

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

# ЭКОЛОГИЯ



## ЧЕЛОВЕКА

**EKOLOGIYA CHELOVEKA  
(HUMAN ECOLOGY)**

Volume 31, Issue 1, 2024

# 1

Том 31

2024



**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:** 191181, г. Санкт-Петербург, Аптекарский переулочек, д. 3, литера А, помещение 1Н

**E-mail:** info@eco-vector.com

**WEB:** https://eco-vector.com

**РЕДАКЦИЯ:**

**Адрес:** 163069, г. Архангельск,

пр. Троицкий, д. 51.

**Тел. +7 (818) 220 6563;**

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

**ИНДЕКСАЦИЯ:**

– SCOPUS

– Белый список научных журналов

– Google Scholar

– Ulrich's Periodicals directory

– ядро РИНЦ

– Russian Science Citation Index

– Norwegian National Center for Research Data

– реферативный журнал и база данных

ВИНИТИ

– Global Health

– CAB Abstracts

– ProQuest

– InfoBase Index

– КиберЛенинка

Оригинал-макет подготовлен в издательстве

«Эко-Вектор».

Литературный редактор: Н.А. Лебедева

Корректор: Н.А. Лебедева

Верстка: О.В. Устинкова

Перевод: А.М. Гржибовский

Сдано в набор 01.08.2024.

Подписано в печать 15.08.2024.

Выход в свет 23.08.2024.

Формат 60 × 88%. Печать офсетная.

Заказ 4-7897-1v. Цена свободная.

Печ. л. 11. Уч.-изд. л. 10,2. Усл. печ. л. 6.

Тираж 300 экз.

Отпечатано в ООО «Типография Экспресс В2В»

191180, Санкт-Петербург, наб. реки Фонтанки,

д. 104, лит. А, пом. 3Н, оф. 1.

Тел.: +7 (812) 646 33 77

**ПОДПИСКА:**

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

**OPEN ACCESS:**

В электронном виде журнал распространяется

бесплатно — в режиме немедленного

открытого доступа.

**ОТДЕЛ РЕКЛАМЫ:**

Тел.: +7 (968) 545 78 20

**E-mail:** adv2@eco-vector.com

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

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

16+

Экология человека. 2024. Т. 31, № 1.

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

# ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Ежемесячный научный рецензируемый журнал

Том 31 • № 1 • 2024

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

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

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

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

## EDITORIAL BOARD

### Главный редактор

**Унгурия Татьяна Николаевна**, д-р мед. наук, доцент

Северный государственный медицинский университет

(Архангельск, Россия)

ORCID iD: 0000-0001-8936-7324

### Заместители главного редактора

**Гудков Андрей Борисович**, д-р мед. наук, профессор (Архангельск, Россия)

ORCID iD: 0000-0001-5923-0941

**Ушаков Игорь Борисович**, д-р мед. наук, профессор (Москва, Россия)

ORCID iD: 0000-0002-0270-8622

**Гржибовский Андрей Мечиславович**, д-р мед. наук, профессор

(Архангельск, Россия)

ORCID iD: 0000-0002-5464-0498

### Научный редактор

**Сидоров Павел Иванович**, д-р мед. наук, профессор (Архангельск, Россия)

ORCID iD: 0000-0003-4811-2805

### Международный редактор

**Odland Jon Øyvind**, профессор (Норвегия)

ORCID iD: 0000-0002-2756-0732

### Ответственный секретарь

**Постоев Виталий Александрович**, канд. мед. наук (Архангельск, Россия)

ORCID iD: 0000-0003-4982-4169



## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

**Горбатова Любовь Николаевна**, д.м.н.,  
профессор (Архангельск, Россия)  
ORCID iD: 0000-0002-6363-9595

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

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

**Карпин Владимир Александрович**, д.м.н.,  
профессор (Сургут, Россия)  
eLibrary SPIN: 1860-8435

**Макарова Валерия Ивановна**, д.м.н.,  
профессор (Архангельск, Россия)  
Scopus Author ID: 7005797378

**Марьяндышев Андрей Олегович**, д.м.н.,  
профессор (Архангельск, Россия)  
ORCID iD: 0000-0002-8485-5625

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**FOUNDERS:**

- Northern State Medical University;
- Eco-Vector

**PUBLISHER:**

Eco-Vector

**Address:** 3 liter A, 1H, Aptekarsky pereulok,

191181 Saint Petersburg, Russia

**E-mail:** info@eco-vector.com**WEB:** https://eco-vector.com**EDITORIAL OFFICE:****Address:** 51 Troitsky Ave., Arkhangelsk 163000, Russia**E-mail:** he-office@eco-vector.com**Phone:** +7 (818) 2206563**PUBLICATION ETHICS**

Journal's ethic policies are based on:

- ICMJE
- COPE
- ORE
- CSE
- EASE

**OPEN ACCESS:**

Immediate Open Access is mandatory for all published articles

**INDEXATION:**

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

**TYPESET:**

completed in Eco-Vector

Copyeditor: N.A. Lebedeva

Proofreader: N.A. Lebedeva

Layout editor: O.V. Ustinkova

Translator: A.M. Grjibovski

**SUBSCRIPTION:**<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

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

Monthly peer-reviewed journal

Volume 31 • Issue 1 • 2024

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

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

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

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

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

### EDITORIAL BOARD

#### Editor-in-Chief

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

#### Deputy Editor-in-Chief

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

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

**Andrej M. Grjibovski**, MD, PhD, Dr. Sci. (Med), Professor (Arkhangelsk, Russia)  
ORCID iD: 0000-0002-5464-0498

#### Science Editor

**Pavel I. Sidorov**, MD, Dr. Sci. (Med), Professor (Arkhangelsk, Russia)  
ORCID iD: 0000-0003-4811-2805

#### International editor

**Jon Øyvind Odland**, Professor (Norway)  
ORCID iD: 0000-0002-2756-0732

#### Executive editor

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

## EDITORIAL COUNCIL

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

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

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

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

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

**Lyubov N. Gorbatova**, MD, Dr. Sci. (Med),  
Professor (Arkhangelsk, Russia)  
ORCID iD: 0000-0002-6363-9595

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

**Vladimir A. Karpin**, MD, Dr. Sci. (Med),  
Professor (Surgut, Russia)  
eLibrary SPIN: 1860-8435

**Valeriya I. Makarova**, MD, Dr. Sci. (Med),  
Professor (Arkhangelsk, Russia)  
Scopus Author ID: 7005797378

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

# СОДЕРЖАНИЕ

---

## Оригинальные исследования

*С.Г. Былина*

Детерминанты уровня заболеваемости сельского населения Российской Федерации  
в период пандемии: региональный аспект ..... 7

*Л.Ф. Тимофеев, Н.В. Саввина, А.Л. Тимофеев*

Браки и разводы в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) в 2000–2022 гг. .... 23

*А.А. Дударев, А.В. Дождиков*

Оценка влияния условий проживания, как совокупности социальных факторов среды обитания,  
на показатели смертности сельского и городского населения Ненецкого АО в 2000–2019 гг. .... 33

*С.В. Ермолаева*

Оценка адаптационного потенциала детей и подростков в экологически напряжённых условиях. .... 49

*Е.Л. Борщук, Д.Н. Бегун, И.П. Болодурина, Л.И. Меньшикова, С.В. Колесник, А.Н. Дуйсембаева*

Моделирование и прогнозирование возрастных коэффициентов смертности на основе модели Ли–Картера .... 61

*Д.А. Степовая, Т.Н. Унгурияну*

Оценка риска развития общетоксических эффектов для здоровья населения,  
связанного с загрязнением дикорастущих грибов и ягод тяжёлыми металлами. .... 77

# CONTENTS

---

## Original Study Articles

*S.G. Bylina*

Determinants of the morbidity of the rural population in Russia during the COVID-19 pandemic:  
a regional aspect. . . . . 7

*L.F. Timofeev, N.V. Savvina, A.L. Timofeev*

Marriages and divorces in the Arctic zone of the Sakha (Yakutia) Republic in 2000–2022. . . . . 23

*A.A. Dudarev, A.V. Dozhdikov*

Analysis of the influence of living conditions, as a collection of social factors within the environment,  
on mortality rates among the rural and urban populations of the Nenets autonomous okrug from 2000 to 2019 . . . . . 33

*S.V. Ermolaeva*

Assessment of the adaptive capacity of children and adolescents in environmentally challenging conditions. . . . . 49

*E.L. Borshchuk, D.N. Begun, I.P. Bolodurina, L.I. Menshikova, S.V. Kolesnik, A.N. Duisembayeva*

Modeling and prediction of age-specific mortality rates using the Lee–Carter model . . . . . 61

*D.A. Stepovaia, T.N. Unguryanu*

Assessment of health risks posed by heavy metal contamination of wild mushrooms and berries . . . . . 77

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco632920>

# Детерминанты уровня заболеваемости сельского населения Российской Федерации в период пандемии: региональный аспект

С.Г. Былина

Институт аграрных проблем — обособленное структурное подразделение Саратовского научного центра Российской академии наук, Саратов, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование** Анализ зависимости заболеваемости сельского населения от различных факторов среды обитания позволит не только оценить социально-демографические проблемы на уровне регионов Российской Федерации, но и определить направления государственной региональной политики для достижения целей национального развития.

**Цель** Определение детерминант уровня заболеваемости сельского населения регионов Российской Федерации, в том числе по основным классам заболеваний, среди факторов среды обитания в условиях пандемии COVID-19.

**Материал и методы.** Исходными данными для исследования послужили материалы Федеральной службы государственной статистики, а также статистические материалы сборника «Сельское здравоохранение России в 2021 году», предоставленные Центральным научно-исследовательским институтом организации и информатизации здравоохранения. В процессе исследования использовали методы корреляции Пирсона, факторного анализа (метод главных компонент), иерархического кластерного анализа, множественной линейной регрессии (метод исключения).

**Результаты.** Получено 6 типологических групп регионов Российской Федерации, отличающихся по уровню заболеваемости сельского населения основными классами болезней: некоторыми инфекционными и паразитарными болезнями, новообразованиями, болезнями органов кровообращения, дыхания, пищеварения, некоторыми последствиями воздействия внешних причин. Установлено наличие дифференциации регионов Российской Федерации по факторам влияния на уровень заболеваемости сельского населения основными классами болезней в период пандемии COVID-19 в 2021 г. Показано, что состояние системы здравоохранения и медико-социальные факторы наибольшее влияние оказывают на общий уровень заболеваемости в регионах четвертой и пятой классификационных групп, на выявляемость некоторых инфекционных и паразитарных заболеваний — в регионах второй, пятой и шестой групп, болезней органов дыхания и пищеварения — в регионах третьей группы. Среди социальных факторов наиболее значимо качество жилья в субъектах практически всех групп. Экономические условия оказывают существенное влияние на уровень заболеваемости некоторыми инфекционными и паразитарными заболеваниями в регионах третьей и шестой групп, а также на уровень травматизма и некоторых последствий внешних причин в регионах первой и третьей групп. Экологические факторы значимы в регионах пятой группы. При этом лишь для некоторых инфекционных и паразитарных заболеваний получены регрессионные зависимости от выбранных факторов для всех классификационных групп регионов Российской Федерации. Наименьшее число моделей определено для заболеваемости новообразованиями и органов кровообращения.

**Заключение.** Значение и вклад социально-экономических, демографических, экологических и природных факторов в формирование общественного здоровья сельского населения должны определять стратегию и тактику государственной региональной политики, направленной на развитие сельского здравоохранения с учётом региональных особенностей.

**Ключевые слова:** сельское население; заболеваемость; выявляемость; регионы Российской Федерации; факторы среды обитания; моделирование.

## Как цитировать:

Былина С.Г. Детерминанты уровня заболеваемости сельского населения Российской Федерации в период пандемии: региональный аспект // Экология человека. 2024. Т. 31, № 1. С. 7–21. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco632920>

Рукопись поступила: 28.05.2024

Рукопись одобрена: 23.06.2024

Опубликована online: 03.07.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco632920>

# Determinants of the morbidity of the rural population in Russia during the COVID-19 pandemic: a regional aspect

Svetlana G. Bylina

Institute of Agrarian Problems — Subdivision of the Federal State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Analysis of the associations between the morbidity of rural populations and different environmental factors will enable us to assess the extent of social and demographic challenges in regions of the Russian Federation. Furthermore, the it may contribute to the development of regional policies to reach the national development goals.

**AIM:** To study associations between morbidity of the Russian rural populations and environmental factors during the COVID-19 pandemic.

**MATERIAL AND METHODS:** Data from the Federal State Statistics Service, as well as statistical materials from the digest “Rural Healthcare in Russia in 2021”, provided by the Federal State Budgetary Institution “Russian Research Institute of Health” of the Russian Ministry of Health were the main sources of information for this study. Analytical procedures included Pearson correlation analysis, factor analysis (principal component method), hierarchical cluster analysis, multiple linear regression with backward elimination method for selecting variables.

**RESULTS:** Six typological groups of regions of the Russian Federation were identified based on the variations in the morbidity rates of the rural population across certain classes of diseases including infectious and parasitic diseases, neoplasms, diseases of the circulatory system, diseases of the respiratory system, digestive system, and external causes. It has been established that there was a differentiation in the regions of Russia in terms of factors influencing the morbidity rate of the rural population by the main classes of diseases during the COVID-19 pandemic in 2021. Healthcare system, medical and social factors had the greatest impact on the overall morbidity in the regions of the fourth and fifth classification groups, on the detection of some infectious and parasitic diseases in the regions of the second, fifth and sixth groups, and respiratory and digestive diseases in the third classification group. The housing quality in the regions of almost all groups was one of the most significant social factors. Economic conditions had a significant impact on the incidence of infectious and parasitic diseases in the regions of the third and sixth groups, as well as on the level of injuries and some consequences of external causes in the regions of the first and third groups. Environmental factors were significant determinants of morbidity in the regions of the fifth group. At the same time, regression analysis showed associations between selected factors for all classification groups of regions for some infectious and parasitic diseases. The smallest number of models has been defined for the incidence of neoplasms and circulatory organs.

**CONCLUSION:** Contribution of socioeconomic, demographic, environmental and natural factors to rural public health should guide the development of policies aimed at development of rural healthcare taking into account regional characteristics.

**Keywords:** rural population; morbidity; detection; regions of the Russian Federation; environmental factors; modeling.

## To cite this article:

Bylina SG. Determinants of the morbidity of the rural population in Russia during the COVID-19 pandemic: a regional aspect. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(1):7–21. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco632920>

Received: 28.05.2024

Accepted: 23.06.2024

Published online: 03.07.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco632920>

# 大流行病期间俄罗斯联邦农村人口发病率的决定因素：地区方面

Svetlana G. Bylina

Institute of Agrarian Problems — Subdivision of the Federal State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

简评

**论证。**分析农村人口发病率对各种生境因素的依赖性不仅可以评估俄罗斯联邦各地区的社会人口问题，还可以确定国家地区政策的方向，以实现国家发展目标。

**目标。**在COVID-19大流行病的环境因素中，确定俄罗斯联邦各区域农村人口发病率的决定因素，包括主要疾病类别。

**材料与方法。**研究的原始数据来自联邦国家统计局的资料以及 Federal Research Institute for Health Organization and Informatics of Ministry of Health 提供的《2021 年俄罗斯农村医疗保健》统计资料汇编。在研究过程中，我们使用了 Pearson 相关、因子分析（主成分法）、分层聚类分析、多元线性回归（排除法）等方法。

**结果。**我们得出了 6 个俄罗斯联邦地区类型组，其农村人口发病率因主要疾病类别而异：某些传染病和寄生虫病、肿瘤、循环系统、呼吸和消化系统疾病以及外部原因影响的一些后果。在 2021 年 COVID-19 大流行期间，俄罗斯联邦各地区在影响农村人口主要疾病发病率的方面存在差异。结果表明，医疗保健系统的状况以及医疗和社会因素对第四和第五分类组地区的总体发病率影响最大；在第二、第五和第六分类组别地区，医疗保健系统的状况以及医疗和社会因素对某些传染病和寄生虫病的可检测性影响最大；在第三分类组别地区，医疗保健系统的状况以及医疗和社会因素对呼吸系统疾病和消化系统疾病的可检测性影响最大。在社会因素中，最重要的是几乎所有群体的住房质量。经济条件对第三和第六分类组别地区某些传染病和寄生虫病的发病率有显著影响，对第一和第三类组别地区的伤害率和某些外因后果也有显著影响。环境因素在第五组地区非常重要。同时，在俄罗斯联邦各地区的所有分类组中，只有某些传染病和寄生虫病与所选因素存在回归依赖关系。肿瘤和循环器官发病率的模型数量最少。

**结论。**社会经济、人口、环境和自然因素在农村人口公共卫生形成过程中的重要性和作用，应根据地区特点，决定旨在发展农村医疗保健的国家地区政策的战略和策略。

**关键词：**农村人口；发病率；可识别性；俄罗斯联邦地区；环境因素；建模。

引用本文：

Bylina SG. 大流行病期间俄罗斯联邦农村人口发病率的决定因素：地区方面. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(1):7–21. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco632920>

收到: 28.05.2024

接受: 23.06.2024

发布日期: 03.07.2024

## ОБОСНОВАНИЕ

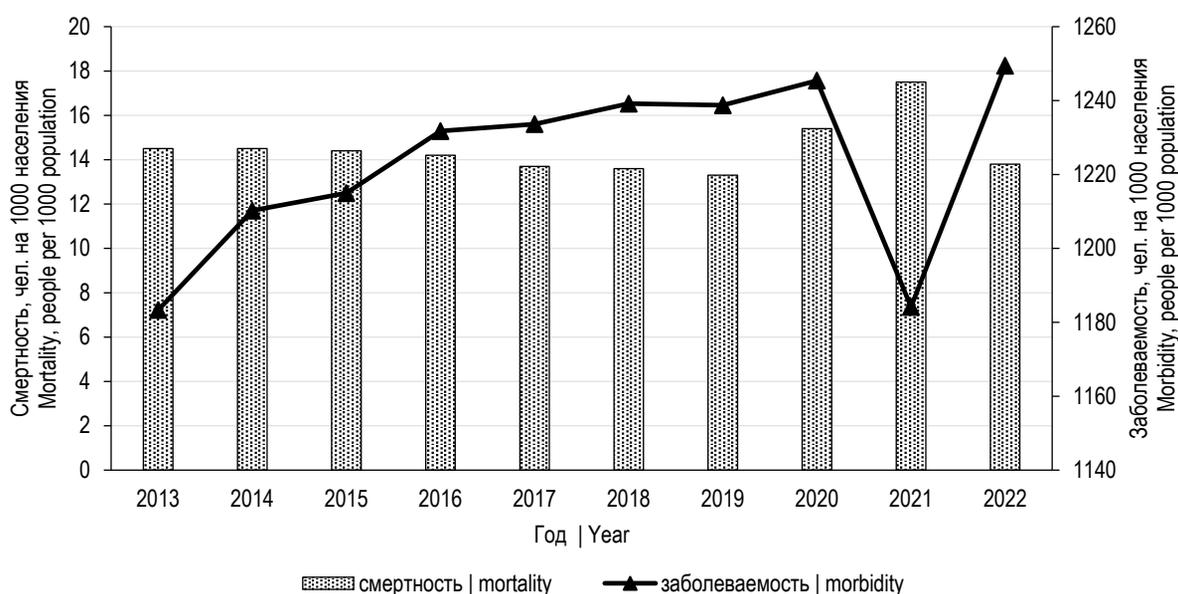
Одной из важнейших целей национального развития, определённых Указом Президента Российской Федерации № 474 от 21.07.2020 г., заявлено «сохранение населения, здоровье и благополучие людей»<sup>1</sup>. Наиболее объективным критерием, характеризующим достижение поставленной цели, является состояние общественного здоровья. Специалистами определяется тесная связь общественного здоровья «с социальным и экономическим развитием, демографической структурой, заболеваемостью, а также с системой управления общественным здравоохранением» [1]. Ситуация с состоянием общественного здоровья и его охраной в селе значительно сложнее, чем в городе, ввиду сложившихся демографических, экономических, территориальных, медико-социальных, организационных и управленческих факторов сельской жизни [2, 3]. Большая территориальная протяжённость сельских районов, специфика бытовых условий и условий труда, проблемы дорожно-транспортного сообщения, нехватка квалифицированных медицинских кадров создают серьёзные проблемы доступности медицинской помощи сельскому населению [4, 5].

