(2):364–384.
- Zakharova VA. Ecologization of social behavior and formation of ecological culture of modern Russian youth in the context of civil society development. *Humanities of the South of Russia*. 2020;9(1):178–187. doi: 10.19181/2227-8656.2020.1.13 EDN: DPDOTG
- Zaharova VA. *Environmental behavior of modern youth: all-Russian and regional trends: monograph*. Moscow: RUSAJNS, 2023. (In Russ.) ISBN: 978-5-466-03260-4
- Ermolaeva PO, Ermolaeva YV. Critical analysis of foreign theories of environmental behavior. *Monitoring of Public Opinion: Economic and Social Changes*. 2019;4:323–346. doi: 10.14515/monitoring.2019.4.16 EDN: VUDGPJ

ОБ АВТОРАХ

*** Савельева Жанна Владимировна**, д-р социол. наук, доцент;
адрес: Россия, 420008, Казань, ул. Кремлёвская, д. 35;
ORCID: 0000-0003-1465-0664;
eLibrary SPIN: 6808-3803;
e-mail: gedier@mail.ru

Хохлов Алексей Александрович;
ORCID: 0009-0006-6484-7026;
eLibrary SPIN: 2254-9201;
e-mail: X_alesha@mail.ru

AUTHORS' INFO

*** Zhanna V. Saveleva**, Dr. Sci. (Sociology), Associate Professor;
address: 35 Kremlevskaya st, Kazan, Russia, 420008;
ORCID: 0000-0003-1465-0664;
eLibrary SPIN: 6808-3803;
e-mail: gedier@mail.ru

Alexey A. Khokhlov;
ORCID: 0009-0006-6484-7026;
eLibrary SPIN: 2254-9201;
e-mail: X_alesha@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643208>

EDN: EMTGYU

Increased Human Body Contamination With Cadmium Following Inclusion of Sunflower Seeds in Diet

Svetlana R. Afonkina¹, Margarita R. Yakhina¹, Elsa N. Usmanova¹, Guzel R. Allayarova¹, Margarita I. Astakhova², Tatiana K. Larionova¹, Rustem A. Daukaev¹, Anna S. Fazlieva¹

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

² Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Sunflower seeds are characterized by their year-round availability, high nutritional value, and relatively low cost. Medical professionals and applied science experts emphasize the importance of incorporating whole sunflower seeds into the general population's diet. However, concerns about consumer safety—particularly the elevated cadmium content in sunflower seeds—are periodically raised in mass media. The Oil and Fat Union of Russia acknowledges the existence of this issue. At the same time, there is no consensus among scientists regarding the permissible levels of heavy metals in food and their overall impact on human health and the food chain.

AIM: The study aimed to assess the contribution of cadmium to the total toxic load from heavy metals present in sunflower seeds and to determine potential health risks associated with their regular consumption using dietary simulation modeling.

MATERIALS AND METHODS: The study included food products of regional origin and water samples from 27 centralized water supply sources located in the areas where study participants resided. Seven-day dietary and water intake recall questionnaires were collected and processed from 160 physically healthy respondents of reproductive age. In addition, cadmium and other toxic elements were measured in 26 samples of snack-type sunflower seeds using chemical analysis.

RESULTS: The permissible concentration of toxic elements in sunflower seeds was exceeded only for cadmium, with an average content of 0.23 ± 0.06 mg/kg. Daily consumption of the seeds in the amount recommended by nutritionists (50 g per day), cadmium intake ranges from 0.007 to 0.009 mg, which is twice as high as the intake from food and water— 0.0033 ± 0.0012 mg and 0.0007 ± 0.0003 mg, respectively.

CONCLUSION: Simulation modeling of dietary inclusion of 50 g of snack-type sunflower seeds predicts an oral cadmium intake corresponding to an average of 31.4% of the tolerable daily intake established in the Russian Federation.

Keywords: cadmium; diet; sunflower seeds; bioaccumulation in plants, animals, and humans; safety thresholds.

To cite this article:

Afonkina SR, Yakhina MR, Usmanova EN, Allayarova GR, Astakhova MI, Larionova TK, Daukaev RA, Fazlieva AS. Increased human body contamination with cadmium following inclusion of sunflower seeds in diet. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(12):921–930. DOI: 10.17816/humeco643208
EDN: EMTGYU

Submitted: 19.12.2024

Accepted: 23.05.2025

Published online: 09.06.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643208>

EDN: EMTGYU

Повышение уровня контаминации организма человека кадмием при дополнении его рациона семенами подсолнечника

С.Р. Афонькина¹, М.Р. Яхина¹, Э.Н. Усманова¹, Г.Р. Аллаярова¹, М.И. Астахова²,
Т.К. Ларионова¹, Р.А. Даукаев¹, А.С. Фазлыева¹

¹ Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия;

² Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Семена подсолнечника отличаются доступностью, высокой питательной ценностью и относительно низкой стоимостью в течение всего года. Медицинские специалисты и эксперты в области прикладных наук подчёркивают целесообразность включения цельнозернового подсолнечника в рацион питания населения. Вопрос безопасности продукции для потребителя, в частности повышенного содержания кадмия в семенах подсолнечника, периодически рассматривают в средствах массовой информации. Масложировой Союз России не отрицает наличие данной проблемы. При этом отсутствует единая точка зрения среди учёных относительно допустимого содержания тяжёлых металлов в продуктах питания и их влияния на человека и пищевую цепь в целом.