Анализ динамики и зависимости одного из параметров общественного здоровья сельского населения (заболеваемости) от различных факторов позволит не только оценить уровень социально-демографических проблем, но и определить направления государственной политики для достижения заявленной цели национального развития. Заболеваемость, по мнению специалистов, это интегральный показатель, характеризующий, с одной стороны, уровень доступности медицинской помощи сельскому

населению, с другой стороны, выявляемость заболеваний как эффективность первичного звена здравоохранения [6].

Одним из серьёзных глобальных вызовов последних лет для системы здравоохранения и общества в целом явилась пандемия коронавирусной инфекции COVID-19. Ограничения, связанные с пандемией, а также влияние самой коронавирусной инфекции привели к значительному усилению воздействия различных факторов среды обитания на состояние здоровья сельского населения [7]. На рис. 1 представлена сравнительная динамика относительных показателей общего уровня заболеваемости и смертности сельского населения Российской Федерации. Очевидны резкая смена убывающего тренда коэффициента смертности сельского населения до 2020 г. на возрастающий и резкое падение показателя заболеваемости в 2021 г. Динамика показателя заболеваемости сельского населения в ковидный период во многом определялась, во-первых, перераспределением ресурсов здравоохранения на борьбу с пандемией, во-вторых, отложенными обращениями за медицинской помощью, за исключением экстренных случаев [8, 9]. По данным Всемирной организации здравоохранения, пандемия серьёзно осложнила предоставление услуг диагностики, лечения, реабилитации и оказание помощи людям с неинфекционными заболеваниями, являющимися в настоящее время основными причинами смерти, болезни и инвалидности в большинстве стран [10].

Таким образом, в 2021 г. сложились экстремальные условия и для системы сельского здравоохранения, и для состояния общественного здоровья сельского населения. Определение факторов влияния на уровень заболеваемости сельского населения в экстремальных условиях



**Рис. 1.** Динамика показателей заболеваемости и смертности сельского населения Российской Федерации, чел. на 1000 населения.  
**Fig. 1.** Morbidity and mortality rates of the rural population in the Russian Federation, per 1000 population.

<sup>1</sup> Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007210012> Дата обращения: 12.12.2023.

воздействия пандемии COVID-19 позволит не только оценить эффективность системы здравоохранения на сельских территориях в данный период, но и наметить направленность профилактических программ региональных систем здравоохранения и эффективных медико-санитарных мероприятий. По мнению специалистов, исследований в области сельского здравоохранения, учитывающих сложные связи между здоровьем, бедностью и благополучием, а также применение политики здравоохранения, которая соответствует потребностям сельских сообществ и опирается на фактические данные, в настоящее время недостаточно [11].

**Цель исследования** — определение детерминант уровня заболеваемости сельского населения регионов Российской Федерации, в том числе по основным классам заболеваний, среди факторов среды обитания в условиях пандемии COVID-19.

Под средой обитания будем понимать совокупность социально-экономических, социально-демографических, а также экологических и климатических факторов, оказывающих определяющее влияние на состояние здоровья сельского населения в субъектах Российской Федерации [7].

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Настоящее исследование состоит из нескольких этапов.

На первом этапе построена многомерная классификация регионов Российской Федерации по показателям заболеваемости сельского населения основными классами заболеваний по данным за 2021 г. Перед построением классификации проведено агрегирование показателей методом главных компонент, предварительная классификация выполнена с использованием процедуры иерархического кластерного анализа, окончательное формирование классификационных групп осуществлено в ручном режиме.

На втором этапе отобраны показатели, которые предположительно могут оказывать влияние на уровень заболеваемости сельского населения. Выбор показателей, с одной стороны, учитывает опыт других эмпирических исследований [6, 7, 12, 13], с другой стороны, определяется наличием доступных данных. В качестве возможных факторов влияния отобраны следующие показатели:

- *экономические*: величина валового регионального продукта (ВРП) в расчёте на душу населения, руб. ( $X_1$ ); доля валовой добавленной стоимости сельского, лесного хозяйства, охоты и рыболовства в экономике региона, % ( $X_2$ ); инвестиции в основной капитал, направленные на развитие здравоохранения и предоставление социальных услуг ( $X_3$ ); среднедушевые денежные доходы в расчёте на душу населения в месяц, руб. ( $X_5$ ); уровень безработицы, рассчитываемый по методологии международной

организации труда (МОТ), % ( $X_6$ ); индекс производства продукции сельского хозяйства в регионе, % ( $X_7$ ); удельный вес убыточных сельскохозяйственных организаций в регионе, % ( $X_8$ ); расходы консолидированных бюджетов на образование ( $X_{15}$ ), здравоохранение ( $X_{16}$ ), социальную политику ( $X_{17}$ ), млн руб.;

- *социальные*: удельный вес численности населения с доходами ниже величины прожиточного минимума ( $X_9$ ); общая площадь жилых помещений, приходящихся на одного жителя, м<sup>2</sup> ( $X_{24}$ ); удельный вес общей площади жилых помещений, оборудованных водопроводом ( $X_{25}$ ), канализацией ( $X_{26}$ ), отоплением ( $X_{27}$ ), газоснабжением ( $X_{28}$ ); плотность автодорог общего пользования с твёрдым покрытием, км на 1000 км<sup>2</sup> территории ( $X_{29}$ ); употребление с вредными последствиями алкоголя, на 100 000 сельского населения ( $X_9$ );
- *социально-демографические*: доля сельского населения в трудоспособном возрасте, % ( $X_{14}$ ); миграционный прирост населения, чел. на 100 000 населения ( $X_{18}$ ); образовательная структура сельского населения: численность сельского населения старше 15 лет с высшим образованием ( $X_{19}$ ), со средним профессиональным образованием ( $X_{20}$ ), полным средним образованием ( $X_{21}$ ), начальным профессиональным образованием ( $X_{22}$ ), с основным общим и начальным образованием ( $X_{23}$ ), на 1000 чел. населения;
- *медико-социальные*: обеспеченность койками на 10 000 сельского населения ( $X_{10}$ ); обеспеченность врачами ( $X_{11}$ ), обеспеченность средним медперсоналом ( $X_{12}$ ) на 10 000 соответствующего населения в медицинских организациях, расположенных в сельской местности; число посещений на одного сельского жителя в год ( $X_{13}$ ).
- *экологические*: выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, тыс. тонн ( $X_{30}$ ); сброс загрязнённых сточных вод в поверхностные водные объекты, тыс. м<sup>3</sup> ( $X_{31}$ );
- *климатические*: отклонение от нормы температуры июля, град. Цельсия ( $X_{12}$ ); отношение к норме количества осадков, % ( $X_{33}$ ).

На следующем этапе исследования осуществлено моделирование зависимости уровня заболеваемости сельского населения, в том числе по основным классам заболеваний, от факторов среды обитания по классификационным группам регионов Российской Федерации. В качестве основных классов заболеваний взяты классы наиболее распространённых причин смертности, обозначенные в статистических материалах Росстата, а именно некоторые инфекционные и паразитарные болезни (INF), новообразования (ONK), болезни системы кровообращения (KROV), дыхания (DIN), пищеварения (PIZH), а также

последствия воздействия внешних причин, среди которых травмы, отравления и другие (VNESHN) [14]. На заключительном этапе систематизированы полученные результаты, проведено сопоставление с известными исследованиями.

Исходными данными для исследования послужили материалы Федеральной службы государственной статистики (Росстата) [14–16], а также статистические данные сборника «Сельское здравоохранение России в 2021 году», предоставленные Центральным научно-исследовательским институтом организации и информатизации здравоохранения.

В процессе исследования использовали методы корреляции Пирсона, факторного анализа (метод главных компонент), иерархического кластерного анализа, множественной линейной регрессии (метод исключения). Все значения показателей предварительно нормированы по минимальному значению. Расчёты выполнены в системе STATISTICA 10 (StatSoft, США).

При определении качества полученных регрессионных моделей использованы стандартные критерии: коэффициент множественной детерминации (доля дисперсии зависимой переменной, объясняемая полученной моделью), F-критерий Фишера, характеризующий надежность уравнения регрессии в целом,  $p$  — наблюдаемый уровень значимости для критерия Фишера, t-критерий Стьюдента для проверки значимости коэффициентов регрессии, критерий Дарбина–Уотсона для проверки независимости остатков.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Показатель заболеваемости является специфическим фактором, характеризующим общественное здоровье населения, поскольку, кроме уровня распространения заболевания среди сельского населения, данный показатель отражает и уровень выявляемости заболеваний, обеспеченности и доступности сельскому населению медицинской помощи и, возможно, квалификацию медицинского персонала, что подтверждается исследованиями [2, 17].

Рассмотрен уровень дифференциации регионов Российской Федерации по заболеваемости основными классами заболеваний в 2021 г. (табл. 1). Установлено, что разница между максимальным и минимальным уровнем зафиксированной общей заболеваемости составляет 5,3 раза, инфекционными и паразитарными болезнями — 16 раз, новообразованиями — 9,2 раза, болезнями органов кровообращения — 6,5 раза, органов дыхания — 13,9 раза, органов пищеварения — 5,7 раза, последствиями воздействия внешних причин — 6,4 раза. Очевидна необходимость дифференцированного подхода к разработке программ региональных систем здравоохранения и эффективных медико-санитарных мероприятий, основным первоначальным инструментом которого является региональная типология сельских территорий по уровню заболеваемости сельского населения.

Построена классификация регионов Российской Федерации по уровню заболеваемости сельского населения основными классами болезней по данным за 2021 г. Анализ матрицы корреляций между исходными параметрами показал высокий уровень статистически значимой взаимосвязи (при доверительной вероятности 95%) между уровнем заболеваемости болезнями кровообращения и новообразованиями, а также между болезнями органов дыхания, пищеварения и воздействием некоторых внешних причин. Для снижения размерности произведено агрегирование показателей с помощью процедуры факторного анализа методом главных компонент. Получены две главные компоненты, объясняющие 75,7% суммарной дисперсии исходных факторов, которые и были взяты в качестве новых типобразующих переменных.

Принцип построения классификации основан на сравнении региональных данных по показателям заболеваемости сельского населения в 2021 г. основными классами болезней с их средними значениями по Российской Федерации в целом. Получено 6 типологических групп регионов Российской Федерации, состав которых приведен в табл. 2, а особенности регионов групп — в табл. 3.

К первой классификационной группе отнесены субъекты Российской Федерации, характеризующиеся выше среднероссийских значений показателями заболеваемости всеми рассмотренными классами болезней. В группу входят регионы с максимальными показателями заболеваемости новообразованиями и болезнями органов пищеварения (Алтайский край), болезнями системы кровообращения (Республика Чувашия), некоторыми последствиями воздействия внешних причин (Республика Коми).

Вторая классификационная группа включает в свой состав субъекты Российской Федерации, в каждом из которых выше, чем в среднем по сельской России, уровень заболеваемости по некоторым инфекционным и паразитарным заболеваниям, новообразованиям и болезням системы кровообращения. В отличие от первой группы, в большинстве регионов данной группы уровень заболеваемости от болезней органов пищеварения и дыхания ниже, чем в среднем по сельскому населению. В Курганской и Рязанской областях также ниже среднероссийских показатели заболеваемости от некоторых последствий внешних причин, в остальных регионах группы данный показатель превышает среднероссийское значение.

Отличительной чертой всех регионов, входящих в третью, самую многочисленную, группу, является высокий уровень заболеваемости болезнями органов дыхания. Ненецкий АО, входящий в группу, характеризуется максимальным значением данного показателя в 2021 г. Следует также отметить, что в большинстве регионов третьей группы (в 15 из 22) выше среднероссийского уровень заболеваемости некоторыми инфекционными и паразитарными заболеваниями, а также (в 12 из 22) последствиями воздействия некоторых внешних причин. По остальным заболеваниям большинство субъектов Российской

**Таблица 1.** Межрегиональная дифференциация уровня заболеваемости сельского населения Российской Федерации по основным классам заболеваний в 2021 г.

**Table 1.** Interregional differentiation of the morbidity of the rural population of the Russian Federation by the main classes of diseases in 2021

Класс заболевания Disease class	Среднее значение, чел. на 1000 населения National average per 1000 population	Минимальное значение, чел. на 1000 населения Minimum per 1000 population	Регион Region	Максимальное значение, чел. на 1000 населения Maximum per 1000 population	Регион Region
Всего заболевших Total	1249,4	524,4	Магаданская область Magadan Region	2789,3	Ненецкий автономный округ Nenets Autonomous Okrug
Некоторые инфекционные и паразитарные болезни Some infectious and parasitic diseases	21,3	4,6	Магаданская область Magadan Region	73,7	Чукотский автономный округ Chukotka Autonomous Okrug
Новообразования Neoplasms	33,2	7,2	Республика Тыва Tyva Republic	66,8	Алтайский край Altai region
Болезни системы кровообращения Diseases of the circulatory system	215,9	72,0	Камчатский край Kamchatka Krai	457,7	Республика Чувашия Chuvash Republic
Болезни органов дыхания Respiratory diseases	344,7	69,1	Магаданская область Magadan Region	963,7	Ненецкий автономный округ Nenets Autonomous Okrug
Болезни органов пищеварения Digestive diseases	85,6	32,3	Еврейская автономная область Jewish Autonomous Region	185,4	Алтайский край Altai region
Последствия воздействия внешних причин Consequences of external causes	42,7	18,2	Амурская область Amur region	116,0	Республика Коми Komi Republic

Федерации, входящих в группу, имеют значения уровня заболеваемости ниже среднероссийского.

Четвёртую классификационную группу составляют регионы Российской Федерации, в каждом из которых уровень заболеваемости некоторыми инфекционными и паразитарными заболеваниями ниже среднего значения по сельской России, а новообразованиями и болезнями органов кровообращения, напротив, выше. По остальным рассматриваемым классам заболеваний в большинстве регионов, составляющих четвёртую классификационную группу, уровень заболеваемости сельского населения ниже среднероссийского значения.

Пятая классификационная группа характеризуется тем, что показатели заболеваемости всеми классами рассматриваемых заболеваний в среднем по группе ниже среднероссийских значений. Однако в каждом регионе

группы имеется от одного до трёх показателей заболеваемости по рассматриваемым классам заболеваний, значения которых выше, чем в среднем по сельскому населению Российской Федерации.

Наконец, к шестой классификационной группе отнесены субъекты Российской Федерации, в каждом из которых уровень заболеваемости по всем рассмотренным классам заболеваний ниже среднероссийских значений. Следует отметить, что в данную группу входят три региона с минимальными значениями показателей заболеваемости по ряду заболеваний: Магаданская и Амурская области, Еврейская автономная область.

Осуществлено моделирование зависимости уровня заболеваемости общей и по классам заболеваний от социально-экономических, социально-демографических, экологических и климатических факторов, характеризующих

**Таблица 2.** Классификация регионов Российской Федерации по уровню заболеваемости сельского населения основными классами болезней**Table 2.** Classification of regions of the Russian Federation by morbidity of the rural population across the main classes of diseases

Номер группы Group No.	Число регионов Number of regions	Состав группы Composition of the group
1	9	Республики: Алтай, Башкортостан, Коми, Удмуртия, Хакасия, Чувашия. Алтайский край. Области: Брянская, Ульяновская Republics: Altai, Bashkortostan, Komi, Udmurtia, Khakassia, Chuvashia. Altai region. Regions: Bryansk, Ulyanovsk
2	8	Области: Архангельская, Кировская, Курганская, Нижегородская, Орловская, Пензенская, Рязанская, Тамбовская Regions: Arkhangelsk, Kirov, Kurgan, Nizhny Novgorod, Oryol, Penza, Ryazan, Tambov
3	22	Республики: Калмыкия, Карачаево-Черкесская, Саха (Якутия). Края: Ставропольский, Пермский. Области: Астраханская, Владимирская, Иркутская, Калужская, Ленинградская, Мурманская, Новгородская, Сахалинская, Свердловская, Томская, Тульская, Челябинская, Ярославская. Автономные округа: Ненецкий, Ханты-Мансийский, Чукотский, Ямало-Ненецкий Republics: Kalmykia, Karachay-Cherkess, Sakha (Yakutia). Regions: Stavropol, Perm. Regions: Astrakhan, Vladimir, Irkutsk, Kaluga, Leningrad, Murmansk, Novgorod, Sakhalin, Sverdlovsk, Tomsk, Tula, Chelyabinsk, Yaroslavl. Autonomous okrugs: Nenets, Khanty-Mansiysk, Chukotka, Yamalo-Nenets
4	10	Республики: Крым, Марий Эл, Мордовия, Татарстан. Краснодарский край. Области: Белгородская, Костромская, Оренбургская, Самарская, Саратовская Republics: Crimea, Mari El, Mordovia, Tatarstan. Krasnodar region. Regions: Belgorod, Kostroma, Orenburg, Samara, Saratov
5	20	Республики: Адыгея, Бурятия, Дагестан, Ингушетия, Карелия, Северная Осетия – Алания, Тыва, Чеченская. Камчатский край. Области: Волгоградская, Вологодская, Воронежская, Ивановская, Кемеровская, Курская, Омская, Псковская, Смоленская, Тверская, Тюменская Republics: Adygea, Buryatia, Dagestan, Ingushetia, Karelia, North Ossetia – Alania, Tyva, Chechen. Kamchatka Krai. Regions: Volgograd, Vologda, Voronezh, Ivanovo, Kemerovo, Kursk, Omsk, Pskov, Smolensk, Tver, Tyumen
6	13	Кабардино-Балкарская Республика. Края: Забайкальский, Красноярский, Приморский, Хабаровский. Области: Амурская, Калининградская, Липецкая, Магаданская, Московская, Новосибирская, Ростовская. Еврейская автономная область Kabardino-Balkarian Republic. Territories: Transbaikal, Krasnoyarsk, Primorsky, Khabarovsk. Regions: Amur, Kaliningrad, Lipetsk, Magadan, Moscow, Novosibirsk, Rostov. Jewish Autonomous Region

среду обитания в каждой классификационной группе регионов. Результаты моделирования представлены в табл. 4.

Следует отметить, что в результате исследования методом пошаговой регрессии отобраны лишь модели с коэффициентами при переменных, статистически значимыми на 5% уровне, коэффициентами множественной детерминации выше 0,500, со значением F-критерия Фишера больше табличного значения при заданном числе степеней свободы для всех моделей, а вероятность получить это значение случайно не превышает допустимый уровень значимости в 5%.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования зависимости уровня заболеваемости сельского населения основными классами болезней получены за 2021 г. в условиях пандемии COVID-19, изменившей работу системы здравоохранения, что сопровождалось остановкой процесса

диспансеризации населения, профилактических осмотров, перепрофилированием специализированных отделений под инфекционные. Поэтому уровень заболеваемости сельского населения в данный период можно рассматривать в призме обращаемости за медицинской помощью при неинфекционных заболеваниях, то есть выявляемости заболеваний. При анализе полученных результатов следует иметь в виду специфику рассматриваемого периода времени.

Согласно полученным результатам, уровень дифференциации регионов Российской Федерации по факторам, определяющим заболеваемость сельского населения в ковидном 2021 г. по основным классам заболеваний, достаточно высок. Так, состояние системы здравоохранения и медико-социальные факторы наибольшее влияние оказывают на общий уровень заболеваемости в регионах четвертой и пятой классификационных групп, на выявляемость некоторых инфекционных и паразитарных заболеваний — в регионах второй, пятой и шестой групп,

**Таблица 3.** Средние по группам значения показателей заболеваемости сельского населения по основным классам заболеваний, чел. на 1000 населения

**Table 3.** Average values of morbidity indicators of the rural population by main classes of diseases across classification groups of regions, per 1000 population

Показатель Index	РФ Russian Federation	Группа Group					
		1	2	3	4	5	6
Общий уровень заболеваемости Overall incidence rate	1249,4	1843,8	1455,6	1437,6	1265,7	1064,3	805,0
Некоторые инфекционные и паразитарные болезни Some infectious and parasitic diseases	21,3	36,8	26,0	30,3	17,8	19,5	13,5
Новообразования Neoplasms	33,2	47,8	45,1	31,0	42,5	29,7	21,1
Болезни системы кровообращения Diseases of the circulatory system	215,9	321,7	283,6	189,4	265,7	167,9	136,8
Болезни органов дыхания Respiratory diseases	344,7	465,3	358,5	494,2	319,4	275,8	240,9
Болезни органов пищеварения Digestive diseases	85,6	125,3	84,5	93,0	78,2	74,1	53,0
Последствия воздействия внешних причин Consequences of external causes	42,7	67,7	58,6	48,8	40,5	40,7	26,5

болезней органов дыхания и пищеварения — в третьей классификационной группе. Социальные факторы значимы в субъектах практически всех групп, особенно во второй группе, наиболее значимо качество жилья. Экономические условия оказывают существенное влияние на уровень заболеваемости некоторыми инфекционными и паразитарными заболеваниями в регионах третьей и шестой групп, а также на уровень травматизма и некоторые последствия внешних причин в регионах первой и третьей групп. Экологические факторы значимы в регионах пятой группы.

Следует отметить, что регрессионные зависимости от выбранных факторов для всех классификационных групп регионов Российской Федерации получены лишь для некоторых инфекционных и паразитарных заболеваний. Наименьшее число моделей определено для заболеваемости новообразованиями и органами кровообращения. Следует предположить, что в 2021 г. уровень заболеваемости данными классами болезней у сельского населения определялся иными причинами, отличными от рассмотренных в данном исследовании, например, генетическими или образом жизни.

На основании полученных результатов моделирования рассмотрим влияние различных факторов на уровень заболеваемости сельского населения по основным классам заболеваний, в том числе в сопоставлении с известными подобными исследованиями.

Как показали результаты моделирования, серьезными факторами влияния на уровень заболеваемости сельского населения являются медико-социальные, в качестве которых рассмотрены ресурсы здравоохранения. На наличие

подобной зависимости указывают некоторые исследователи [18, 19], при этом отмечается двойственный характер данной взаимосвязи: с одной стороны, дефицит кадров приводит к снижению доступности медицинской помощи и, соответственно, снижению регистрируемой заболеваемости населения, с другой стороны, увеличение доступности медицинской помощи может привести к увеличению регистрируемой заболеваемости. Согласно полученным результатам, относительный уровень обеспеченности врачами в медицинских организациях, расположенных в сельской местности, снижает заболеваемость некоторыми инфекционными и паразитарными заболеваниями в регионах, отнесенных к шестой группе. Следует отметить, что в большинстве регионов шестой группы значение показателя обеспеченности сельскими врачами ниже, чем в среднем по России. Следовательно, снижение заболеваемости некоторыми инфекционными и паразитарными заболеваниями объясняется недостатком квалифицированных медицинских кадров. Относительный уровень обеспеченности средним медперсоналом, который является основой сельских амбулаторий и фельдшерско-акушерских пунктов, напротив, способствует выявляемости заболеваний органов дыхания в третьей классификационной группе и болезней органов пищеварения — во второй группе. Данный результат согласуется с выводами работы [19] о высокой положительной корреляции обеспеченности врачами и посещаемости поликлиник с уровнем заболеваемости в различных районах Новосибирска. Показатель числа посещений на одного сельского жителя в год приводит к увеличению уровня выявляемости заболеваний органов пищеварения в третьей классификационной

**Таблица 4.** Параметры моделей зависимости уровня заболеваемости сельского населения Российской Федерации от различных факторов по классификационным группам регионов

**Table 4.** Parameters of the models for prediction of morbidity of the rural population in Russia across classification groups of regions

Заболевание Disease	Модель Model	R <sup>2</sup>	F	p
<b>Группа 1   Group 1</b>				
Общий уровень заболеваемости   Overall incidence rate	$Y=0,834+1,472*X23$	0,553	7,424	0,034
Некоторые инфекционные и паразитарные заболевания Some infectious and parasitic diseases	$Y=7,616-0,975*X27-0,662*X18-0,295*X25$	0,990	133,496	0,000
Новообразования   Neoplasms	$Y=-1,316+2,734*X23$	0,939	91,807	0,000
Последствия воздействия внешних причин Consequences of external causes	$Y=1,835+0,691*X8-0,462*X3$	0,914	26,615	0,000
<b>Группа 2   Group 2</b>				
Общий уровень заболеваемости   Overall incidence rate	$Y=4,282-0,720*X28$	0,583	8,380	0,028
Некоторые инфекционные и паразитарные заболевания Some infectious and parasitic diseases	$Y=2,097-0,188*X13$	0,797	23,621	0,003
Болезни органов пищеварения   Digestive diseases	$Y=6,279-1,690*X28$	0,721	15,537	0,008
Последствия воздействия внешних причин Consequences of external causes	$Y=8,099+2,188*X28$	0,646	10,932	0,016
<b>Группа 3   Group 3</b>				
Общий уровень заболеваемости   Overall incidence rate	$Y=2,164+0,328*X21+0,435*X23-0,487*X25+0,450*X5+0,393*X29-0,373*X24$	0,975	89,469	0,000
Некоторые инфекционные и паразитарные заболевания Some infectious and parasitic diseases	$Y=3,289-0,492*X32+0,401*X5-0,414*X25+0,587*X3$	0,839	20,781	0,000
Болезни системы кровообращения Diseases of the circulatory system	$Y=3,181-0,342*X19+0,528*X9-0,214*X25$	0,541	6,687	0,003
Болезни органов дыхания   Respiratory diseases	$Y=1,427+0,673*X12$	0,944	67,350	0,000
Болезни органов пищеварения   Digestive diseases	$Y=0,474+0,709*X13$	0,691	42,562	0,000
Последствия воздействия внешних причин Consequences of external causes	$Y=0,736+0,607*X23-0,353*X2$	0,777	31,444	0,000
<b>Группа 4   Group 4</b>				
Общий уровень заболеваемости   Overall incidence rate	$Y=1,040+0,446*X13$	0,523	8,770	0,018
Некоторые инфекционные и паразитарные заболевания Some infectious and parasitic diseases	$Y=1,958+0,247*X23-0,415*X28$	0,742	10,081	0,009
Болезни системы кровообращения Diseases of the circulatory system	$Y=-1,257+0,992*X32-0,415*X23+0,376*X20$	0,957	44,213	0,000
Болезни органов дыхания   Respiratory diseases	$Y=6,620-0,293*X22-1,323*X28-0,280*X18$	0,945	34,482	0,000
Последствия воздействия внешних причин Consequences of external causes	$Y=0,189+0,392*X13+0,223*X9$	0,832	17,357	0,002
<b>Группа 5   Group 5</b>				
Общий уровень заболеваемости   Overall incidence rate	$Y=4,111-0,759*X13-0,160*X26-0,243*X32-0,209*X14$	0,882	24,262	0,000
Некоторые инфекционные и паразитарные заболевания Some infectious and parasitic diseases	$Y=3,446-0,469*X32-0,519*X13-0,281*X19+0,230*X33-0,061*X22-0,156*X4$	0,969	57,839	0,000
Болезни органов дыхания   Respiratory diseases	$Y=2,325-0,577*X13-0,151*X29+0,812*X31-0,408*X3$	0,810	13,851	0,000
Болезни органов пищеварения   Digestive diseases	$Y=-0,174+0,611*X23-0,285*X10+0,392*X4$	0,856	27,719	0,000
<b>Группа 6   Group 6</b>				
Некоторые инфекционные и паразитарные заболевания Some infectious and parasitic diseases	$Y=1,690-0,446*X11-0,210*X2$	0,726	11,932	0,003
Болезни органов дыхания   Respiratory diseases	$Y=0,738+0,254*X17-0,250*X29+0,196*X28$	0,909	26,496	0,000

группе и некоторых последствий воздействия внешних причин и общего уровня заболеваемости в четвертой группе. В то же время для некоторых инфекционных и паразитарных заболеваний в регионах второй и пятой групп, а также болезней органов дыхания в пятой группе данный показатель снижает уровень заболеваемости, что свидетельствует об эффективности своевременного обращения за медицинской помощью при данных заболеваниях в регионах, отнесенных к указанным группам. Аналогично в регионах пятой группы на снижение уровня заболеваемости органов пищеварения работает обеспеченность койками на 10 000 сельского населения.

Установлено, что существенное значение для уровня заболеваемости сельского населения имеют жилищные условия, особенно наличие водопровода и газификация жилья. Особую роль уровень газификации играет для регионов второй группы с высоким уровнем общего показателя заболеваемости, в том числе при некоторых последствиях воздействия внешних причин. Следует отметить, что удельный вес жилых помещений, оборудованных газоснабжением, в регионах второй группы выше, чем в среднем по Российской Федерации, за исключением Архангельской области. Согласно полученным зависимостям, уровень газификации жилья снижает заболеваемость органов дыхания в регионах четвертой группы, но ведёт к росту их выявляемости в регионах шестой группы. Наличие водопровода играет существенную роль для регионов третьей классификационной группы, в большинстве регионов которой значение данного показателя ниже среднероссийского уровня. Данный фактор в третьей группе регионов играет существенную роль для общего уровня заболеваемости, а также некоторыми инфекционными и паразитарными заболеваниями и болезнями системы кровообращения, снижая показатель заболеваемости. Наличие централизованного отопления снижает уровень заболеваемости некоторыми инфекционными и паразитарными заболеваниями в регионах, отнесенных к первой группе. Для пятой группы регионов одним из факторов снижения общего уровня заболеваемости выявлено наличие канализации в жилых помещениях. Количество жилой площади, приходящейся на одного жителя, также снижает общий уровень заболеваемости для регионов третьей классификационной группы. С санитарно-эпидемиологической точки зрения улучшение качества жилья должно снижать уровень заболеваемости сельского населения, что наблюдается в полученных моделях.

Доступность медицинской помощи для сельских жителей является серьёзной и широко обсуждаемой проблемой. В исследованиях подчёркивается наличие неравенства между городскими и сельскими жителями в возможностях получения квалифицированной медицинской помощи в виде физических ограничений, таких как расстояние, отсутствие развитой инфраструктуры здравоохранения и неспособность оплатить необходимое

медицинское лечение [20, 21]. В результате проведённого исследования установлена прямая зависимость удельного веса численности населения с доходами ниже величины прожиточного минимума и уровнем заболеваемости болезнями органов пищеварения и некоторыми инфекционными и паразитарными заболеваниями в регионах пятой классификационной группы. Данный результат соотносится с выводами работы [22] о воздействии такого социального фактора как бедность на возможности приобретения здоровой пищи, а также уровень санитарно-гигиенических условий жизни. Размер среднедушевых денежных доходов в расчёте на душу населения является одним из параметров, определяющих как общий уровень заболеваемости сельского населения, так и некоторыми инфекционными и паразитарными болезнями в регионах третьей группы. Доступность медицинской помощи в виде наличия автодорог с твёрдым покрытием также актуальна для общего уровня заболеваемости регионов третьей классификационной группы. С учётом состава третьей группы данный результат вполне объясним и с точки зрения дифференциации по доходам, и по степени доступности медицинской помощи. С другой стороны, наличие автодорог с твёрдым покрытием снижает уровень заболеваемости болезнями органов дыхания в регионах пятой и шестой классификационных групп с самыми низкими показателями заболеваемости по всем рассматриваемым классам болезней.

К социальным факторам воздействия на показатели заболеваемости населения относится и употребление с вредными последствиями алкоголя. Вполне объяснимо, что данный фактор вносит вклад в уровень травматизма и иных выявленных последствий воздействия внешних причин, что характерно для регионов четвертой классификационной группы. Данный показатель также значим для уровня заболеваемости болезнями системы кровообращения в регионах третьей классификационной группы, что подтверждает тезис о том, что алкоголь является фактором риска при данном виде заболеваний.

Наличие зависимости показателей общественного здоровья от уровня образования отражено в исследовании [23], где показано, что рост уровня образования может способствовать увеличению показателя ожидаемой продолжительности жизни. По данным Министерства здравоохранения и социальных служб США, уровень образования и медицинская грамотность влияют на способность людей получать доступ к медицинским услугам [22]. Зависимость общего уровня заболеваемости от образовательной структуры сельского населения может свидетельствовать об отношении к своему здоровью, динамике обращаемости и, соответственно, увеличению или уменьшению уровня заболеваемости. Образовательная структура сельского населения, согласно полученным результатам, влияет на уровень заболеваемости некоторыми инфекционными и паразитарными заболеваниями в пятой группе регионов, новообразованиями — в первой группе,

болезнями органов кровообращения — в третьей и четвертой группах, органов дыхания — в четвертой группе, органов пищеварения — в пятой группе. Можно сказать, что образовательная структура сельского населения в качестве фактора влияния способствует выявляемости практически всех рассмотренных классов заболеваний, независимо от классификационной группы. Однако следует отметить, что для первой классификационной группы с самыми высокими показателями общего уровня заболеваемости и новообразованиями уровень образования играет решающую роль для своевременного выявления заболеваний.

Установлено влияние демографических характеристик сельского населения на уровень заболеваемости. Рост доли сельского населения в трудоспособном возрасте снижает уровень общей заболеваемости в регионах пятой классификационной группы, что вполне объяснимо, поскольку более значительный вклад в уровень заболеваемости населения вносят сельские жители в возрасте старше трудоспособного. Миграционный прирост сельского населения, исходя из полученных результатов, снижает уровень заболеваемости некоторыми инфекционными и паразитарными заболеваниями в регионах первой группы и болезнями органов дыхания в регионах, отнесенных к пятой классификационной группе. Данный факт весьма тревожен и объясняется с большой вероятностью необращаемостью мигрантов за медицинской помощью, отсутствием как полисов медицинского страхования, так и финансовых возможностей для получения медицинской помощи на возмездной основе.

Среди рассмотренных экономических факторов возможного влияния на уровень заболеваемости сельского населения отсутствие значимой взаимосвязи оказалось у величины валового регионального продукта в расчёте на душу населения, уровня безработицы, рассчитанной по методологии МОТ, расходов консолидированных бюджетов на образование и здравоохранение. Однако установлено, что доля валовой добавленной стоимости сельского, лесного хозяйства, охоты и рыболовства в экономике региона снижает уровень заболеваемости некоторыми инфекционными и паразитарными заболеваниями в субъектах Российской Федерации, отнесенных к шестой классификационной группе, и последствиями воздействия внешних причин в регионах третьей группы. Развитие отрасли в регионе дает возможность, с одной стороны, поднять в хозяйствах на должный уровень санитарно-эпидемиологический контроль и, с другой стороны, снизить производственный травматизм. Рост удельного веса убыточных сельхозпредприятий, напротив, повышает уровень травматизма и некоторых других последствий воздействия внешних причин в регионах первой классификационной группы. Инвестиции в основной капитал, направленные на развитие здравоохранения и предоставление социальных услуг, способствуют выявляемости некоторых инфекционных и паразитарных заболеваний

в регионах, отнесенных к третьей классификационной группе, но позволяют снизить заболеваемость органов дыхания в пятой группе и последствия воздействия внешних причин в первой группе. Полученные результаты соотносятся с выявленной зависимостью заболеваемости от объемов финансирования, отражающих общее финансирование системы здравоохранения региона в рамках территориальных программ государственных гарантий [24]. Шестая группа регионов с самыми низкими показателями заболеваемости по всем рассмотренным классам заболеваний отличается также положительным вкладом в выявляемость заболеваний органов дыхания расходами консолидированных бюджетов на социальную политику.

Исследований влияния экологических факторов на заболеваемость различными классами болезней достаточное количество [7, 25], однако в настоящей работе установлено лишь влияние сброса загрязнённых сточных вод в поверхностные водные объекты в повышение уровня заболеваемости сельского населения пятой классификационной группы болезнями органов дыхания.

Выводы большинства работ, посвящённых изучению связи заболеваемости с погодными факторами, по мнению специалистов [12], весьма противоречивы. Результаты настоящего исследования показывают, что отклонение от нормы средней температуры июля снижает общий уровень заболеваемости в регионах пятой группы, а также заболеваемость некоторыми инфекционными и паразитарными заболеваниями в субъектах, отнесенных к третьей и пятой классификационным группам. Нужно отметить, что отклонение от нормы температуры июля может быть как в сторону жары, так и в сторону холода, что, вероятно существенным образом определяет распространённость некоторых инфекционных и паразитарных заболеваний. Иная картина наблюдается с заболеваниями органов кровообращения в регионах четвертой классификационной группы, где изменение температуры июля является одним из факторов риска, провоцирующих обострение сердечно-сосудистых заболеваний. Отклонение от нормы количества осадков также существенно для распространённости некоторых инфекционных и паразитарных заболеваний в регионах пятой классификационной группы.