Цель. Оценить вклад кадмия в общую токсическую нагрузку от тяжёлых металлов, содержащихся в семенах подсолнечника, а также определить потенциальные риски для здоровья при их регулярном потреблении с использованием метода имитационного моделирования рациона.

Материалы и методы. Проведено исследование продуктов питания регионального происхождения и проб воды из 27 источников централизованного водоснабжения с территорий проживания участников эксперимента. Собраны и обработаны анкеты воспроизведения семидневного рациона питания и потребления воды 160 физически здоровых респондентов фертильного возраста. Кроме того, выполнен химический анализ 26 образцов грызовых семян подсолнечника на содержание кадмия и других токсичных элементов.

Результаты. Допустимая концентрация токсичных элементов в семенах подсолнечника превышена только по кадмию и составляет $0,23 \pm 0,06$ мг/кг. При потреблении семян в количестве, рекомендуемом нутрициологами (50 г в день), в организм поступает от 0,007 до 0,009 мг кадмия, что в два раза превышает поступление с пищей и водой $0,0033 \pm 0,0012$ и $0,0007 \pm 0,0003$ мг соответственно.

Заключение. Имитационное моделирование включения в рацион питания 50 г семян подсолнечника грызовых сортов позволяет спрогнозировать уровень перорального поступления кадмия, который в среднем составляет 31,4% предельно допустимого суточного поступления, принятого в Российской Федерации.

Ключевые слова: кадмий; рацион питания; семена подсолнечника; накопление в растениях, животных и человеке; границы безопасности.

Как цитировать:

Афонькина С.Р., Яхина М.Р., Усманова Э.Н., Аллаярова Г.Р., Астахова М.И., Ларионова Т.К., Даукаев Р.А., Фазлыева А.С. Повышение уровня контаминации организма человека кадмием при дополнении его рациона семенами подсолнечника // Экология человека. 2024. Т. 31, № 12. С. 921–930.

DOI: 10.17816/humeco643208 EDN: EMTGYU

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643208>

EDN: EMTGYU

食用向日葵种子导致人体镉污染水平升高

Svetlana R. Afonkina¹, Margarita R Yakhina¹, Elsa N. Usmanova¹, Guzel R. Allayarova¹, Margarita I. Astakhova², Tatiana K. Larionova¹, Rustem A. Daukaev¹, Anna S. Fazlieva¹

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

² Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

摘要

论证。向日葵种子全年均具有可得性、高营养价值和相对低廉的价格。医学专家与应用科学领域的研究人员普遍建议在人群膳食中加入整粒向日葵籽。关于面向消费者的产品安全问题，尤其是向日葵种子中镉含量偏高的情况，媒体时常予以关注。Oil and Fat Union of Russia亦未否认该问题的存在。同时，科学界尚无关于食品中重金属允许含量及其对人体和整个食物链影响的统一观点。

目的。评估向日葵种子中镉在食物中所含重金属总体毒性负担中的贡献，并通过模拟膳食结构，评估其经常性摄入对健康的潜在风险。

材料与方法。研究包括对参与者居住区域的地方食品样本及27处集中供水水源水样的检测分析。收集并处理了160名身体健康、处于育龄阶段的受试者关于7天食物摄入与饮水情况的回顾性问卷。另对26份咀嚼类向日葵种子样本进行了镉及其他有毒元素的化学分析。

结果。在向日葵种子中，所有检测的有毒元素中，只有镉的含量超过了允许浓度，达到 0.23 ± 0.06 mg/kg。在按营养学家推荐的每日摄入量（50克）食用向日葵种子的情况下，人体可摄入 $0.007 - 0.009$ 毫克镉，这一数值约为通过食物和饮水摄入量（分别为 0.0033 ± 0.0012 毫克和 0.0007 ± 0.0003 毫克）的两倍。

结论。膳食模拟显示，将50克咀嚼类向日葵种子纳入膳食结构，可预测其所致的镉经口摄入量，平均相当于俄罗斯联邦规定的每日允许摄入上限的31.4%。

关键词：镉；膳食结构；向日葵种子；植物、动物与人体的积累；安全限值。

引用本文：

Afonkina SR, Yakhina MR, Usmanova EN, Allayarova GR, Astakhova MI, Larionova TK, Daukaev RA, Fazlieva AS. 食用向日葵种子导致人体镉污染水平升高. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(12):921–930. DOI: 10.17816/humeco643208 EDN: EMTGYU

收到: 20.12.2024

接受: 23.05.2025

发布日期: 09.06.2025

BACKGROUND

In the human trophic niche, sunflower is inferior to cereal crops. However, it is an important source of nutrients. Sunflower seeds contain a wide range of phytochemicals and minerals; their content and bioavailability for the human body is higher as compared to nuts [1, 2]. Their regular consumption helps protect the skin from the effects of free radicals [3, 4], reduce the cardiovascular risk, normalize cholesterol and blood pressure, and manage type 2 diabetes mellitus [5–7]. Thirty grams of sunflower seeds in the daily diet reduces blood glucose associated with the chlorogenic acid level [7]. This amount of unroasted peeled seeds is more than 40% of the recommended daily intake of phosphorus, copper, selenium, vitamins E and B5; 30% manganese, 17%–18% vitamins B9 and PP, and approx. 10% potassium and magnesium in adults.¹

In addition to nutritional value of a product, it is also required to consider the product's food safety for humans—primarily the level of cadmium, lead, mercury, and arsenic because their toxicity is associated with their ability to form complexes with protein SH-groups. The accumulation of these elements is associated with the risk of bioaccumulation and biomagnification in organs and tissues, if they are consumed in excess, as this may lead to disruption of physiological and biochemical toxicity protection mechanisms [8].

Russia is a leader in the global sunflower seed and sunflower oil sector, providing a gross harvest of 5.65 million tons in a territory that accounts for 22.9% of the global cultivated area [9]. However, concerns about the high heavy metal content in sunflower seeds sold in retail chains are periodically raised in mass media—mainly the level of cadmium that can be as high as 0.2 mg/kg.

Sunflower seeds contaminated with 0.2 maximum allowable concentration (MAC) of cadmium inhibit lipase activity [10]. 0.25 MAC of mercury ions inhibit acidic and alkaline lipase activity by 42.4%–45.8% and 1.0 MAC of mercury almost completely inhibit the enzymatic activity. Lead ions have a lower inhibitory capacity as compared to cadmium and mercury; 1.0 MAC of lead decreases lipase activity by 1.7 times [11].

In equal agricultural conditions, sunflower seeds accumulate more cadmium as compared to most other cereal and oilseed crops. At a daily intake of 28.35 g (one ounce) for 48 weeks, cadmium intake does not exceed the World Health Organization (WHO) tolerable weekly intake of 490 µg and does not affect the health of volunteers [12].

If the staple food of the population is rice, it is highly susceptible to cadmium toxicity. An experiment on laboratory rats showed that the introduction of sunflower seeds in the diet reduces the absorption of cadmium due to the high

content of calcium, iron, and zinc [13]. In addition, studies involving Japanese quail showed that moderate excess of some micronutrients had a positive effect by reducing the absorption and accumulation of cadmium [14].

Of all heavy metals, cadmium is one of the most common environmental pollutants in cities. Moreover, it is a cumulative toxin with the elimination period of 25–30 years [15].

From a food safety perspective, cadmium level is an important monitoring parameter as food is the main source of cadmium intake in humans.² The tolerable monthly intake of cadmium determined by WHO experts is 25 µg per 1 kg of human body weight.

5%–10% of cadmium is absorbed in the gastrointestinal tract. However, when it enters the systemic blood and reaches the liver, cadmium is absorbed by hepatocytes and activates the metallothionein synthesis. As a result, a complex (cadmium-metallothionein, Cd-MT) is formed, which enters the kidneys with the blood. In kidneys, due to the high reabsorption capacity of the proximal tubules, it accumulates in their cells and causes tissue damage over time [16, 17].

Toxicologists from the Ufa Research Institute of Occupational Medicine and Human Ecology modeled the cadmium salt intoxication on rats and found that when the safe dose is exceeded 10-fold, the greatest amount of the metal is accumulated in the liver rather than kidneys [18].

The main toxicity mechanism of cadmium is the substitution of other divalent cations, mainly in protein molecules. Throughout evolution's history, plants have developed defense mechanisms aimed at maintaining the vital metabolic pathways. However, in sunflowers, cadmium overcomes these barriers, penetrating into cells through the same transport routes as micronutrients. This leads to disruption of nutrient transport and distribution mechanisms. One of the plant's defense mechanisms is the deposition of the toxicant in the seeds to reduce the load on the root system and to minimize cell damage. Experiments showed that the concentration of cadmium in cotyledons may be as high as 10–20 µg/g. Thus, as little as 7 g of seeds can be equal to the maximum permissible intake of cadmium (70 µg) for a body weight of 70 kg. In addition, a high metal imbalance is observed in sunflower seeds; it is manifested both by changes in the copper, manganese, and iron levels and their distribution disruption in the seeds. As cotyledons is the most common part consumed as food, sunflowers grown in soils with contamination levels similar to those used in the experiment is a potential threat to human health [19].

In terms of bioavailability of essential and toxic metals contained in the edible parts of nuts and sunflower seeds, mercury has the lowest dialyzability not exceeding 3.8%. Cadmium, like most micronutrients, has moderate availability;

¹ Sunflower seed nutrition: calories, carbs, GI, protein, fiber, fats; [about 14 pages]. B: Food Struct [Internet]. Boston: FoodStruct, 2016–2024. URL: <https://foodstruct.com/food/sunflower-seed>. Accessed on August 16, 2024.