Таким образом, установлено наличие серьёзной дифференциации регионов Российской Федерации по факторам влияния на уровень заболеваемости сельского населения основными классами болезней в период пандемийных ограничений 2021 г. Следует предположить, что обострение ситуации с оказанием медицинской помощи сельскому населению в период пандемии COVID-19 лишь усугубило региональные различия во влиянии факторов среды обитания на уровень заболеваемости неинфекционными заболеваниями. Ограниченность настоящего исследования данными 2021 г. тем не менее позволяет предположить, что именно в этот период обострились не только проблемы с оказанием медицинской помощи по неинфекционным заболеваниям сельскому населению,

но и влияние многих других факторов среды обитания на состояние общественного здоровья сельского населения. Поэтому результаты настоящего исследования стоит рассматривать как некий срез состояния влияния факторов среды обитания на общественное здоровье сельского населения в экстремальных условиях. Исследование изучаемых процессов в динамике позволит сделать вывод о степени устойчивости полученных зависимостей и классификационных групп регионов. По мнению специалистов Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, к 2025 г. вклад социальных и экономических факторов в показатели состояния здоровья населения в субъектах Российской Федерации будет возрастать и достигнет более 45% среди всех факторов среды обитания, при этом вклад санитарно-гигиенических факторов составит не более 25%, факторов образа жизни — до 30% [8], поэтому исследования детерминант общественного здоровья сельского населения будут по-прежнему актуальны.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для достижения заявленной цели национального развития в области общественного здоровья сельского населения России необходимо учитывать не только сложные связи между здоровьем и социально-экономическим положением, а также доступностью и качеством медицинских услуг, но и степень региональной дифференциации по уровню заболеваемости сельского населения основными классами заболеваний и факторами влияния на их уровень.

Таким образом, с учётом региональных особенностей значение и вклад социально-экономических, демографических, экологических и природных факторов в состояние общественного здоровья сельского населения должны определять стратегию и тактику государственной региональной политики, направленной на развитие сельского здравоохранения, в интересах сельского населения. Результаты настоящего исследования могут быть использованы при разработке государственных региональных программ развития сельского здравоохранения.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность специалистам Департамента мониторинга, анализа

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенова Е.И., Гречушкина Н.А., Каменева Т.Н., Камынина Н.Н. Общественное здоровье: эволюция понятия в стратегических документах охраны здоровья и развития здравоохранения в странах мира. М.: НИИОЗММ ДЗМ, 2021. EDN: DEPRPF
2. Калининская А.А., Баянова Н.А., Муфтахова А.В., и др. Медико-демографические проблемы сельского населения России // Проблемы социальной гигиены, здравоохране-

и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации (директор Котова Е.Г., канд. мед. наук) и специалистам ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации (директор Кобякова О.С., д-р мед. наук, профессор РАН) за предоставленные статистические материалы сборников «Сельское здравоохранение в России» с 2013 по 2021 гг.

**Вклад авторов.** С.Г. Былина — постановка задачи, обзор литературы, сбор и анализ фактологической информации, проведение исследования, написание и редактирование статьи. Автор подтверждает соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, одобрение финальной версии статьи перед публикацией).

**Источник финансирования.** Поисково-аналитическая работа, подготовка и публикация статьи осуществлены в рамках государственного задания по теме «Теоретико-методологическое обоснование и прогнозирование устойчивого развития агропродовольственного комплекса России в составе мировой продовольственной системы» (государственная регистрация № 1021060107276-3-5.2.1).

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Acknowledgments.** The author expresses deep gratitude to the specialists of the Department of Monitoring, Analysis, and Strategic Development of Healthcare of the Ministry of Health of the Russian Federation and the specialists of the Russian Research Institute of Health for providing statistical materials in the digests “Rural Healthcare in Russia” from 2013 to 2021.

**Author contribution.** S.G. Bylina — problem statement, literature review, collection and analysis of factual information, conducting research, writing the text and editing the article. The author confirms that his authorship meets the international criteria of the ICMJE (significant contribution to the development of the concept, research and subediting, approval of the final version of the article before publication).

**Funding source.** Search and analytical work, preparation and publication of the article were carried out as a part of the state assignment on the topic “Theoretical and methodological justification and forecasting of sustainable development of the Russian agri-food complex as a part of the world food system” (state registration No. 1021060107276-3-5.2.1).

**Competing interests.** No conflicts of interest.

ния и истории медицины. 2020. Т. 28, № 6. С. 1247–1251. EDN: JBSGOH doi: 10.32687/0869-866X-2020-28-6-1247-1251

3. Чернышёв В.М., Воевода М.И., Стрельченко О.В., Мингазов И.Ф. Сельское здравоохранение России. Состояние, проблемы, перспективы // Сибирский научный медицинский журнал. 2022. Т. 42, № 4. С. 4–14. EDN: PEWOVM doi: 10.18699/SSMJ20220401

4. Руголь Л.В., Сон И.М., Кириллов В.И., Гусева С.Л. Организационные технологии, повышающие доступность медицинской помощи для населения // Профилактическая медицина. 2020. Т. 23, № 2. С. 26–34. EDN: KBCBYR doi: 10.17116/profmed20202302126
5. Bain L.E., Adeagbo O.A. There is an urgent need for a global rural health research agenda // Pan African Medical Journal. 2022. Vol. 43. P. 147. doi: 10.11604/pamj.2022.43.147.38189
6. Чигрина В.П., Ходакова О.В., Тюфилин Д.С., и др. Анализ динамики заболеваемости населения Российской Федерации с учётом факторов, влияющих на доступность первичной медико-санитарной помощи // Здравоохранение Российской Федерации. 2023. Т. 67, № 4. С. 275–283. EDN: JQGXHM doi: 10.47470/0044-197X-2023-67-4-275-283
7. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023.
8. Малофеева Е.В. Среднесрочная адаптация систем общественного здравоохранения под влиянием пандемии COVID-19: вызовы и предложения // Население и экономика 2020. Т. 4, № 2. С. 77–80. EDN: PDLCLY doi: 10.3897/porecon.4.e53612
9. Перхов В.И., Гриднев О.В. Уроки пандемии COVID-19 для политики в сфере общественного здравоохранения // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2020. № 2. С. 206–222. EDN: ZMDDLH doi: 10.24411/2312-2935-2020-00043
10. Реагирование на неинфекционные заболевания во время пандемии COVID-19 и после её завершения. Женева: Всемирная организация здравоохранения и Программа развития Организации Объединенных Наций, 2020. (WHO/2019-nCoV/Noncommunicable\_diseases/Policy\_brief/2020.1). Режим доступа: [https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/334145/WHO-2019-nCoV-Non-communicable\\_diseases-Policy\\_brief-2020.1-rus.pdf?sequence=17&isAllowed=y](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/334145/WHO-2019-nCoV-Non-communicable_diseases-Policy_brief-2020.1-rus.pdf?sequence=17&isAllowed=y) Дата обращения: 28.04.2024.
11. Ziller E., Milkowski C. A century later: rural public health's enduring challenges and opportunities // Am J Public Health. 2020. Vol. 110, N 11. P. 1678–1686. doi: 10.2105/AJPH.2020.305868.
12. Салтыкова М.М., Бобровницкий И.П., Яковлев М.Ю., Банченко А.Д. Влияние погоды на пациентов с болезнями системы кровообращения: главные направления исследований и основные проблемы // Экология человека. 2018. Т. 25, № 6. С. 43–51. EDN: USVQWC doi: 10.33396/1728-0869-2018-6-43-51
13. Ермолицкая М.З., Кики П.Ф., Абакумов А.И. Статистический анализ взаимосвязи социально-гигиенических факторов с уровнем заболеваемости болезнями крови и кроветворных органов населения Приморского края // Экология человека. 2021. Т. 28, № 11. С. 33–41. EDN: UDDYIN doi: 10.33396/1728-0869-2021-11-33-40
14. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> Дата обращения: 05.04.2024.
15. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2022: Стат. сб. / Росстат. М., 2022.
16. Российский статистический ежегодник. 2023: Стат. сб. / Росстат. М., 2023.
17. Богачёв И.В., Полухина М.Г., Логвинова Р.М. Оценка заболеваемости сельского населения и обеспеченности села объектами здравоохранения на федеральном, региональном и местном уровнях // Вестник сельского развития и социальной политики. 2015. № 2. С. 12–17. EDN: WJGBIX
18. Медведева О.В., Меньшикова Л.И., Чвырева Н.В., и др. Региональное общественное здоровье: оценка вклада кадровой обеспеченности здравоохранения // Экология человека. 2021. Т. 28, № 12. С. 4–13. EDN: CQWWKL doi: 10.33396/1728-0869-2021-12-4-13
19. Пушкарёв О.В. Статистический анализ зависимостей заболеваемости и инвалидности от ресурсов здравоохранения и социальных ресурсов // Общественное здоровье и здравоохранение. 2008. № 4. С. 60–66. EDN: KVORCZ
20. Player J. Healthcare access in rural communities in India // Ballard Brief. 2019. Vol. 2019, N 3. Доступ по ссылке: <https://ballardbrief.byu.edu/issue-briefs/healthcare-access-in-rural-communities-in-india> Дата обращения: 12.04.2024.
21. Jones C.A., Parker T.S., Ahearn M., et al. Health Status and Health Care Access of Farm and Rural Populations // Economic Information Bulletin. 2009. N 57. doi: 10.22004/ag.econ.54430
22. Social Determinants of Health // Healthy People 2030, U.S. Department of Health and Human Services, Office of Disease Prevention and Health Promotion. Retrieved [date graphic was accessed]. Доступ по ссылке: <https://health.gov/healthypeople/objectives-and-data/social-determinants-health> Дата обращения: 13.04.2024.
23. Blinova T., Bylina S., Rusanovskiy V. Factors affecting the life expectancy at birth of the rural population in Russia // J. Ponte. 2020. Vol. 76, N 1. P. 9–18. doi: 10.21506/j.ponte.2020.1.2
24. Карякин Н.Н., Донченко Е.В., Мухин П.В. Количественная оценка зависимости некоторых показателей смертности и заболеваемости от ресурсов здравоохранения // Медицинский альманах. 2014. № 3. С. 16–20. EDN: SQVDMT
25. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022.

## REFERENCES

1. Aksenova EI, Grechushkina NA, Kameneva TN, Kamynina NN. Public health: evolution of the concept in strategic documents for health protection and health development in countries. Moscow: NII OZMM DZM; 2021. (In Russ.) EDN: DEPPRF
2. Kalininskaya AA, Bayanova NA, Muftahova AV, et al. The medical demographic problems of rural population of Russia. *Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine*. 2020;28(6):1247–1251. EDN: JBSGOH doi: 10.32687/0869-866X-2020-28-6-1247-1251
3. Chernyshev VM, Voevoda MI, Strelchenko OV, Mingazov IF. Rural healthcare of Russia. State, problems, prospects. *The Siberian Scientific Medical Journal*. 2022;42(4):4–14. EDN: PEWOVM doi: 10.18699/SSMJ20220401

4. Rugol LV, Son IM, Kirillov VI, Guseva SL. Organizational technologies that increase the availability of medical care for the population. *Russian Journal of Preventive Medicine and Public Health*. 2020;23(2):26–34. EDN: KBCBYP doi: 10.17116/profmed20202302126
5. Bain LE, Adeagbo OA. There is an urgent need for a global rural health research agenda. *Pan African Medical Journal*. 2022;43:147. doi: 10.11604/pamj.2022.43.147.38189
6. 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. EDN: JQGEXM doi: 10.47470/0044-197X-2023-67-4-275-283
7. On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2022: State report. Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitel'ev i blagopoluchiya cheloveka; 2023. (In Russ.)
8. 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. EDN: PDLCLY doi: 10.3897/popecon.4.e53612
9. 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. EDN: ZMDDLH doi: 10.24411/2312-2935-2020-00043
10. Responding to noncommunicable diseases during and beyond the COVID-19 pandemic. Geneva: The World Health Organization and the Organization's Development Program the United Nations; 2020. (WHO/2019-nCoV/Noncommunicable\_diseases/Policy\_brief/2020.1). [cited 28 Apr 2024]; Available from: [https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/334145/WHO-2019-nCoV-Non-communicable\\_diseases-Policy\\_brief-2020.1-rus.pdf?sequence=17&isAllowed=y](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/334145/WHO-2019-nCoV-Non-communicable_diseases-Policy_brief-2020.1-rus.pdf?sequence=17&isAllowed=y)
11. Ziller E, Milkowski C. A century later: rural public health's enduring challenges and opportunities. *Am Journal Public Health*. 2020;110(11):1678–1686. doi: 10.2105/AJPH.2020.305868
12. Saltykova MM, Bobrovnikskii IP, Yakovlev MYu, Banchenko AD. Effect of weather conditions on patients with cardiovascular diseases: main directions of research and major issues. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2018;25(6):43–51. EDN: USVQWC doi: 10.33396/1728-0869-2018-6-43-51
13. Ermolitskaya MZ, Kiku PF, Abakumov AI. Statistical analysis of the relationship between socio-hygienic factors and the diseases of blood and blood-forming organs in the Primorsky region. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021;28(11):33–41. EDN: UDDYIN doi: 10.33396/1728-0869-2021-11-33-40
14. Official website of the Federal State Statistics Service. [cited 5 Apr 2024]. Available from: <https://rosstat.gov.ru/> (In Russ.)
15. Regions of Russia. Socio-economic indicators.2022: Stat. sb. / Rosstat. Moscow; 2022. (In Russ.)
16. Russian statistical yearbook. 2023: Stat. sb. / Rosstat. Moscow; 2023. (In Russ.)
17. Bogachev IV, Poluhina MG, Logvinova RM. Assessment of morbidity among the rural population and the provision of rural health care facilities at the federal, regional and local levels. *Vestnik sel'skogo razvitiya i social'noj politiki*. 2015;(2):12–17. (In Russ.) EDN: WJGBIX
18. Medvedeva OV, Menshikova LI, Chvyreva NV, et al. Regional public health: assessment of the role of healthcare staffing supply. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021;28(12):4–13. EDN: CQWWKL doi: 10.33396/1728-0869-2021-12-4-13
19. Poushkarev OV. The statistical analysis of dependences of morbidity and disability on resources of public health services and social resources. *Public Health and Health Care*. 2008;(4):60–66. EDN: KVORCZ
20. Player J. Healthcare Access in Rural Communities in India. *Ballard Brief*. 2019;2019(3). [cited 12 Apr 2024]. Available from: <https://ballardbrief.byu.edu/issue-briefs/healthcare-access-in-rural-communities-in-india>
21. Jones CA, Parker TS, Ahearn M, et al. Health status and health care access of farm and rural populations. *Economic Information Bulletin*. 2009;(57). doi: 10.22004/ag.econ.54430
22. Social Determinants of Health. Healthy People 2030, U.S. Department of Health and Human Services, Office of Disease Prevention and Health Promotion. Retrieved [date graphic was accessed]. [cited 13 Apr 2024]. Available from: <https://health.gov/healthypeople/objectives-and-data/social-determinants-health>
23. Blinova T, Bylina S, Rusanovskiy V. Factors affecting the life expectancy at birth of the rural population in Russia. *J. Ponte*. 2020;76(1):9–18. doi: 10.21506/j.ponte.2020.1.2
24. Karyakin NN, Donchenko EV, Mukhin PV. Quantitative assessment of dependence of several mortality and morbidity rates from healthcare sources. *Medicinskij al'manah*. 2014;(3):16–20. EDN: SQVDMT
25. On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2021: State report. Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitel'ev i blagopoluchiya cheloveka; 2022. (In Russ.)

## ОБ АВТОРЕ

\***Былина Светлана Геннадиевна**, канд. экон. наук;  
адрес: Россия, 410012, Саратов, ул. Московская, 94;  
ORCID: 0000-0002-5179-7721;  
eLibrary SPIN: 3506-0322;  
e-mail: svbylina@rambler.ru

## AUTHORS' INFO

\***Svetlana G. Bylina**, Cand. Sci. (Economics);  
address: 94 Moskovskaya str., 410012, Saratov, Russia;  
ORCID: 0000-0002-5179-7721;  
eLibrary SPIN: 3506-0322;  
e-mail: svbylina@rambler.ru

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco632054>

# Браки и разводы в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) в 2000–2022 гг.

Л.Ф. Тимофеев, Н.В. Саввина, А.Л. Тимофеев

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Одной из основных угроз национальной безопасности в Арктике на сегодняшний день признаётся сокращение численности населения, которое за последнее десятилетие наблюдается и в Арктической зоне Республики Саха (Якутия). Понятно, что такая ситуация в основном обусловлена неблагоприятными медико-демографическими процессами: низким уровнем рождаемости, относительно высоким уровнем смертности населения в 13 улусах, входящих в группу арктических. Как показали наши исследования, свою лепту вносят и низкие уровни браков в большинстве рассматриваемых арктических улусов.

**Цель.** Анализ и оценка динамики показателей брачности и разводимости в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) за 2000–2022 гг.

**Материал и методы.** Анализ основывался на материалах официальной государственной статистики. Первоначально по перцентильному методу были рассчитаны уровни показателей по бракам и разводам во всех районах/улусах республики, затем анализ продолжили по группе из 13 арктических улусов.

**Результаты.** Уровни как брачности, так и разводимости были относительно низкими в выбранной группе, что наглядно подтверждается представленными таблицами и диаграммами. Расчёты коэффициентов корреляции между показателями брачности и рождаемости показали их логическую связь.

**Заключение.** Относительно низкие уровни брачности и разводимости ухудшают и без того неблагоприятную медико-демографическую ситуацию в арктических районах республики. Для улучшения положения в сфере демографической политики даны соответствующие рекомендации главам муниципальных образований Республики Саха (Якутия).

**Ключевые слова:** браки; разводы; рождаемость; Арктика; Республика Саха (Якутия).

## Как цитировать:

Тимофеев Л.Ф., Саввина Н.В., Тимофеев А.Л. Браки и разводы в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) в 2000–2022 гг. // Экология человека. 2024. Т. 31, № 1. С. 23–32. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco632054>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco632054>

# Marriages and divorces in the Arctic zone of the Sakha (Yakutia) Republic in 2000–2022

Leonid F. Timofeev, Nadezhda V. Savvina, Artem L. Timofeev

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** One of the primary concerns for national security in the Russian Arctic today is the declining population. A decrease in population over the last decade has also been observed in the Arctic zone of the Sakha (Yakutia) Republic. This trend can be attributed to unfavorable medical and demographic factors, such as low birth rates and relatively high mortality rates in the 13 districts that belong to the Arctic zone. We hypothesize that low marriage rates in most of the Arctic districts may also contribute to population decline.

**AIM:** To describe marriage and divorce rates in the Arctic zone of the Sakha (Yakutia) Republic in 2000–2022.

**MATERIAL AND METHODS:** A descriptive study. Materials from the official government statistics were used. Initially, marriage- and divorce rates were calculated using the percentile method in all districts of the republic. Then the analysis was performed using the data from 13 Arctic districts. Associations between the variables were studied by correlation analysis

**RESULTS:** Both marriage- and divorce rates were relatively low in the Arctic districts as demonstrated by the data in tables and charts and supported by the results of the correlation analysis.