² Commission Regulation (EC) No. 1881/2006. Commission Directive of December 19, 2006, setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Communities. L364:5–24. URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:EN:PDF>. Accessed on August 16, 2022.

whereas arsenic translocation varies widely, from 28 to 75%. It has been found that the degree of bioavailability correlates with the composition of micronutrients: fat reduces the dialyzability of metals; and carbohydrates, on the contrary, increase it. Protein and dietary fiber do not affect the bioavailability of metals [1, 20].

With increasing knowledge about the bioavailability of sunflower, its seeds are becoming more important in the human diet. However, in publications, sunflower is increasingly considered as a cadmium accumulator plant, capable of depositing this xenobiotic in seeds. Findings made by non-governmental organizations were verified by the analysis conducted by the testing laboratory of the Omsk Branch of the Federal State Budgetary Institution Grain Quality Assessment Center. According to its data, the average cadmium content in sunflower seeds sold in retail chains with certifications or declarations exceeded 0.1 mg/kg in 24% of samples.³ The Independent Center at Autonomous Non-Commercial Organization Soyuzexpertiza of the Chamber of Commerce and Industry of the Russian Federation and Consumer Protection Society Public Control have similar approaches to product safety assessment.⁴ In addition, there are applicable Unified Sanitary, Epidemiological, and Hygienic Requirements to Goods Subject to Sanitary and Epidemiological Supervision,⁵ where the MAC of cadmium in sunflower seeds is 0.2 mg/kg. This threshold increase is explained by the All-Russia Union of Oils and Fats of Russia as "...the real-life situation with this raw material in the Russian market."⁴ However, the underlying document, Technical Regulations of the Customs Union On the Safety of Food Products (TR CU 021/2011), does not provide for the MAC of cadmium in oilseeds.

According to the Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Fats, an analysis of 92 samples of sunflower seeds obtained in various regions of Russia showed a significant range of cadmium content, depending on the geographical origin of the raw materials.⁴

Voronezh State Agrarian University conducted a behavioral analysis of heavy metals in the soils of roadside farmed sunflower ecosystems as part of its research. It showed that the degree of lead and cadmium translocation in sunflower correlates with the content of their active forms in the soil.

Metal accumulation is influenced by several factors, such as distance from roads, ingredients and doses of agrochemicals, weather conditions, and cultivation techniques. Lead content in plants exceeded 2.9–5.3 times and cadmium content exceeded 1.4–3.2 times at different combinations of these conditions [21]. It was found that the transfer of cadmium from the soil to sunflower inflorescences does not depend on its subtype [22].

AIM

To assess the contribution of cadmium to the total toxic load from heavy metals in sunflower seeds and to determine potential health risks associated with their regular consumption using dietary simulation modeling.

MATERIALS AND METHODS

For the study, sunflower seeds of 10 brands were purchased and 16 samples of economically mature seeds were obtained in suburban areas of the industrialized city of Ufa (500 g at each point). The husk-free crushed seeds weighing approximately 0.5 g were placed in Teflon beakers containing 8 ml of concentrated nitric acid [65%, for analysis, Merck KGaA (Germany) and EMD Millipore Corporation (Canada)] and subjected to microwave-assisted digestion in Speedwave Xpert[®] microwave system (Berghof, Germany) according to the manufacturer's instructions. Cadmium and lead content in samples was quantified by graphite furnace atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization; arsenic was quantified by flame atomization absorption spectrometry [AA240Z, AA240FS (Varian, Australia)]. Total mercury content was determined by the atomic absorption in a RA-915M mercury analyzer with a PYRO-915+ attachment (Lumex, Russia).

Oral cadmium intake was based on the average regional values of its content in foods and drinking water, typical for the respondents' area of residence. The data were obtained by long-term observation by the testing center at the Federal Budgetary Scientific Institution (FBSI) Ufa Research Institute for Industrial Medicine and Human Ecology.

Additional contamination with cadmium when introducing sunflower seeds in the diet was modeled based on the average results of our own studies equivalent to 50 g of the product, i.e. the amount recommended for consumption by the Department of Food Science and Technology at Kasetsart University (Thailand) [23].

Eligibility Criteria

Oral weekly intake of cadmium was calculated with the written consent of 160 eligible participants. The eligibility criteria are:

- Health status (group I);
- Gender-appropriate fertile age (15–65 years);
- Normal body mass index (Quetelet index) in the range of 20.0–25.9;

³ Cadmium Content as an Indicator of Oilseed Safety; [about 2 pages]. In Federal State Budgetary Institution Federal Center for Assessment of Safety and Quality of Agricultural Products [Internet]. Moscow, Federal State Budgetary Institution Federal Center for Assessment of Safety and Quality of Agricultural Products, 2017–2024. URL: <https://agbz.ru/articles/soderzhanie-kadmiya-kak-pokazatel-bezopasnosti-maslichnyih-kultur/>. Accessed on August 16, 2024.

⁴ How Much Cadmium Can A Seed Contain? [about 2 pages]. In RosInvest. Com; 2012–2024. URL: <https://rosinvest.com/novosti/940572>. Accessed on August 16, 2024.

⁵ Resolution No. 299 of the Customs Union Commission dated May 28, 2010 (On Sanitary Actions in the Eurasian Economic Union). URL: <https://www.alta.ru/tamdoc/10sr0299/>. Accessed on November 12, 2024.

- Body weight close to the estimated value based on WHO requirements (70 kg);
- No sunflower seeds in the diet during the study week.

Study Setting

The analysis was conducted in the accredited laboratory of the testing center at Ufa Research Institute for Industrial Medicine and Human Ecology and registered in the Database Registry No. 2024624090 of the Federal Service for Intellectual Property.^{6,7}

Statistical Analysis

Statistical analysis of the data (calculation of average values, standard deviation of the variation coefficient) used Microsoft Excel® software (Microsoft, USA).

RESULTS

The test analysis of sunflower seeds was conducted in response to the issue of high levels of cadmium contamination periodically raised in the media.

The first stage of the study involved a quantitative analysis of toxic element levels in sunflower seeds in industrial packaging intended for direct consumption. For the analysis, the entire range of seeds was purchased in a major supermarket (see Table 1).

Table 1. Quantitative Content of Toxic Elements in Sunflower Seeds Supplied by Producers to Retail Chains

Sample	Concentration, mg/kg			
	Pb	Cd	As	Hg
№ 1	0.23±0.08	0.013±0.004	<0.01	<0.0025
№ 8	0.28±0.10	0.027±0.008	<0.01	<0.0025
№ 7	0.25±0.09	0.034±0.010	<0.01	<0.0025
№ 4	0.33±0.12	0.091±0.027	<0.01	<0.0025
№ 5	0.03±0.01	0.184±0.055	<0.01	<0.0025
№ 10	<0.02	0.193±0.058	<0.01	<0.0025
№ 2	<0.02	0.203±0.061	<0.01	<0.0025
№ 3	<0.02	0.250±0.075	<0.01	<0.0025
№ 9	<0.02	0.253±0.076	<0.01	<0.0025
№ 6	<0.02	0.295±0.089	<0.01	<0.0025

⁶ Certificate of State Registration of Database No. 2024624090 dated September 12, 2024. Report No. 9. M.R. Yakhina, T.K. Valeev, E.E. Zelenkovskaya, et al. Actual weekly diet structure as illustrated by the population of the Republic of Bashkortostan with different economic specializations. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_69586451_36328408.PDF. Accessed on September 12, 2024.

⁷ Certificate of State Registration of Database No. 2024624203 dated September 26, 2024. Report No. 10. M.R. Yakhina, T.K. Valeev, E.E. Zelenkovskaya, et al. Quantification of nutrients and toxic elements in the diet of non-production employees. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_73233368_16143777.PDF. Accessed on September 12, 2024.

In all sunflower seed kernel samples obtained from different producers, the arsenic and mercury level was below the detection limit of the analytical methods used. The quantity of lead does not exceed 0.3 MAC. Cadmium content in the seeds was max 0.1 mg/kg in three samples, max 0.2 mg/kg in one sample, and max 0.3 mg/kg in five samples. The findings indicate that even with a limited sample, there is a high probability of exceeding cadmium standards with regular consumption of seeds, leading to a potential health risk.

In addition, we tested sunflower seeds from agricultural fields and private farms near a city with a population of one million in the Republic of Bashkortostan.

The atomic absorption spectrometry analysis of 16 samples of sunflower seeds grown in the Central Industrial Region of Bashkortostan is shown in Table 2.

Arsenic content in these samples did not exceed 0.2 MAC. A single case of mercury exceeding the MAC was recorded in seeds collected near a railway.

High lead levels were found in seeds sampled in areas with heavy traffic; MAC levels were exceeded in samples obtained along a highway. The same samples showed the highest values of cadmium.

DISCUSSION

In the premises, sunflower should definitely be classified as a cadmium accumulating plant. In the context of anthropogenic environmental pollution, cadmium levels, previously considered as maximum allowable concentrations, are now considered by agroindustrial entities as background concentrations. There is a need to assess the potential contribution of oral intake of this toxicant to the overall human exposure as there is no uniform approaches to determining the safe level of cadmium in sunflower seeds.

For this, an analysis of a 7-day diet and fluid consumption of 160 respondents was conducted, including health group I athletes, trainers, and physical education teachers of reproductive age (35±14 years), with a normal body mass index (24.7±3.7) and average body weight (69.4±12.1 kg).

An assessment of 1,120 diets of respondents from the selected group showed that with an average consumption of 1,611±638 of food and 986±237 g of tap water, soups, and drinks, healthy residents of the Republic of Bashkortostan consume 0.004 mg of cadmium (including food and water; 0.0033±0.0012 and 0.0007±0.0003 mg, respectively). According to estimates of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, this value does not exceed the reference dose of cadmium of 0.00055 mg/kg per day [24].