**CONCLUSION:** The Arctic regions of the Sakha (Yakutia) Republic face challenges due to relatively low marriage- and divorce rates, which exacerbate the already unfavorable medical and demographic situation. In order to address these issues and improve the demographic policy in the region, specific recommendations have been developed for the municipal leaders of the Sakha (Yakutia) Republic.

**Keywords:** marriage; divorce; birth rate; Arctic; Sakha (Yakutia) Republic.

## To cite this article:

Timofeev LF, Savvina NV, Timofeev AL. Marriages and divorces in the Arctic zone of the Sakha (Yakutia) Republic in 2000–2022. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(1):23–32. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco632054>

Received: 16.05.2024

Accepted: 24.06.2024

Published online: 01.07.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco632054>

# 2000–2022 年萨哈共和国（雅库特）北极区的结婚和离婚情况

Leonid F. Timofeev, Nadezhda V. Savvina, Artem L. Timofeev

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

## 简评

**论证。**目前，北极地区国家安全面临的主要威胁之一是人口减少，过去十年在萨哈共和国（雅库特）北极地区也观察到了这种情况。显然，造成这种情况的主要原因是不利的医疗和人口进程：在北极集群所包括的 13 个州中，出生率低，死亡率相对较高。正如我们的研究结果所显示的，大多数北极各州的低结婚率也是造成这种情况的原因。

**目标。**2000–2022年萨哈共和国（雅库特）北极地区婚姻和离婚率动态的分析和评估。

**材料与方法。**分析以国家官方统计数据为基础。最初，采用百分位法计算了共和国所有地区的结婚和离婚指标水平，然后继续对 13 个北极地区进行分析。

**结果。**在所选群体中，结婚率和离婚率都相对较低，这一点在所提供的表格和图表中得到了明确证实。对结婚率和出生率之间相关系数的计算表明了它们之间的逻辑关系。

**结论。**相对较低的结婚率和离婚率使共和国北极地区本已不利的医疗和人口状况更加恶化。为了改善人口政策领域的状况，已向萨哈共和国（雅库特）各市领导提出了相关建议。

**关键词：**结婚；离婚；生育率；北极；萨哈共和国（雅库特）。

## 引用本文：

Timofeev LF, Savvina NV, Timofeev AL. 2000-2022 年萨哈共和国（雅库特）北极区的结婚和离婚情况. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(1):23–32. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco632054>

收到: 16.05.2024

接受: 24.06.2024

发布日期: 01.07.2024

## ОБОСНОВАНИЕ

Модернизационные процессы современного общества затрагивают все сферы жизнедеятельности людей, в том числе и сферу брачно-семейных отношений: увеличивается возраст вступления в брак, растёт число разводов, снижается уровень брачности [1].

На сегодняшний день имеется достаточное количество исследований, посвящённых данной тематике, причём в большинстве публикаций констатируется тенденция снижения количества браков и роста разводов. Так, сравнительная характеристика коэффициентов брачности и разводимости в Российской Федерации и других странах представлена в работе Х.К. Абушевой и соавт. [2]. Проблемы брачности и разводимости и пути их решения в Российской Федерации, начиная с 1950 г., раскрыты в работах С.В. Рязанцева и соавт. [1], В.Г. Антонова [3] и Е.С. Ковановой и соавт. [4]. Эти же проблемы в новейшей истории России обсуждаются в работах Л.А. Давлетшиной, Е.А. Долгих, Ю.В. Зайцевой, Е.А. Сысоевой, А.Ф. Шерифовой и соавт. [5–7].

Указанные проблемы в федеральных округах и отдельных регионах также вызывают интерес у исследователей, имеются работы по Северо-Кавказскому федеральному округу [2, 8], Дальневосточному федеральному округу и Еврейской АО [9, 10], Краснодарскому краю [11]. Аналогичные исследования проводились и в Республике Саха (Якутия), а также в зарубежных странах [12–13]. Вместе с тем оказалось, что очень мало научных исследований, посвящённых оценке брачности и разводимости в Арктической зоне как в Российской Федерации в целом, так и в Республике Саха (Якутия) [14, 15].

Основным национальным интересом Российской Федерации в Арктике, согласно Указу Президента Российской Федерации «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 г.» № 164 от 05.03.2020 г., является обеспечение высокого качества жизни и благосостояния населения Арктической зоны Российской Федерации [16]. При этом одной из основных угроз национальной безопасности в Арктике признаётся сокращение численности населения, в том числе на территории нашей республики. Так, в работе Т.Е. Бурцевой и соавт. отмечается, что в динамике за 20-летний период (2000–2020 гг.) в арктических районах Республики Саха (Якутия) численность населения снизилась на 22,1%, в том числе численность трудоспособного населения — на 21,5%, детского населения — на 32,2%; коэффициент депопуляции в 2020 г. составил 0,78 [17].

В настоящее время в Арктическую зону Республики Саха (Якутия) входят 13 районов (улусов): Абынский, Аллаховский, Анабарский, Булунский, Верхнеколымский, Верхоянский, Жиганский, Момский, Нижнеколымский, Оленёкский, Среднеколымский, Усть-Янский и Эвено-Бытантайский. Для этих улусов характерны суровые

климатогеографические условия, малочисленность населения при обширной площади территорий, слабое развитие транспортной инфраструктуры, что не может не влиять на состояние здоровья населения, в том числе на медико-демографическую ситуацию, на которую оказывают влияние также браки и разводы на той или иной территории.

Цель исследования — анализ и оценка динамики показателей брачности и разводимости в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) за 2000–2022 гг.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Статистические показатели взяты из официальных источников Федеральной службы государственной статистики (ФСГС, Росстат) и Территориального органа (ТО) ФСГС по Республике Саха (Якутия) [18–20]. Первоначально по перцентильному методу рассчитали показатели по всем административно-территориальным образованиям (районам/улусам) республики. Согласно этому методу, улусы с показателями до 10-го персентиля относились к территориям с низким уровнем того или иного показателя, от 10-го до 25-го — с уровнем ниже среднего, от 75-го до 90-го — с уровнем выше среднего, свыше 90-го — с высоким уровнем. Очевидно, что с показателями, лежащими в пределах от 25-го до 75-го персентиля, улусы относились к группе со средними значениями.

Затем указанные 13 улусов, входящих в Арктическую зону, были выделены для дальнейшего анализа. При этом уровни показателей (низкий, ниже среднего, средний, выше среднего и высокий) по каждому улусу указаны в сравнительном аспекте со всеми районами/улусами республики.

Использовали также метод корреляционного анализа: рассчитали коэффициенты корреляции между брачностью и рождаемостью населения в арктических улусах республики.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Численность населения Арктической зоны Республики Саха (Якутия)

Прежде чем рассмотреть брачность и разводимость в Арктической зоне улусов/районов за 23-летний период XXI в. (2000–2022 гг.), обратим внимание на численность населения в этих улусах. Так, согласно данным ТО ФСГС по Республике Саха (Якутия), по численности населения большинство улусов Арктической зоны являются наиболее малочисленными (табл. 1).

Для большинства улусов характерен спад численности населения в сравнении с предыдущим годом (символ ↓). И только Оленёкский и Эвено-Бытантайский улусы за последние 5 лет имеют положительную динамику роста данного показателя.

## Браки и разводы

Немаловажное значение для оценки демографических процессов на той или иной территории имеет состояние брачности и разводимости. Если сравнить коэффициенты брачности в целом по Российской Федерации и Республике Саха (Якутия), то до 2019 г. они были вполне сопоставимы, однако с 2020 г. отмечаются более низкие их уровни в Республике Саха (Якутия; см. табл. 1).

Общие коэффициенты брачности и разводимости в арктических улусах представлены в табл. 2 и 3 (уровни в сравнительном аспекте со всеми муниципальными образованияами республики). Видно, что в 2000 г. 8 улусов имели коэффициенты брачности хуже, чем в среднем по республике, по итогам 2022 г. — уже 11.

Описанное выше иллюстрирует парное сопоставление средних значений коэффициентов брачности по республике и Арктической зоне (рис. 1).

Для Арктической зоны, как и в целом для республики, характерна волнообразная динамика показателей брачности. При этом самые низкие коэффициенты данного показателя наблюдались в 2020 г., что и не удивительно, имея в виду начало пандемии COVID-19.

Согласно парному сопоставлению показателей коэффициентов разводимости, в целом по республике и Арктической зоне отмечается более позитивная картина в арктических улусах (рис. 2).

Кроме того, провели парные расчёты коэффициентов корреляции ( $r$ ) между показателями брачности и рождаемости за 2010–2022 гг. В расчёт брали показатели  $r=0,31$  и выше, то есть с умеренной и средней связями корреляции. Выяснилось, что 8 из 13 арктических улусов имеют  $r$  выше значения 0,31, другими словами, можно подтвердить известную истину, что чем больше семейных пар регистрирует свои отношения, тем больше рождается детей.

С учётом временных лагов провели и такие расчёты, когда в один массив брали показатели брачности за 2010–2021 гг., а в другой — показатели рождаемости за 2011–2022 гг. Имеются в виду те закономерности, когда один из наблюдаемых факторов в одном календарном году может дать ожидаемые результаты в следующем календарном году. Как и предполагалось, уже в 10 улусах наблюдались более-менее значимые коэффициенты корреляции, а ещё в двух улусах получили пограничные значения (0,29–0,30).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Сначала немного о коэффициентах брачности населения за 2000–2009 гг. Для динамики показателя брачности по Республике Саха (Якутия), как и по Российской Федерации, характерна тенденция к увеличению с 6,8 в 2004 г. до 8,4 в 2009 г. (в расчёте на 1000 жителей),

**Таблица 1.** Численность населения Арктической зоны Республики Саха (Якутия), чел. на начало года

**Table 1.** Population of the Arctic zone of the Sakha (Yakutia) Republic at the beginning of the year

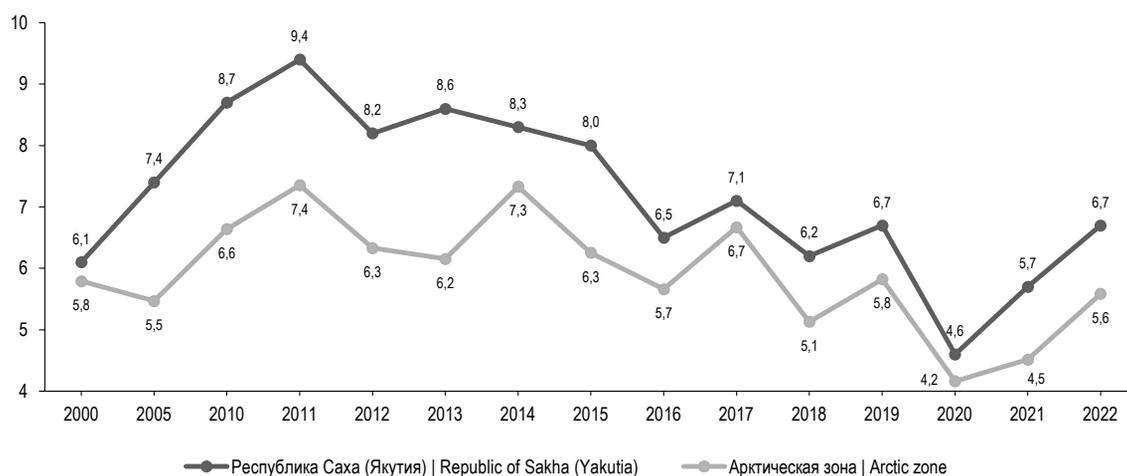
Улусы   Districts	2010*	2019	2020	2021	2022	2023
Абыйский   Abyisky	<b>4425</b>	<b>3979↓</b>	3949↓	3916↓	<b>3797↓</b>	<b>3786↓</b>
Аллайховский   Allaikhovskiy	3050	2708↓	2697↓	2726	2362↓	2349↓
Анабарский   Anabarskiy	3501	3597	3653	3672	3479↓	3454↓
Булунский   Bulunskiy	9054	8340↓	8513	8501↓	7730↓	7997
Верхнеколымский   Verkhnekolymskiy	<b>4723</b>	<b>4049↓</b>	<b>4003↓</b>	<b>3984↓</b>	<b>3764↓</b>	3748↓
Верхоянский   Verkhoyanskiy	12815	11133↓	11059↓	10989↓	10005↓	10009
Жиганский   Zhiganskiy	<b>4296</b>	<b>4178↓</b>	<b>4112↓</b>	<b>4179</b>	<b>4156↓</b>	<b>4086↓</b>
Момский   Momskiy	<b>4452</b>	3973↓	<b>3974</b>	<b>4051</b>	3725↓	<b>3783</b>
Нижнеколымский   Nizhnekolymskiy	<b>4664</b>	<b>4290↓</b>	<b>4260↓</b>	<b>4228↓</b>	<b>4192↓</b>	<b>4211</b>
Оленёкский   Olenyokskiy	4127	<b>4148</b>	<b>4247</b>	<b>4326</b>	<b>4335</b>	<b>4361</b>
Среднеколымский   Srednekolymskiy	7897	7424↓	7332↓	7312↓	6751↓	6741↓
Усть-Янский   Ust-Yanskiy	8056	7028↓	7008↓	7035	6786↓	6809
Эвено-Бытантайский   Eveno-Bytantayskiy	2867	2827↓	2845	2879	2916	2948
Республика Саха (Якутия)   Republic of Sakha (Yakutia)	958528	967009	971996	981971	997833	997565

*Примечания:* ячейки серого цвета — уровень низкий для численности населения, брачности и высокий для разводимости; полужирный шрифт — уровень ниже среднего для численности населения, брачности и выше среднего для разводимости.

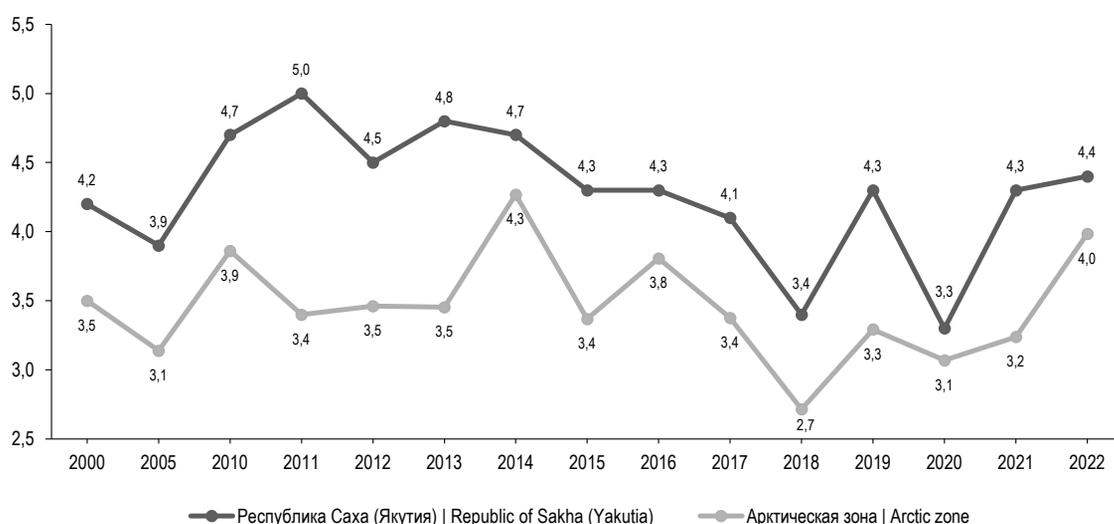
\*По итогам Всероссийской переписи населения 2010 г.

Note: Grey cells — low population size, low marriage rates, and high divorce rates; in bold — below the average population size and marriage rates, above the average for divorce rates

\*Based on the results of the 2010 Census.



**Рис. 1.** Коэффициенты брачности в Арктической зоне и Республике Саха (Якутия) за 2000–2022 гг. (на 1000 населения).  
**Fig. 1.** Marriage rates in the Arctic zone and the Sakha (Yakutia) Republic in 2000–2022 (per 1000 population).



**Рис. 2.** Коэффициенты разводимости в Арктической зоне и Республике Саха (Якутия) за 2000–2022 гг. (на 1000 населения).  
**Fig. 2.** Divorce rates in the Arctic zone and the Sakha (Yakutia) Republic in 2000–2022 (per 1000 population).

темпы прироста составил 23,5% [21]. В последующие 6 лет, с 2010 по 2015 гг., коэффициенты брачности колебались с 8,7 в 2010 г. (максимальное значение в 2011 г. — 9,4) до 8,0 в 2015 г., а в 2016–2021 гг. — в пределах 7,1–4,6.

За весь рассматриваемый период в Верхоянском и Среднеколымском улусах наблюдались уровни брачности ниже, чем в среднем по республике, ещё в трёх улусах (Верхнеколымском, Момском и Усть-Янском) были единичные случаи, когда количество браков на 1000 населения было выше среднереспубликанского показателя. И нет ни одного улуса, где бы наблюдались только относительно высокие или хотя бы средние уровни брачности на 1000 населения. Напротив, за этот период Абыйский и Среднеколымский улусы вошли в группу с низким уровнем брачности, а Верхоянский, Момский и Эвено-Бытантайский — в группу с уровнем брачности ниже среднего. При этом в ряде улусов в отдельные годы наблюдались даже высокие уровни этого показателя. Например, отличались Аллаиховский (2000, 2020 и 2022 гг.), Анабарский

(2018 и 2021 гг.), Жиганский (2010 и 2016 гг.) и Эвено-Бытантайский (2000 и 2017 гг.) улусы. Однако они не стали значимыми на общем фоне относительно низкого уровня брачности в арктических улусах.

Сравнительная характеристика коэффициентов разводимости в Российской Федерации и Республике Саха (Якутия) позволяет сделать практически те же выводы и по бракам — с 2020 г. наблюдаются их более низкий уровень.

Из табл. 3 видно, что в большинстве улусов отмечается более благоприятная картина разводимости по сравнению с брачностью населения. Так, по коэффициентам за 2000–2022 гг. лучшие позиции имеют Оленёкский и Эвено-Бытантайский улусы (низкий уровень разводимости), затем — Анабарский и Момский улусы (уровень ниже среднего). Однако при этом в Верхнеколымском улусе относительно высокий уровень разводов.