This shows the obvious importance of the increasing cadmium intake by humans through the consumption of sunflower seeds. For example, as little as 50 g of seeds contain on average 2 times more cadmium ($\bar{X}$ of edible varieties=0.007 mg; $\bar{X}$ of analyzed samples=0.009 mg)

Table 2. Statistical Frequencies of Toxic Substance Content in Sunflower Seeds

Sample	Concentration, mg/kg			
	Pb	Cd	As	Hg
Field located along the M-7 highway				
15 m from the highway	1.52±0.53	0.24±0.07	<0.01	<0.0025
25 m from the highway	1.09±0.38	0.28±0.09	<0.01	0.017±0.007
50 m from the highway	1.11±0.39	0.25±0.08	<0.01	<0.0025
Cottage settlements near the M-5 federal highway				
Residential areas	0.31±0.11	0.40±0.12	<0.01	<0.0025
Newly developed settlements	0.71±0.25	1.16±0.35	<0.01	<0.0025
Along the railway	0.62±0.22	1.38±0.41	<0.01	0.088±0.025
Agricultural area				
For dietary intake (seed)	0.12±0.04	0.073±0.022	0.035±0.012	0.006±0.002
For compound feed stuff	0.45±0.16	0.095±0.029	<0.001	<0.0025
Field 1	0.55±0.19	0.049±0.015	<0.001	<0.0025
Field 2	0.38±0.13	0.093±0.028	<0.01	<0.0025
Field 3	0.31±0.11	0.091±0.027	<0.01	<0.0025
Field 4	0.33±0.12	0.14±0.04	<0.001	<0.0025
Seeds produced at the development farm				
High-quality	0.18±0.06	0.016±0.005	0.05±0.02	<0.0025
Environmental	<0.02	0.016±0.005	0.05±0.02	<0.0025
Coarse grains	0.17±0.06			<0.0025
Nongrade	0.21±0.07	0.067±0.020	0.05±0.02	<0.0025

than is consumed daily with food and water (0.004 mg) by participants in the experimental survey part of the study, who consumed on average 1,611 and 986 g of food and water per day, respectively.

The reference dose of super toxic substances (including cadmium) is determined by their reproductive, neurotoxic, hematological, cytotoxic, cytogenetic, and immunotoxic effects. For cadmium, it has been found that it accumulates in various tissues and organs with low metabolic and detoxification capacity [25].

Foods are the main source of cadmium intake, up to 90%. Its elimination rate is low (about 0.001%, mainly in urine), requiring strict regulation of intake. However, the issue of the MAC of cadmium is still controversial and there are major controversies in the scientific community (see Table 3).

Study Limitations

The simulation model is based on the diet of healthy respondents with adequate eating behavior; cadmium content in foods is calculated based on average regional values. This indicates that in real life, the actual exposure may be significantly higher due to additional sources of contamination.

CONCLUSION

Sunflower has high bioavailability and nutritional value and improves the quality of nutrition for farm animals and humans without synthetic supplements. However, the plant is obviously able to accumulate cadmium, mainly in its reproductive part, creating a risk, if it is grown in conditions of anthropogenic pollution.

The analytical stage of the study showed that sunflower seeds that do not meet health standards for cadmium content are sold in 40% of cases. The highest level of contamination with heavy metals was recorded in oilseed varieties grown near transport infrastructure.

We simulated a case of increased cadmium content in the diet of respondents by adding a biologically reasonable amount of sunflower seeds from the studied samples. It should be noted that the possible daily intake of cadmium is 0.0001 mg and higher (which in itself does not exceed the MAC) with the consumption of as little as 50 g of whole sunflower seeds.

The simulation modeling showed that when sunflower seeds are included in the diet, the daily intake of cadmium can be as high as 0.011±0.005 mg, i.e. approximately 15.7% of the MAC (according to WHO) and an average of 31.4% of the value applicable in the Russian Federation.

Table 3. Tolerable Daily Intake of Cadmium for Regular Oral Intake

Regulation	Reference dose of Cd	Country / Regulator
Agency for Toxic Substances and Disease Registry	0.0001 mg/kg per day	United States of America (federal agency)
R 2.1.10.3968-23. 2.1.10. Health of the population in relation to the environment and living conditions of the population. Assessing public health risks from exposure to environmental chemicals: Guidelines (approved by Rosпотребнадзор on September 6, 2023)	0.0005 mg/kg per day	Russia
Office of Environmental Health Hazard Assessment		United States of America (California)
World Health Organization	0.025 mg/kg per month	World Health Organization
Integrated Risk Information System of the U.S. Environmental Protection Agency	0.001 mg/kg per day	United States of America (federal agency)

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution: S.R. Afonkina: concept and design of the study, data collection; M.R. Yakhina: concept and design of the study, data processing, writing—original draft; E.N. Usmanova, G.R. Allayarova, M.I. Astakhova: data processing; T.K. Larionova writing—original draft; R.A. Dukaev writing—review & editing; A.S. Fazlyeva: data collection. All authors approved the version of the manuscript to be published and agree 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 at a meeting of the bioethical commission Ufa Scientific Research Institute of Occupational Medicine and Human Ecology (Protocol No. 01-12 dated December 23, 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 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.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. С.Р. Афонкина — концепция и дизайн исследования, сбор данных; М.Р. Яхина — концепция и дизайн исследования, анализ данных, написание текста рукописи; Э.Н. Усманова, Г.Р. Аллаярова, М.И. Астахова — анализ данных; Т.К. Ларионова — написание текста рукописи; Р.А. Даукаев — редактирование текста рукописи; А.С. Фазлыева — сбор 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. Исследование одобрено на заседании биоэтической комиссии ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» (протокол № 01-12 от 23.12.2024).