Вместе с тем относительно благополучная ситуация по разводимости не вносит существенного вклада

**Таблица 2.** Общие коэффициенты брачности в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) в разные годы (на 1000 населения)**Table 2.** Marriage rates in the Arctic zone of the Sakha (Yakutia) Republic in different years (per 1000 population)

Регионы/улусы   Regions/districts	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Российская Федерация   Russian Federation	6,2	7,4	8,5	7,9	6,7	7,1	6,1	6,5	5,3	6,3	7,2
Республика Саха (Якутия) Republic of Sakha (Yakutia)	6,1	7,4	8,7	8,0	6,5	7,1	6,2	6,7	4,6	5,7	6,7
Абыйский   Abyysky	<b>4,4</b>	4,5	5,2	4,6	5,9	7,2	6,3	7,3*	<b>3,3</b>	<b>4,1</b>	3,7
Аллайховский   Allaikhovskiy	<u>7,3</u>	<b>4,6</b>	7,2	6,3	4,4	6,6	4,1	<b>5,2</b>	<u>6,6</u>	3,3	<u>9,8</u>
Анабарский   Anabarsky	6,9*	5,8	6,8	6,5	<b>5,2</b>	7,6*	<u>7,0</u>	<b>5,0</b>	4,4	<u>6,8</u>	5,2
Булунский   Bulunsky	6,4	7,6*	<b>5,8</b>	6,8	6,8	6,8	4,1	4,4	<b>3,4</b>	5,3	6,5
Верхнеколымский   Verkhnekolymsky	5,0	5,5	7,4	7,9	4,2	7,9*	<b>4,4</b>	6,5	3,8	5,3	<b>4,8</b>
Верхоянский   Verkhoyansky	<b>4,6</b>	6,6	<b>5,7</b>	6,6	<b>5,3</b>	6,2	4,1	4,3	<b>3,5</b>	4,5	6,5
Жиганский   Zhigansky	5,3	6,3	<u>9,1</u>	6,6	<u>8,5</u>	5,9	5,2	4,3	3,6	<b>3,8</b>	5,3
Момский   Momsky	6,0	6,0	7,4	8,4*	5,6	4,7	6,0	6,5	4,5	3,2	4,3
Нижнеколымский   Nizhnekolymsky	6,8*	7,1	7,7	6,8	8,0*	<b>5,5</b>	5,4	6,1	4,5	4,3	8,3*
Оленёкский   Olenyoksky	5,3	4,4	<b>5,3</b>	4,5	<b>5,3</b>	6,9	<b>4,4</b>	<u>9,1</u>	4,7*	4,6	2,5
Среднеколымский   Srednekolymsky	<b>4,4</b>	<b>5,1</b>	5,2	<b>5,5</b>	3,5	4,8	5,0	<b>5,3</b>	4,0	4,8	<b>4,6</b>
Усть-Янский   Ust-Yansky	5,2	<b>4,7</b>	8,6*	5,4	5,5	6,6	5,0	6,8*	3,6	4,9	5,6
Эвено-Бытантайский   Eveno-Bytantai	7,7	2,9	4,9	5,4	5,4	<u>10,0</u>	5,7	4,9	4,2	3,8	5,5

*Примечания:* ячейки серого цвета — уровень низкий для численности населения, брачности и высокий для разводимости; полужирный шрифт — уровень ниже среднего для численности населения, брачности и выше среднего для разводимости; курсив\* — уровень выше среднего для численности населения, брачности и ниже среднего для разводимости; подчеркнутые значения — уровень низкий для разводимости и высокий для численности населения, брачности.

*Note:* grey cells — low population size, low marriage rates, and high divorce rates; in bold — below the average population size and marriage rates, above the average divorce rates; in italics\* — above the average population size and marriage rates, below the average divorce rates; underlined values — low divorce rates and high marriage rates and population size.

в улучшение медико-демографической ситуации в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) в целом. Для выправления ситуации в целях обеспечения условий для роста численности населения необходимы кардинальные меры и в масштабе республики, и в рамках государственной политики Российской Федерации в Арктических регионах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ брачности и разводимости в районах (улусах), представляющих Арктическую зону Республики Саха (Якутия), за 2000–2022 гг. показал следующее.

Для Арктической зоны в целом характерны относительно низкие уровни как брачности, так и разводимости населения. Низкий уровень брачности в целом коррелирует и с низким уровнем рождаемости. Неудивительно, что практически все улусы Арктической зоны являются малочисленными, и только в двух из них наблюдается рост численности населения в 2023 г. по сравнению с 2010 г.

Необходимо отметить, что как в Российской Федерации в целом, так и в Республике Саха (Якутия) в частности

делается многое в плане охраны материнства и детства, государственной поддержки в связи с рождением детей, материального стимулирования многодетных семей и т.д. Однако на примере арктических улусов мы убеждаемся, что эти меры не совсем достаточны для создания новых семей, рождаемости детей, роста численности населения. Видимо, имеется необходимость дополнительных, более энергичных мер по социально-экономическому развитию Арктической зоны в целях кардинального улучшения качества жизни населения, закреплению кадров различных сфер экономики на местах, улучшению социально-бытовых условий и др.

Для безусловного улучшения медико-демографической ситуации в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) рекомендуем следующее:

1) во всех 13 улусах Арктической зоны вести постоянный мониторинг медико-демографической ситуации, являющейся значимым критерием общественного здоровья;

2) главам муниципальных образований уделить большее внимание демографической и семейной политике в своих районах, в том числе социальной поддержке молодых и многодетных семей, необходимо активнее участвовать в реализации национальных проектов

**Таблица 3.** Общие коэффициенты разводимости в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) в разные годы (на 1000 населения)  
**Table 3.** Divorce rates in the Arctic zone of the Sakha (Yakutia) Republic in different years (per 1000 population)

Регионы/улусы   Regions/districts	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Российская Федерация   Russian Federation	4,3	4,2	4,5	4,2	4,1	4,2	4,0	4,2	3,9	4,4	4,7
Республика Саха (Якутия) Republic of Sakha (Yakutia)	4,2	3,9	4,7	4,3	4,3	4,1	3,4	4,3	3,3	4,3	4,4
Абыйский   Abyysky	2,4	3,8	<b>5,0</b>	3,2	3,9	3,2	<b>3,8</b>	3,0	<b>4,1</b>	3,4	<b>5,0</b>
Аллайховский   Allaikhovskiy	4,6	3,4	3,3	3,7	<b>5,2</b>	<b>4,4</b>	2,6	<b>4,4</b>	2,2*	<b>4,8</b>	<b>5,1</b>
Анабарский   Anabarsky	<b>5,6</b>	3,8	<u>1,4</u>	3,5	<u>2,3</u>	<u>2,0</u>	2,5	<b>4,4</b>	3,0	3,3	<u>2,9</u>
Булунский   Bulunskiy	5,7	3,4	4,0	2,6*	3,7	4,3	<b>3,6</b>	<u>2,3</u>	3,1	4,0	4,8
Верхнеколымский   Verkhnekolymskiy	4,3	3,8	6,7	5,8	<b>5,9</b>	<b>4,8</b>	2,4*	4,0	3,8	<b>4,3</b>	<b>5,6</b>
Верхоянский   Verkhoyanskiy	3,2	2,3	3,7	2,7*	3,2	4,0	<u>1,5</u>	<u>2,3</u>	2,4	<u>2,0</u>	4,3
Жиганский   Zhiganskiy	3,0	<b>4,2</b>	3,5	4,0	4,5	3,8	2,4*	<u>2,2</u>	6,0	4,1	3,2*
Момский   Momskiy	<u>1,1</u>	2,4	4,5	<u>2,4</u>	<u>2,7</u>	3,4	<u>1,2</u>	3,8	3,2	<u>2,0</u>	4,5
Нижнеколымский   Nizhnekolymskiy	4,0	3,4	<b>6,2</b>	<b>4,8</b>	4,1	<b>4,4</b>	2,6	3,5	<b>4,7</b>	<b>5,0</b>	<u>2,9</u>
Оленёкский   Olenyokskiy	3,4	3,4	<u>1,7</u>	<u>2,3</u>	<u>2,8</u>	<u>1,2</u>	2,9	3,8	<u>1,4</u>	3,0	3,0*
Среднеколымский   Srednekolymskiy	2,0	1,5	4,3	<u>2,4</u>	4,0	4,1	<b>3,8</b>	3,9	2,6	2,5*	3,3*
Усть-Янский   Ust-Yanskiy	<b>5,1</b>	<b>4,0</b>	3,8	3,9	3,2*	3,2	2,8	2,7	<u>2,0</u>	3,4	3,4
Эвено-Бытантайский   Eveno-Bytantai	<u>1,1</u>	<u>1,4</u>	2,1	2,5*	4,0	<u>1,1</u>	3,2	2,5*	<u>1,4</u>	<u>0,3</u>	3,8

*Примечания:* ячейки серого цвета — уровень низкий для численности населения, брачности и высокий для разводимости; полужирный шрифт — уровень ниже среднего для численности населения, брачности и выше среднего для разводимости; курсив\* — уровень выше среднего для численности населения, брачности и ниже среднего для разводимости; подчеркнутые значения — уровень низкий для разводимости и высокий для численности населения, брачности.

*Note:* grey cells — population size, low marriage rates, and high divorce rates; in bold — below the average population size and marriage rates, above the average divorce rates; in italics\* — above the average population size and marriage rates, below the average divorce rates; underlined values — low divorce rates and high marriage rates and population size.

«Демография», «Здравоохранение», а в ближайшем будущем — нацпроекта «Семья».

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

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

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

**Источник финансирования.** Данная статья подготовлена в рамках научно-исследовательской работы «Эффективность системы здравоохранения Арктической зоны Республики Саха (Якутия) в контексте инновационного развития: анализ и прогноз» (Госконтракт № 7161, 2023 г.).

## ADDITIONAL INFORMATION

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

**Funding sources.** This article was prepared as part of the research work «Efficiency of the healthcare system of the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia) in the context of innovative development: analysis and prediction» (State Contract No. 7161, 2023).

**Competing interests.** The authors declare no competing interests.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Рязанцев С.В., Архангельский В.Н., Воробьева О.Д., и др. Демографическое развитие России: тенденции, прогнозы, меры. Национальный демографический доклад. М.: Объединённая редакция, 2020. EDN: STFBWI doi: 10.25629/HC.2020.13.01
- Абушева Х.К., Шамилев С.П. Браки и разводы в РФ и пути снижения последних // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4. С. 237. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9719> Дата обращения: 16.04.2024.

3. Антонов В.Г. Основные тенденции брачности и разводимости в России за последние 50–60 лет // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. Т. 11, № 4. С. 43–53. EDN: TFGNYH
4. Кованова Е.С., Нимгирова А.Ц., Эрендженова Ц.Б., и др. Статистический анализ брачности и разводимости в России и её регионах // Экономика и предпринимательство. 2020. Т. 14, № 8. С. 117–122. EDN: AEUZLD doi: 10.34925/EIP.2020.121.8.023
5. Давлетшина Л.А., Долгих Е.А. Статистический анализ брачности и разводимости в Российской Федерации и её регионах // Вестник университета. 2018. № 7. С. 88–92. EDN: XWQKVV doi: 10.26425/1816-4277-2018-7-88-92
6. Зайцева Ю.В., Сысоева Е.А. Статистический анализ брачности и разводимости в Российской Федерации. В кн.: Фундаментальные и прикладные аспекты глобализации: тезисы докладов и выступлений IV Международной научно-практической конференции молодых учёных / под ред. Л.И. Дмитриченко. Донецк, 2023. С. 254–256. EDN: PKFMOV
7. Шерифова А.Ф., Ибрагимова А.Ш., Дадаева Б.Ш. Брачность и разводимость в России и её регионах в динамике // Региональные проблемы преобразования экономики. 2021. № 1. С. 98–104. EDN: KCDDIR doi: 10.26726/1812-7096-2021-1-98-104
8. Гандалоева А.Б. Оценка брачности и разводимости Северо-Кавказского федерального округа // NovalInfo. 2022. № 132. С. 190–194. EDN: EZEYHK
9. Демографическая характеристика Дальневосточного федерального округа. Хабаровск: ФАНУ «Востокгосплан», 2023.
10. Комарова Т.М., Калинина И.В. Брачность и разводимость в Еврейской автономной области. В кн.: Парадигмы и модели демографического развития: сборник статей XII Уральского демографического форума. Том II. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2021. С. 124–130. EDN: CRBFCL doi: 10.17059/udf-2021-4-10
11. Шаповалова Я.А. Государственная политика в области семейно-брачных отношений в 1945–1991 гг. (на материалах Краснодарского края): автореф. дис. ... канд. ист. наук. Краснодар, 2014. EDN: VXIUMZ
12. Петрова С.А., Борисова У.С. Анализ динамики брачности и разводимости в Республике Саха (Якутия) за 1980–2019 гг. // Общество: социология, психология, педагогика. 2021. № 6. С. 14–19. EDN: TULWUN doi: 10.24158/spp.2021.6.1
13. Субхонов А.И. Тенденции брачности и разводимости населения в переходный период (на материалах Республики Таджикистан): автореф. дис. ... канд. эконом. наук. Душанбе, 2010. 27 с. EDN: ZOCUIF
14. Солодовников А.Ю. К проблеме браков и разводов в Арктических регионах Российской Федерации: на примере Тазовского района Ямало-Ненецкого автономного округа в начале 3-го тысячелетия // Заметки ученого. 2020. № 5. С. 171–177. EDN: CTBUHU
15. Мионов Д.С., Неманова С.А., Епифанцев Г.О., и др. Характеристика демографических процессов в Арктической зоне Российской Федерации на примере Мурманской области // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 11. EDN: TECXJB doi: 10.23670/IRJ.2023.137.103
16. Указ Президента РФ «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» № 164 от 05.03.2020 г. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202003050019> Дата обращения: 16.04.2024.
17. Бурцева Т.Е., Климова Т.М., Гоголев Н.М., и др. Тенденции медико-демографических показателей в Арктических районах Республики Саха (Якутия) за 20-летний период (2000–2020 гг.) // Экология человека. 2022. Т. 29. № 6. С. 403–413. EDN: QBVXCD doi: 10.17816/humeco106043
18. Демография. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru> Дата обращения: 25.06.2024.
19. Статистические данные Территориального органа федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия). Режим доступа: [https://14.rosstat.gov.ru/brak\\_razvod](https://14.rosstat.gov.ru/brak_razvod)
20. Численность населения Республики Саха (Якутия) на 1 января 2023 г.: статистический сборник. Территориальный орган ФГС по Республике Саха (Якутия). Якутск, 2023.
21. Артамонова С.Ю., Афанасьева Л.Н., Барашкова А.С. и др. Здоровье детей и подростков Республики Саха (Якутия): состояние, тенденции, перспективы. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. EDN: UWFGOH

## REFERENCES

1. Ryazantsev SV, Arkhangelsky VN, Vorobyova OD, et al. Demographic development of Russia: trends, forecasts, measures. National demographic report. Moscow: Ob\*edinennaya redaktsiya; 2020 (In Russ.) EDN: STFBWI doi: 10.25629/HC.2020.13.01
2. Abusheva KK, Shamilev SR. Marriages and divorces in the Russian Federation and ways to reduce them. *Modern problems of Science and Education*. 2013;(4):237 [cited 2024 Apr 16]. Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9719>
3. Antonov VG. Main trends in marriage and divorce rates in Russia over the past 50–60 years *National Interests: Priorities and Security*. 2015;11(4):43–53. EDN: TFGNYH
4. Kovanova ES, Nimgirova AT, Erendzhenova TsB., et al. Statistical analysis of marriage and divorce rates in Russia and its regions. *Economics and Entrepreneurship*. 2020;14(8):117–122 (In Russ.) EDN: AEUZLD doi: 10.34925/EIP.2020.121.8.023
5. Davletshina LA, Dolgikh EA. Statistical analysis of marriage and divorce rates in the Russian Federation and its regions. *Vestnik Universiteta*. 2018;7:88–92. EDN: XWQKVV doi: 10.26425/1816-4277-2018-7-88-92
6. Zaitseva YV, Sysoeva EA. Statistical analysis of marriage and divorce rates in the Russian Federation. In: *Fundamental and applied aspects of globalization: abstracts of reports and speeches of the IV International Scientific and Practical Conference of Young Scientists*. Dmitrichenko LI, editor. Donetsk; 2023:254–256. (In Russ.) EDN: PKFMOV
7. Sherifova AF, Ibragimova ASH, Dadaeva BSh. Marriage and divorce rates in Russia and its regions in dynamics. *Regional Problems of Transforming the Economy*. 2021;1:98–104. EDN: KCDDIR doi: 10.26726/1812-7096-2021-1-98-104

8. Gandaloeva AB. Assessment of marriage and divorability of the North Caucasus Federal District. *Novainfo*. 2022;132:190–194. (In Russ.) EDN: EZEYHK
9. Demographic characteristics of the Far Eastern Federal District. Khabarovsk: Federal Autonomous Scientific Institution «Vostok-gosplan»; 2023. (In Russ.)
10. Komarova TM, Kalinina IV. Marriage and divorce in Jewish Autonomous oblast. In: *Paradigms and models of demographic development: collection of articles of the XII Ural Demographic Forum*. Vol. II. Ekaterinburg: Institut ekonomiki UrO RAN; 2021:124–130. EDN: CRBFCL doi: 10.17059/udf-2021-4-10
11. Shapovalova YA. State policy in the field of family and marriage relations in 1945–1991. (based on materials from the Krasnodar region) [dissertation abstract]. Krasnodar; 2014. (In Russ.) EDN: VXIUMZ
12. Petrova SA, Borisova US. Analysis of the dynamics of marriage and divorce rates in the Republic of Sakha (Yakutia) from 1980 to 2019. *Society: Sociology, Psychology, Pedagogics*. 2021;6:14–19. EDN: TULWUN doi: 10.24158/spp.2021.6.1
13. Subkhonov AI. Trends in marriage and divorce rates in the population during the transition period (based on materials from the Republic of Tajikistan) [dissertation abstract]. Dushanbe; 2010. 28 p. (In Russ.) EDN: ZOCUIF
14. Solodovnikov AY. On the problem of marriages and divorces in the Arctic regions of the Russian Federation: on the example of the Tazovsky district of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug at the beginning of the 3rd millennium. *Notes of a scientist*. 2020;5:171–177. EDN: CTBUHU
15. Mironov DS, Nemanova SA, Epifantsev GO, et al. A characterization of demographic processes in the arctic zone of the Russian Federation on the example of Murmansk oblast. *Meždunarodnyj naučno-issledovatel'skij žurnal (International Research Journal)*. 2023;(11). EDN: TECXJB doi: 10.23670/IRJ.2023.137.103
16. Decree of the President of the Russian Federation “On the Fundamentals of State Policy of the Russian Federation in the Arctic for the period until 2035” No. 164 of 03 May 2020. Available from: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202003050019> (In Russ.)
17. Burtseva TE, Klimova TM, Gogolev NM, et al. Trends in medical and demographic indicators in the Arctic regions of the Republic of Sakha (Yakutia) over a 20-year period (2000–2020). *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(6):403–413. EDN: QBVXCD doi: 10.17816/humeco106043
18. Demographics. [cited 25 Jun 2024] Available from: <https://rosstat.gov.ru> (In Russ.)
19. Statistical data of the Territorial Body of the Federal State Statistics Service for the Republic of Sakha (Yakutia) Available from: <https://sakha.gks.ru> (In Russ.)
20. Population of the Republic of Sakha (Yakutia) as of January 1, 2023: Stat. collection. *Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Republic of Sakha (Yakutia)*. Yakutsk; 2023. (In Russ.)
21. Artamonova SY, Afanasieva LN, Barashkova AS, et al. Health of children and adolescents of the Republic of Sakha (Yakutia): state, trends, prospects. Moscow: GEOTAR-Media; 2015 (In Russ.) EDN: UWFGOH

## ОБ АВТОРАХ

**\*Тимофеев Леонид Федорович**, д-р мед. наук;  
адрес: Россия, 677000, Якутск, ул. Ойунского, 27;  
ORCID: 0000-0003-1849-3504;  
eLibrary SPIN: 2322-0355;  
e-mail: tlfнаука@mail.ru

**Саввина Надежда Валерьевна**, д-р мед. наук, профессор;  
ORCID: 0000-0003-2441-6193;  
eLibrary SPIN: 3917-3282;  
e-mail: nadvsavvina@mail.ru

**Тимофеев Артем Леонидович**, канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0003-1046-8064;  
eLibrary SPIN: 7446-9806;  
e-mail: ovlirykt@mail.ru

## AUTHORS' INFO

**\*Leonid F. Timofeev**, MD, Dr. Sci (Medicine);  
address: 27 Oyunskogo str., 677000, Yakutsk, Russia;  
ORCID: 0000-0003-1849-3504;  
eLibrary SPIN: 2322-0355;  
e-mail: tlfнаука@mail.ru

**Nadezhda V. Savvina**, MD, Dr. Sci (Medicine), Professor;  
ORCID: 0000-0003-2441-6193;  
eLibrary SPIN: 3917-3282;  
e-mail: nadvsavvina@mail.ru

**Artem L. Timofeev**, MD, Cand. Sci (Medicine);  
ORCID: 0000-0003-1046-8064;  
eLibrary SPIN: 7446-9806;  
e-mail: ovlirykt@mail.ru

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco630439>

# Оценка влияния условий проживания, как совокупности социальных факторов среды обитания, на показатели смертности сельского и городского населения Ненецкого АО в 2000–2019 гг.

А.А. Дударев, А.В. Дождиков

Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья, Санкт-Петербург, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** В настоящее время в Арктической зоне Российской Федерации наблюдаются явные признаки ухудшения медико-демографической ситуации на фоне низкого уровня развития социальной инфраструктуры. Исследование влияния условий проживания как совокупности социальных факторов среды обитания, формируемой социальной инфраструктурой, на показатели смертности населения одного из регионов Арктической зоны Российской Федерации проведено впервые.

**Цель.** Оценить влияние условий проживания как совокупности социальных факторов среды обитания на показатели смертности сельского и городского населения Ненецкого АО в 2000–2019 гг.

**Материал и методы.** Сформированы базы данных «Жилищно-коммунальное хозяйство и социальная инфраструктура в НАО за 2000–2019 годы» и «Случаи смерти в НАО за 2000–2019 годы» (включая информацию о численности и возрастно-половой структуре населения Ненецкого АО) в разрезе отдельных населённых пунктов. С использованием разработанной балльной системы оценки условий проживания выполнено ранжирование (разделение на тертили) всех сельских населённых пунктов Ненецкого АО по величине интегрального индекса условий проживания (ИИУП). Проведён сравнительный анализ (тертили с городом, тертили друг с другом) среднегодовых стандартизованных по возрасту показателей общей смертности, смертности от основных причин и структурных компонентов внешних причин смертности. Относительные эпидемиологические риски рассчитаны как отношения показателей смертности в каждом из тертилей к соответствующему показателю для городского населения.

**Результаты.** Среднегодовые стандартизованные показатели и относительные риски смертности (общей, от внешних причин, утоплений, замерзаний, отравлений алкоголем и транспортных несчастных случаев) населения Ненецкого АО ступенчато возрастают в последовательности «город — верхний тертиль — средний тертиль — нижний тертиль», то есть по мере ухудшения условий проживания (по мере снижения ИИУП). Выявлены статистически значимые различия между городом и тертилями, а также между верхним (благоприятные условия проживания) и нижним (неблагоприятные условия проживания) тертилями по показателям общей смертности, смертности от внешних причин, утоплениям и замерзаниям. Показатели смертности от отравлений алкоголем и транспортных несчастных случаев также возрастают (но статистически незначимо) по мере ухудшения условий проживания. За исключением суицидов, относительные риски смертности по отдельным внешним причинам достигают максимальных значений в нижнем тертиле.

**Заключение.** Выявлены статистически значимые обратные зависимости между показателями общей смертности, смертности от внешних причин (и её основных структурных компонентов) и величинами ИИУП сельского населения Ненецкого АО: по мере ухудшения условий проживания показатели и относительные риски смертности возрастают.

**Ключевые слова:** Арктика; Арктическая зона РФ; Ненецкий АО; условия проживания; социальные факторы среды обитания; социальная инфраструктура; смертность; внешние причины смерти; суициды; отравления алкоголем.

## Как цитировать:

Дударев А.А., Дождиков А.В. Оценка влияния условий проживания, как совокупности социальных факторов среды обитания, на показатели смертности сельского и городского населения Ненецкого АО в 2000–2019 гг. // Экология человека. 2024. Т. 31, № 1. С. 33–47.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco630439>

Рукопись поступила: 17.04.2024

Рукопись одобрена: 07.06.2024

Опубликована online: 04.07.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco630439>

# Evaluation of the impact of living conditions, as a set of social factors of the habitat, on mortality rates of the rural and urban population of the Nenets autonomous okrug in 2000–2019

Alexey A. Dudarev, Alexey V. Dozhdikov

Northwest Public Health Research Center, St. Petersburg, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Currently, in the Arctic zone of the Russian Federation (AZRF), there are clear signs of a deterioration in the medico-demographic situation against the backdrop of a low level of development of social infrastructure. The study of the influence of living conditions, as a set of social factors of the habitat, formed by social infrastructure, on the mortality rates of the population of one of the AZRF regions, was carried out for the first time.

**AIM:** To assess the impact of living conditions, as a set of social factors of the habitat, on the mortality rates of the rural and urban population of the Nenets autonomous okrug (NAO) in the period 2000–2019.

**MATERIALS AND METHODS:** The databases “Housing and communal services and social infrastructure in NAO in 2000–2019” and “Death cases in NAO in 2000–2019” (including information on the population number and age-sex structure) of the NAO population in the context of individual settlements have been generated. Using the developed scoring system for assessing living conditions, a ranking (division into tertiles) of all rural NAO settlements was carried out according to the value of the integral index of living conditions (IILC). A comparative analysis (tertiles with the city, and tertiles with each other) of average annual age-standardized rates of overall mortality, mortality from the main causes and structural components of external causes (EC) of mortality was carried out. Relative epidemiological risks were calculated as the ratio of mortality rates in each tertile to the corresponding indicator for the urban population.

**RESULTS:** Average annual standardized rates (and relative risks) of mortality (total, EC, drowning, freezing, alcohol poisoning and transport accidents) of the NAO population “step by step” increase in the sequence “city — highest tertile — middle tertile — lowest tertile”, i.e. as living conditions worsen (as the IILC decreases). Statistically significant differences were identified between the city and tertiles, as well as between the highest (“favorable” living conditions) and lowest (“unfavorable” living conditions) tertiles in terms of total mortality, mortality from EC, drowning and freezing. Mortality rates from alcohol poisoning and transport accidents also increase (but not statistically significant) as living conditions worsen. With the exception of suicides, the relative risks of mortality for individual EC reach maximum values in the lowest tertile.

**CONCLUSION:** Statistically significant inverse relationships have been identified between rates of total mortality, mortality from external causes (and its main structural components), and the values of the integral index of living conditions of the rural NAO population: as living conditions worsen, mortality rates (and relative risks) increase.

**Keywords:** Arctic; Arctic Zone of the RF; Nenets AO; living conditions; social factors of the habitat; social infrastructure; mortality; external causes of death; suicides; alcohol poisonings.

## To cite this article:

Dudarev AA, Dozhdikov AV. Evaluation of the impact of living conditions, as a set of social factors of the habitat, on mortality rates of the rural and urban population of the Nenets autonomous okrug in 2000–2019. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(1):33–47.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco630439>

Received: 17.04.2024

Accepted: 07.06.2024

Published online: 04.07.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco630439>

# 评估生活条件作为栖息地社会因素的集合对2000–2019年涅涅茨自治区农村和城市人口死亡率的影响

Alexey A. Dudarev, Alexey V. Dozhdikov

Northwest Public Health Research Center, St. Petersburg, Russia

## 简评

**论证。**目前，在俄罗斯联邦北极地区，由于社会基础设施发展水平低，医疗和人口状况有明显恶化的迹象。作为生活环境的一系列社会因素，社会基础设施对俄罗斯联邦北极地区人口死亡率的影响研究尚属首次。

**目标。**评估2000–2019年生活条件作为栖息地社会因素对涅涅茨自治区农村和城市人口死亡率的影响。

**材料与方法。**编制了“2000–2019年涅涅茨自治区的住房和公用事业和社会基础设施”和“2000–2019年涅涅茨自治区的死亡人数”数据库（包括各居住区的涅涅茨自治区人口数量和年龄性别结构的信息）。使用制定的生活条件评估评分系统，按照生活条件综合指数值对涅涅茨自治区的所有农村居民点进行了排序（分为三等分）。对总死亡率、主要死因死亡率和外部死因结构成分的年均年龄标准化比率进行了比较分析（与城市的三等分，三等分之间的比较）。相对流行病学风险的计算方法是，每个三等分层的死亡率与城市人口相应指标的比率。

**结果。**涅涅茨自治区人口的年均标准化死亡率和相对死亡率（一般死亡率、外因死亡率、溺水、冰冻、酒精中毒和交通事故）按“城市–上三等分–中三等分–下三等分”的顺序逐步升高，即随着生活条件的恶化（下降）而上升。在一般死亡率、外因死亡率、溺水死亡率和冰冻死亡率方面，城市和三等分之间以及高（生活条件好）和低（生活条件差）三等分之间存在明显的统计学差异。随着生活条件的恶化，酒精中毒和交通事故的死亡率也在增加（但在统计上微不足道）。除自杀外，某些外部原因造成的相对死亡风险在最低三等分中达到最大值。

**结论。**据统计，一般死亡率、外因死亡率（及其主要结构成分）指标与涅涅茨自治区农村人口生活条件综合指数值之间存在明显的反比关系：随着生活条件的恶化，指标值和相对死亡风险都会增加。

**关键词：**北极；俄罗斯联邦北极区；涅涅茨自治区；生活条件；居住地的社会因素；社会基础设施；死亡率；外部死因；自杀；酒精中毒。

## 引用本文：

Dudarev AA, Dozhdikov AV. 评估生活条件作为栖息地社会因素的集合对2000–2019年涅涅茨自治区农村和城市人口死亡率的影响. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(1):33–47.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco630439>

收到: 17.04.2024

接受: 07.06.2024

发布日期: 04.07.2024

## ОБОСНОВАНИЕ

В Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года<sup>1</sup> к основным опасностям, вызовам и угрозам, формирующим риски для развития Арктической зоны, отнесены в том числе явные признаки ухудшения медико-демографической ситуации, где, наряду со снижением естественного прироста населения, миграционным оттоком и сокращением численности населения, отмечено отставание от общероссийских значимых показателей, характеризующих качество жизни населения, низкий уровень развития социальной, жилищной, коммунальной, транспортной инфраструктур.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что в регионах АЗРФ уровни общей смертности сельского населения существенно превышают уровни общей смертности городского населения; по внешним причинам смерти различия достигают кратных величин. Основной «вклад» во внешние причины смерти в АЗРФ вносят самоубийства, убийства, транспортные несчастные случаи (прежде всего, при эксплуатации малой моторной техники), утопления, обморожения, ожоги и отравления алкоголем [1].

Население АЗРФ, прежде всего, сельское, включая коренное, характеризуется наиболее высокими (в сравнении со среднероссийскими) показателями общей смертности, особенно высокими уровнями алкоголь-атрибутивной смертности (ААС) от внешних причин, в том числе алкогольных суицидов. Алкоголизм в АЗРФ развивается под влиянием комплекса факторов, среди которых существенную роль может играть дефицит возможностей для какой-либо досуговой активности, кроме пьянства, обусловленный низким качеством условий проживания [1].

Многие сёла АЗРФ лишены наземного транспортного сообщения не только с административными центрами, но и с соседними населёнными пунктами; во многих посёлках наблюдается высокий износ жилья, устаревшая техническая оснащённость зданий и сооружений, отсутствие централизованного энерго-, газо-, водоснабжения и водоотведения; некоторые сёла обеспечиваются исключительно привозной водой, а некоторые не имеют никакого водоснабжения (жители самостоятельно доставляют воду и заготавливают лёд с близлежащих водоемов); основная масса селений не имеет организованной системы сбора и вывоза отходов; в значительной доле малых сёл отсутствуют школы, детские сады, дома культуры, спортивные объекты; для многих селений характерен ограниченный доступ населения к медицинской помощи [2].

<sup>1</sup> Указ Президента Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года». Дата обращения: 17.04.2024. Доступ по ссылке: <https://base.garant.ru/74810556/>

Вышеперечисленные особенности сельских территорий АЗРФ характерны для Ненецкого АО. В нескольких недавних публикациях [2–6] мы обобщили и проанализировали медико-демографические данные и информацию по условиям проживания и социальным факторам среды обитания сельского и городского населения Ненецкого АО в разрезе отдельных населённых пунктов за 2000–2019 гг.

Было показано, что демографическая ситуация в Ненецком АО в последние годы значительно ухудшается; очевидны признаки формирования выраженной депопуляционной тенденции как среди городского, так и среди сельского населения округа. Ситуацию среди сельского населения следует характеризовать как критическую — при столь высоких показателях смертности, пока компенсируемых высокой рождаемостью, и ещё более высоких показателях миграционной убыли вполне вероятно дальнейшее (а в перспективе уже необратимое) сокращение «обитаемости» сельских территорий Ненецкого АО [3]. Сельское население Ненецкого АО демонстрирует низкую ожидаемую продолжительность жизни (разница более 10 лет), значительно более высокие уровни общей смертности и смертности от внешних причин в сравнении с городским населением [3].

Мы разработали концепцию условий проживания как совокупности социальных факторов среды обитания, формируемой социальной инфраструктурой населённого пункта, а также научно обосновали понятие вредного воздействия социальных факторов среды обитания как отсутствие, нехватка или ненадлежащая эффективность функционирования каких-либо элементов социальной инфраструктуры [1].

Для оценки влияния условий проживания на медико-демографический статус сельских территорий АЗРФ разработан таргетированный подход с использованием балльной системы оценки условий проживания, позволяющей ранжировать отдельные селения по величине инфраструктурных индексов и интегрального индекса условий проживания (ИИУП) [1].

**Цель исследования.** Оценить влияние условий проживания и социальных факторов среды обитания на показатели смертности сельского и городского населения Ненецкого АО в 2000–2019 гг.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Информация по всем случаям смерти населения Ненецкого АО за 20-летний доковидный период (2000–2019 гг.) получена из ежегодных «Журналов учёта случаев смерти в Ненецком АО», регулярно заполнявшихся сотрудниками отделения медицинской статистики Ненецкой окружной больницы (Нарьян-Мар) на основании информации, содержащейся в медицинских свидетельствах о смерти отдела ЗАГС аппарата администрации Ненецкого АО.

Полученную информацию перевели в электронный формат базы данных, в которую включили каждый случай смерти постоянных резидентов Ненецкого АО за 20-летний период (всего 9026 записей) с детализацией пола, возраста, этнической принадлежности, места жительства (регистрации в конкретном населённом пункте), даты и места смерти, с указанием основной причины смерти и сопутствующих заболеваний (состояний), способствовавших наступлению смерти; каждому случаю смерти в базе данных присвоили трёхзначный код МКБ-10 [5]. База данных «Случаи смерти в Ненецком автономном округе за 2000–2019 годы» зарегистрирована в реестре баз данных Федеральной службы по интеллектуальной собственности<sup>2</sup>.

Данные о численности и возрастно-половой структуре населения по каждому из 42 населённых пунктов Ненецкого АО за каждый год в течение 20-летнего периода (2000–2019 гг.) получили в медицинском информационно-аналитическом отделе департамента здравоохранения, труда и социальной защиты населения Ненецкого АО. Эта информация кардинально расширяет возможности обработки и анализа созданной базы данных смертности, так как позволяет использовать для расчётов годовую динамику численности и возрастно-половой структуры жителей любого населённого пункта (и их групп), производить стандартизацию показателей смертности по возрасту, анализировать показатели в пространстве и времени, в том числе при группировке населённых пунктов по различным критериям [5].

Источниками информации о социально-бытовой и социально-культурной инфраструктуре сельских поселений Ненецкого АО являлись пояснительные записки к региональным схемам территориального планирования Ненецкого АО, пояснительные записки к проектам генеральных планов муниципальных образований, паспорта муниципальных образований, программы развития коммунальной инфраструктуры Ненецкого АО, схемы водоснабжения, водоотведения и другая проектно-техническая документация, а также «База данных показателей муниципальных образований» Росстата [2, 4].

В разрезе отдельных сельских населённых пунктов Ненецкого АО была собрана информация по энергоснабжению (тепло-, электро-, газо-), водоснабжению, водоотведению, сбору и утилизации отходов, здравоохранению, образованию (включая дошкольное), культуре, досугу, спорту, сфере услуг. Собранную информацию перевели в электронный формат базы данных «Жилищно-коммунальное хозяйство и социальная

инфраструктура в Ненецком автономном округе за 2000–2019 годы»<sup>3</sup>.

### Балльная система оценки условий проживания (социальной инфраструктуры) в сельских населённых пунктах Ненецкого АО

Социальную инфраструктуру как совокупность социально-бытовой и социально-культурной инфраструктур оценивали с применением балльной системы, на основании которой для каждого сельского населённого пункта Ненецкого АО рассчитывали индексы социально-бытовой инфраструктуры (ИСБИ), социально-культурной инфраструктуры (ИСКИ) и ИИУП [1].

В табл. 1 представлена балльная оценка компонентов социально-бытовой (теплоснабжение, вид топлива котельных, водоснабжение, водоподготовка, качество воды, магазины, столовые, бани) и социально-культурной инфраструктур (учреждения здравоохранения, спортивные объекты, детские сады, школы, дома культуры), использованных в настоящем исследовании для расчётов ИСБИ, ИСКИ и ИИУП.

ИСБИ и ИСКИ были рассчитаны как суммы баллов за каждый компонент по следующим формулам:

$$\text{ИСБИ} = X_1 + X_2 + \dots + X_8;$$

$$\text{ИСКИ} = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_5.$$

ИИУП представляет собой сумму баллов инфраструктурных индексов: ИИУП = ИСБИ + ИСКИ.

### Разделение на тертили сельских населённых пунктов Ненецкого АО

Всю совокупность селений Ненецкого АО разделили по величине рассчитанных индивидуальных (для каждого селения) ИИУП на тертили (верхний, средний и нижний), то есть на три группы с высокими, средними и низкими ИИУП. Число селений, входящих в каждый из тертилей, различается, что обусловлено необходимостью формирования трёх групп селений, сопоставимых не по количеству населённых пунктов, а по численности населения (табл. 2). Малая численность населения в каком-либо из тертилей и, соответственно, малое число случаев смерти обусловили бы невозможность корректного сравнительного анализа показателей смертности между тертилями.