Источник финансирования. Отсутствуют.

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

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

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

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

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

REFERENCES | СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Moreda-Piñeiro J, Herbello-Hermelo P, Domínguez-González R, et al. Bioavailability assessment of essential and toxic metals in edible nuts and seeds. *Food Chemistry*. 2016;205:146–154. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.03.006
2. Bielecka J, Puścion-Jakubik A, Markiewicz-Żukowska R, et al. Assessment of the safe consumption of nuts in terms of the content of toxic elements with chemometric analysis. *Nutrients*. 2021;13(10):3606. doi: 10.3390/nu13103606 EDN: KXRVS
3. Adeleke BS, Babalola OO. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. *Food Science & Nutrition*. 2020;8(9):4666–4684. doi: 10.1002/fsn3.1783 EDN: GIXDYF
4. Shikh EV, Makhova AA, Pogozheva AV, Elizarova EV. The importance of nuts in the prevention of various diseases. *Problems of Nutrition*. 2020. 89(3):14–21. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10025 EDN: DJJBOF
5. Nunes DO, Marques VB, Almenara CCP, et al. Linoleic acid reduces vascular reactivity and improves the vascular dysfunction of the small mesentery in hypertension. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 2018;62:18–27. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10025 EDN: DJJBOF
6. Richmond K, Williams S, Mann J, et al. Markers of cardiovascular risk in postmenopausal women with type 2 diabetes are improved by the daily consumption of almonds or sunflower kernels: a feeding study. *ISRN Nutrition*. 2013;2013:1–9. doi: 10.5402/2013/626414
7. Jiang R, Jacobs DR, Mayer-Davis E, et al. Nut and seed consumption and inflammatory markers in the multi-ethnic study of atherosclerosis. *American Journal of Epidemiology*. 2005;163(3):222–231. doi: 10.1093/aje/kwj033 EDN: IKNXGJ
8. Pestrova NYu, Oparina SN. The influence of accumulation of lead ions on the reproduction of plants on the example of oilseed sunflower (*Helianthus Annus L.*). *International Research Journal*. 2016;(7-3):19–21. doi: 10.18454/IRJ.2016.49.044 EDN: WEYKNL
9. Belikina AV, Obedkova LV, Opejkina TV. The importance of oilseed production for ensuring food security of the country. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal*. 2018;(2):68–70. (In Russ.) EDN: VOXDYX
10. Dyachenko YuA, Tsikunib AD. Analytical importance of determination of lipase activity for the express analysis of contamination by heavy metals of sunflower seeds. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2016; (3):218–222. doi: 10.20914/2310-1202-2016-3-218-222 EDN: XWNKVF
11. Dyachenko YuA, Tsikunib AD. Lipase activity as factor of high quality and ecological purity of sunflower seeds. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2017;44(1):118–123. doi: 10.21179/2074-9414-2017-1-118-123
12. Reeves PG, Nielsen EJ, O'Brien-Nimons C, Vanderpool RA. Cadmium bioavailability from edible sunflower kernels: a long-term study with men and women volunteers. *Environmental Research*. 2001;87(2):81–91. doi: 10.1006/enrs.2001.4289
13. Reeves PG, Chaney RL. Mineral status of female rats affects the absorption and organ distribution of dietary cadmium derived from edible sunflower kernels (*Helianthus annuus L.*). *Environmental Research*. 2001;85(3):215–225. doi: 10.1006/enrs.2000.4236
14. Jacobs RM, Lee Jones AO, Fox MRS, Fry BE. Retention of dietary cadmium and the ameliorative effect of Zinc, Copper, and Manganese in Japanese quail. *The Journal of Nutrition*. 1978;108(1):22–32. doi: 10.1093/jn/108.1.22
15. Stosman KI, Sivac KV. Immunotoxic effect of acute cadmium sulfate exposure in rats. *Medline.ru. Rossijskij Biomeditsinskij zhurnal*. 2020;21:166–175. EDN: LBUDOM
16. Fazlieva AS, Daukaev RA, Karimov DO. Influence of cadmium on population health and methods for preventing its toxic effects. *Occupational health and human ecology*. 2022;(1):220–235. doi: 10.24411/2411-3794-2022-10115 EDN: GLPABT
17. Ghuman NA, Naseem N, Latif W, Nagi AH. Dose-dependent morphological changes of cadmium chloride on kidney of albino mice. *Biomedica*. 2018;34(4):253–258.
18. Fazlieva AS, Usmanova EN, Karimov DO, et al. Accumulation of cadmium in living systems as an environmental pollutant problem. *Medicina truda i jekologija cheloveka*. 2018;(3):47–51. EDN: MGGHBR
19. Pessôa GS, Lopes Júnior CA, Madrid KC, Arruda MAZ. A quantitative approach for Cd, Cu, Fe and Mn through laser ablation imaging for evaluating the translocation and accumulation of metals in sunflower seeds. *Talanta*. 2017;167:317–324. doi: 10.1016/j.talanta.2017.02.029
20. Sterckeman T, Thomine S. Mechanisms of Cadmium accumulation in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2020;39(4):322–359. doi: 10.1080/07352689.2020.1792179 EDN: YFIGDU
21. Vysotskaya EA, Baryshnikova OS. Analysis of mobile forms of heavy metals in soils roadside sunflower agroecosystems. *Agroecoinfo*. 2021;(3):19. EDN: YEEHRR
22. Troc NM. *Translocation of heavy metals in agricultural landscapes of the Samara region under the influence of natural and anthropogenic factors* [dissertation]. Samara; 2018. Available from: <https://elibrary.ru/jfmuel> (In Russ.) EDN: JFMUOL
23. Guo S, Ge Y, Na Jom K. A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common sunflower seed and sprouts (*Helianthus annuus L.*). *Chemistry Central Journal*. 2017;11(1):95. doi: 10.1186/s13065-017-0328-7 EDN: LXTGDL
24. Shur PZ, Fokin VA, Novosyolov VG. To the issue of assessing the acceptable daily intake of cadmium with food. *Public Health and Life Environment - Ph&Le*. 2015;(12):30–33. EDN: VBEVTD
25. Fazlieva AS, Daukaev RA, Karimov DO, et al. Public health risks caused by contamination of local food products. *Health Risk Analysis*. 2022;(4):100–108. doi: 10.21668/health.risk/2022.4.09 EDN: XWTGVU