Далее для каждого тертиля и для городского населения Ненецкого АО рассчитали среднегодовые (за 2000–2019 гг.) стандартизованные показатели общей смертности, смертности от болезней системы кровообращения, внешних причин и злокачественных новообразований, а также основных структурных компонентов

<sup>2</sup> Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020622857 Российская Федерация. Случаи смерти в Ненецком автономном округе за 2000–2019 годы: № 2020622722: заявл. 18.12.2020: опубл. 29.12.2020 / А.А. Дударев, А.В. Дождиков; заявитель ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья».

<sup>3</sup> Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022620237 Российская Федерация. Жилищно-коммунальное хозяйство и социальная инфраструктура в Ненецком автономном округе за 2000–2019 годы: № 2022620070: заявл. 13.01.2022: опубл. 26.01.2022 / А.В. Дождиков, А.А. Дударев; заявитель ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья».

**Таблица 1.** Компоненты, использованные для расчётов инфраструктурных индексов для каждого сельского населённого пункта Ненецкого АО

**Table 1.** Components used to calculate the infrastructure indices for each rural settlement in the Nenets Autonomous Okrug

Компоненты Components	Обозначение Designation	Разбивка Differentiation	Баллы Scores
<b>Социально-бытовая инфраструктура   Socio-household infrastructure</b>			
Теплоснабжение (система отопления) Heat supply (heating system)	$X_1$	Социально-значимые объекты и многоквартирные дома Socially significant objects and apartment buildings	2
		Индивидуальное отопление Individual heating	0
Топливо котельных Boiler fuel type	$X_2$	Газ или солярка   Gas or diesel	2
		Уголь   Coal	0
Водоснабжение Water supply	$X_3$	Децентрализованное   Decentralized	3
		Не организовано   Not organized	0
Водоподготовка Water pretreatment	$X_4$	Наличие   Available	2
		Отсутствие   Unavailable	0
Качество питьевой воды Drinking water quality	$X_5$	Соответствует гигиеническим нормативам Complies with hygienic standards	3
		Не соответствует гигиеническим нормативам Does not meet hygienic standards	0
Магазины Shops	$X_6$	Больше одного   Two or more	2
		Один   One	0
Столовые Canteens	$X_7$	Наличие   Availability	1
		Отсутствие   Lack	0
Бани Bathhouses	$X_8$	Наличие   Availability	1
		Отсутствие   Lack	0
<b>Социально-культурная инфраструктура   Socio-cultural infrastructure</b>			
Здравоохранение (вид учреждения) Healthcare (type of institution)	$Y_1$	Участковая больница   Local hospital	4
		Амбулатория   Outpatient clinic	3
		Здравпункт   First-aid posts	2
Спортивные объекты Indoor sport facilities	$Y_2$	Спорткомплекс   Sports complex	3
		Школьный спортзал   School gym	1
		Отсутствие   Lack	0
Детские сады Kindergartens	$Y_3$	Наличие   Availability	1
		Отсутствие   Lack	0
Школы Schools	$Y_4$	Наличие   Availability	1
		Отсутствие   Lack	0
Дома культуры "Houses of culture"	$Y_5$	Наличие   Available	1
		Отсутствие   Unavailable	0

внешних причин смертности (суициды, утопления, замерзания, убийства, отравления алкоголем и транспортные несчастные случаи) с вычислением 95% доверительных интервалов (95% ДИ).

## Методы статистической обработки данных

При расчётах стандартизованных показателей смертности использовали прямой метод стандартизации. Для общей смертности, смертности от болезней системы кровообращения и внешних причин в качестве стандарта

**Таблица 2.** Параметры тертилей, сформированных из 40 селений Ненецкого АО**Table 2.** Parameters of tertiles formed from 40 Nenets Autonomous Okrug villages

Тертиль Tertile	Условия проживания Living conditions	Величины интегрального индекса условий проживания Integral index of living conditions	Кол-во селений Number of settlements	Численность населения, чел. Population number
Верхний   Highest	Благоприятные   Favorable	20–22	6	4844
Средний   Middle	Удовлетворительные   Satisfactory	13–19	9	4727
Нижний   Lowest	Неблагоприятные   Unfavorable	2–12	25	4318

возрастной структуры населения применяли Европейский стандарт 1976 г. [7], используемый Росстатом при расчётах показателей смертности в субъектах Российской Федерации и в целом по стране, а для смертности от злокачественных новообразований — мировой стандарт Segi-Doll 1966 г. [8, 9], используемый популяционным «Канцер-регистром» Российской Федерации при Московском НИИ онкологии им. П.А. Герцена, а также Международным агентством по изучению рака.

Нормальность распределения показателей смертности оценивали по критерию Шапиро–Уилка и квантильным диаграммам.

Для выявления статистически значимых различий при сравнении многолетних усреднённых показателей смертности в двух сравниваемых группах населения применяли критерий Манна–Уитни; критический уровень статистической значимости ( $p$ ) принимали равным 0,05.

Для выявления статистически значимых различий при сравнении среднегодовых уровней смертности в трёх и более сравниваемых группах использовали критерий Краскела–Уоллиса. Критический уровень статистической значимости  $p$  (с поправкой Бонферрони) принимали равным 0,008 при сравнении четырёх групп. Последующие апостериорные попарные сравнения проводили с использованием критерия Манна–Уитни.

Относительный эпидемиологический риск рассчитывали как отношение показателя смертности в каждом из тертилей к соответствующему показателю в фоновой (контрольной) совокупности, которой в данном исследовании является городское население Ненецкого АО.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием программы MS Excel 2021 и пакетов прикладных программ IBM SPSS Statistics (version 26).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Общая смертность и основные причины смертности

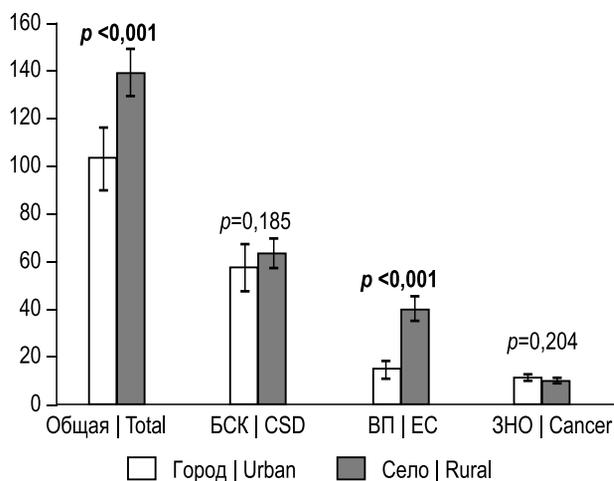
Показатели общей смертности и смертности от основных причин городского и совокупного сельского населения Ненецкого АО (в сравнении) представлены на рис. 1.

Превышения среднегодовых уровней смертности сельского населения над соответствующими уровнями

смертности городского населения Ненецкого АО составили по общей смертности — 35% ( $p < 0,001$ ; различия значимы), по смертности от болезней системы кровообращения — 11% ( $p = 0,185$ ), по смертности от внешних причин — 165% ( $p < 0,001$ ), при этом уровень смертности сельского населения от злокачественных новообразований на 11% ( $p = 0,204$ ) ниже такового среди городского населения округа (см. рис. 1). Очевидно, что именно внешние причины вносят основной вклад в 35% превышение среднегодового уровня общей смертности сельского населения Ненецкого АО в сравнении с городским.

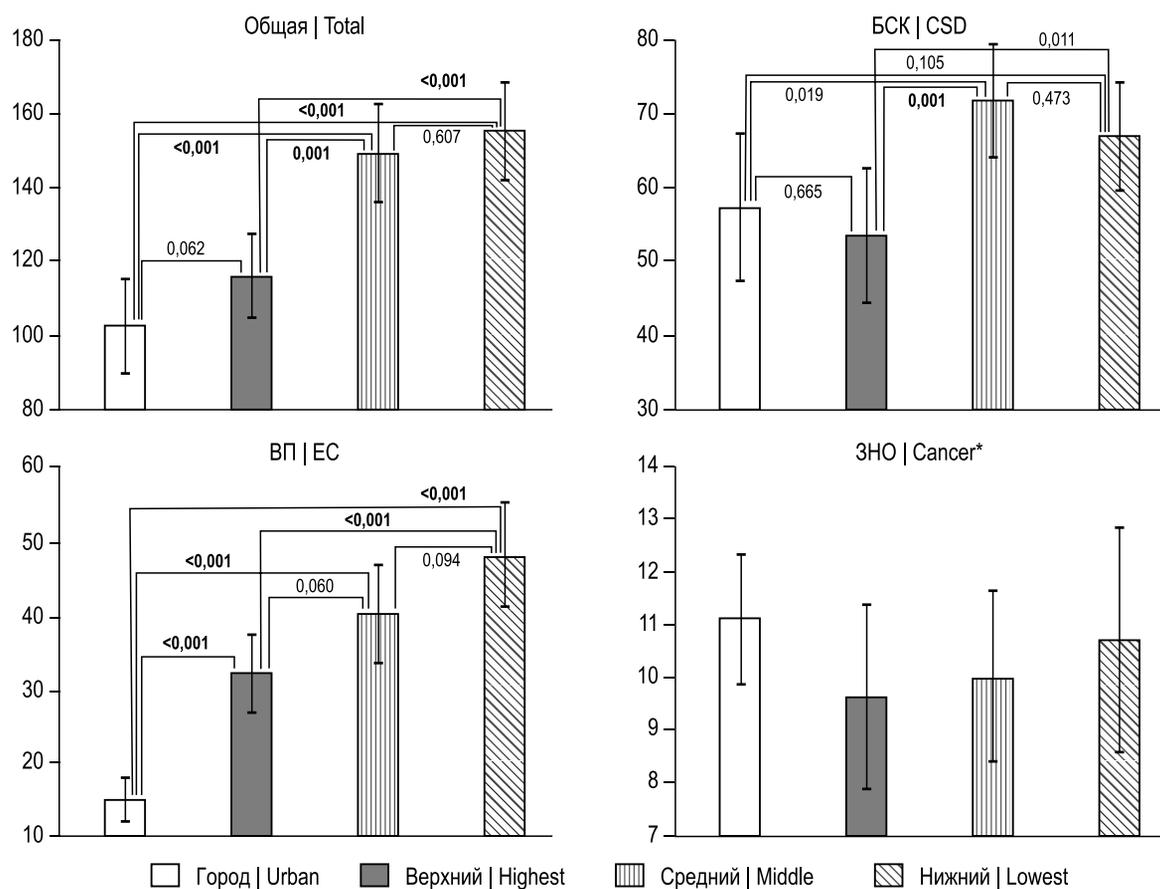
Показатели общей смертности и смертности от основных причин городского населения Ненецкого АО в сравнении с сельским населением, разделённым на тертили, представлены на рис. 2 с указанием значимости различий в сравниваемых совокупностях.

Среднегодовые стандартизованные показатели *общей смертности* возрастают в последовательности «город — верхний тертиль — средний тертиль — нижний



**Рис. 1.** Среднегодовые (2000–2019 гг.) стандартизованные по возрасту показатели общей смертности, смертности от болезней системы кровообращения (БСК), внешних причин (ВП) и злокачественных новообразований (ЗНО) на 10 тыс. городского и сельского населения Ненецкого АО с обозначением 95% ДИ и уровней значимости различий  $p$ .

**Fig. 1.** Average annual (2000–2019) age-standardized rates of total mortality, mortality from circulatory system diseases (CSD), external causes (EC) and cancer, per 10 thousand of the urban and rural Nenets Autonomous Okrug population with the designation of 95% CI and  $p$ -value.



**Рис. 2.** Среднегодовые (2000–2019 гг.) стандартизованные по возрасту показатели общей смертности, от болезней системы кровообращения (БСК), внешних причин (ВП) и злокачественных новообразований (ЗНО) на 10 тыс. городского населения в сравнении с сельским населением Ненецкого АО, разделенным на тертили (верхний, средний, нижний), с обозначением 95% ДИ и уровней значимости различий ( $p$ ) сравниваемых показателей смертности в совокупностях; \* отсутствует значимость различий в сравниваемых совокупностях, так как уровень значимости критерия Краскела–Уоллиса превышает 0,05.

**Fig. 2.** Average annual (2000–2019) age-standardized rates of total mortality, mortality from circulatory system diseases (CSD), external causes (EC) and cancer, per 10 thousand of the urban population compared to rural Nenets Autonomous Okrug population divided into tertiles (highest, middle and lowest), with the designation of 95% CI and  $p$ -values for the compared mortality rates in the populations; \* differences between the compared populations are statistically insignificant, since the Kruskal–Wallis test level exceeds 0.05.

тертиль», то есть по мере ухудшения условий проживания (по мере снижения ИИУП). Уровни смертности во всех трёх тертилях превышают городской уровень: в среднем и нижнем тертилях в 1,5 раза (различия значимы;  $p < 0,001$ ), в верхнем — на 13% (различия незначимы). Важным является факт выявления статистически значимых различий уровней общей смертности (33,5%) между верхним (благоприятные условия проживания) и нижним (неблагоприятные условия проживания) терцилями ( $p < 0,001$ ).

Показатели смертности от болезней системы кровообращения в среднем и нижнем тертилях выше городского уровня на 25 и 17% соответственно, в то время как в верхнем тертиле уровень смертности несколько ниже городского. Статистически значимых различий уровней смертности от болезней системы кровообращения в тертилях при попарном сравнении с городом не выявлено ( $p > 0,008$ ). Уровень смертности от болезней системы кровообращения в верхнем тертиле в 1,3 раза ниже,

чем в среднем (различия значимы;  $p = 0,001$ ), и в 1,25 раза ниже, чем в нижнем (различия незначимы).

Аналогично ситуации с общей смертностью показатели смертности от внешних причин демонстрируют обратную зависимость между качеством условий проживания и уровнями смертности. С ухудшением условий проживания (от верхнего тертиля к нижнему) ступенчато возрастает смертность от внешних причин. Среднегодовые уровни смертности от внешних причин в верхнем, среднем и нижнем тертилях в 2–3 раза превышают городской уровень (различия значимы;  $p < 0,001$ ). Важно подчеркнуть, что уровень смертности от внешних причин в верхнем тертиле (благоприятные условия проживания) в 1,5 раза ниже (различия значимы;  $p = 0,001$ ) в сравнении с нижним тертилем (низкое качество условий проживания).

Показатели смертности от злокачественных новообразований городского населения Ненецкого АО на 4–16% превышают уровни в тертилях. Статистически значимых различий уровней смертности

от злокачественных новообразований при сравнении тертилей между собой и с городом не выявлено; уровни значимости критерия Краскела–Уоллиса превышают 0,05. Уровень смертности от злокачественных новообразований в верхнем тертиле на 11% ниже, чем в нижнем тертиле.

### Сравнительный анализ относительного эпидемиологического риска общей смертности и смертности от основных причин в тертилях

Для каждого тертиля на основе среднегодовых стандартизованных показателей смертности рассчитали относительные эпидемиологические риски (по отношению к городскому населению Ненецкого АО) общей смертности и смертности от основных причин: болезней системы кровообращения, внешних причин и злокачественных новообразований (табл. 3).

Все рассчитанные относительные эпидемиологические риски (общей смертности, смертности от болезней системы кровообращения, внешних причин и злокачественных новообразований) возрастают от верхнего тертиля к нижнему, то есть от благоприятных условий проживания к неблагоприятным. По общей смертности повышенный относительный риск (1,5 и больше) отмечается в среднем и нижнем тертилях. Относительный риск смертности от болезней системы кровообращения в среднем и нижнем тертилях не достигает 1,5, что позволяет расценивать такие величины риска как незначительно повышенные. По внешним причинам смертности высокий относительный риск (2–3) наблюдается в верхнем и среднем тертилях, максимальный риск (больше 3,5) — в нижнем тертиле. Относительный риск смертности от злокачественных новообразований во всех тертилях близок к 1, при этом нижние границы ДИ не достигают 1, что свидетельствует об отсутствии повышенного риска.

Таким образом, неблагоприятные условия проживания сельского населения Ненецкого АО, соответствующие нижнему тертилю, ассоциированы с наиболее высокими показателями общей смертности и смертности от внешних причин, наиболее высокими значениями относительного риска общей смертности и максимальными значениями относительного риска смертности от внешних причин.

**Таблица 3.** Значения относительных эпидемиологических рисков общей смертности и смертности от основных причин, рассчитанные для каждого тертиля (с указанием 95% ДИ)

**Table 3.** Values of relative epidemiological risks of total mortality and mortality from major causes, calculated for each tertile (with 95% CI)

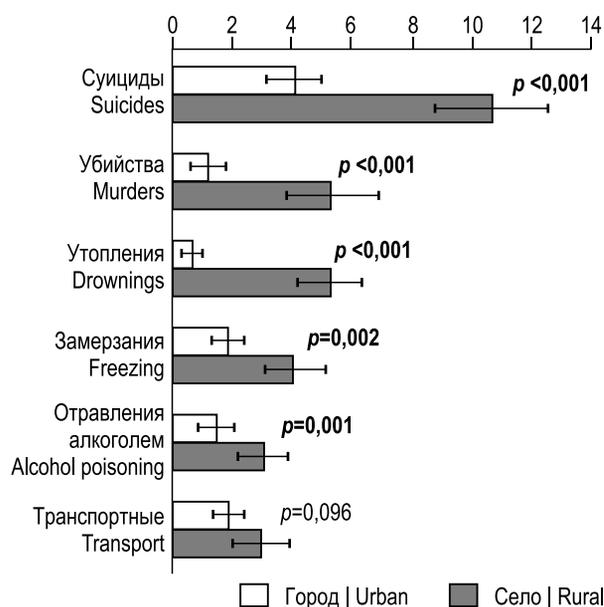
Тертиль Tertiles	Общая смертность Total mortality	Смертность от болезней системы кровообращения Mortality from circulatory system diseases	Смертность от внешних причин Mortality from external causes	Смертность от злокачественных новообразований Mortality from cancer
Верхний   Highest	1,17 (1,05–1,30)	0,98 (0,83–1,14)	2,29 (1,92–2,66)	0,93 (0,74–1,12)
Средний   Middle	1,49 (1,38–1,61)	1,36 (1,18–1,54)	2,83 (2,40–3,26)	0,92 (0,77–1,07)
Нижний   Lowest	1,57 (1,41–1,70)	1,26 (1,09–1,43)	3,51 (2,91–4,11)	1,01 (0,78–1,24)

### Внешние причины смертности

Предыдущий раздел продемонстрировал, что различия в структуре общей смертности сельского и городского населения Ненецкого АО обусловлены, прежде всего, внешними причинами смертности, уровни и относительные риски которых среди сельского населения, особенно в нижнем тертиле, наиболее высоки. В данном разделе с использованием описанной выше методики проанализировали основные структурные компоненты внешних причин смертности (суициды, утопления, замерзания, убийства, отравления алкоголем и транспортные несчастные случаи).

Показатели отдельных внешних причин смертности городского и сельского населения Ненецкого АО представлены на рис. 3.

Превышения среднегодовых показателей отдельных внешних причин смертности сельского населения