AUTHORS' INFO

***Svetlana R. Afonkina**, Cand. Sci. (Chemistry);
address: 94 Stepan Kuvykin st, Ufa, Russia, 450106;
ORCID: 0000-0003-0445-9057;
eLibrary SPIN: 3521-1536;
e-mail: svetafonk1@mail.ru

Margarita R. Yakhina, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor;
ORCID: 0000-0003-2692-372X;
eLibrary SPIN: 5925-2360;
e-mail: zmr3313@yandex.ru

Elsa N. Usmanova;
ORCID: 0000-0002-5455-6472;
eLibrary SPIN: 9088-3293;
e-mail: 4usmanova@gmail.com

Guzel R. Allayarova, Cand. Sci. (Biology);
ORCID: 0000-0003-0838-3598;
eLibrary SPIN: 3704-1010;
e-mail: ufa.lab@yandex.ru

Margarita I. Astakhova, MD, Cand. Sci. (Medicine),
Associate Professor;
ORCID: 0000-0002-8750-3852;
eLibrary SPIN: 4405-3181;
e-mail: Astachova_mi@mail.ru

Tatyana K. Larionova, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor;
ORCID: 0000-0001-9754-4685;
eLibrary SPIN: 5305-0589;
e-mail: larionovatk@yandex.ru

Rustem A. Daukaev, Cand. Sci. (Biology);
ORCID: 0000-0002-0421-4802;
eLibrary SPIN: 4086-7132;
e-mail: ufa.lab@yandex.ru

Anna S. Fazlieva;
ORCID: 0000-0002-0037-6791;
eLibrary SPIN: 6215-4556;
e-mail: nytik-21@yandex.ru

ОБ АВТОРАХ

***Афонькина Светлана Разифовна**, канд. хим. наук;
адрес: Россия, 450106, Уфа, ул. Степана Кувыкина, д. 94;
ORCID: 0000-0003-0445-9057;
eLibrary SPIN: 3521-1536;
e-mail: svetafonk1@mail.ru

Яхина Маргарита Радиковна, канд. биол. наук, доцент;
ORCID: 0000-0003-2692-372X;
eLibrary SPIN: 5925-2360;
e-mail: zmr3313@yandex.ru

Усманова Эльза Наилевна;
ORCID: 0000-0002-5455-6472;
eLibrary SPIN: 9088-3293;
e-mail: 4usmanova@gmail.com

Аллаярова Гузель Римовна, канд. биол. наук;
ORCID: 0000-0003-0838-3598;
eLibrary SPIN: 3704-1010;
e-mail: ufa.lab@yandex.ru

Астахова Маргарита Ивановна, канд. мед. наук,
доцент;
ORCID: 0000-0002-8750-3852;
eLibrary SPIN: 4405-3181;
e-mail: Astachova_mi@mail.ru

Ларионова Татьяна Кенсариновна, канд. биол. наук, доцент;
ORCID: 0000-0001-9754-4685;
eLibrary SPIN: 5305-0589;
e-mail: larionovatk@yandex.ru

Даукаев Рустем Аскарлович, канд. биол. наук;
ORCID: 0000-0002-0421-4802;
eLibrary SPIN: 4086-7132;
e-mail: ufa.lab@yandex.ru

Фазлыева Анна Сергеевна;
ORCID: 0000-0002-0037-6791;
eLibrary SPIN: 6215-4556;
e-mail: nytik-21@yandex.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку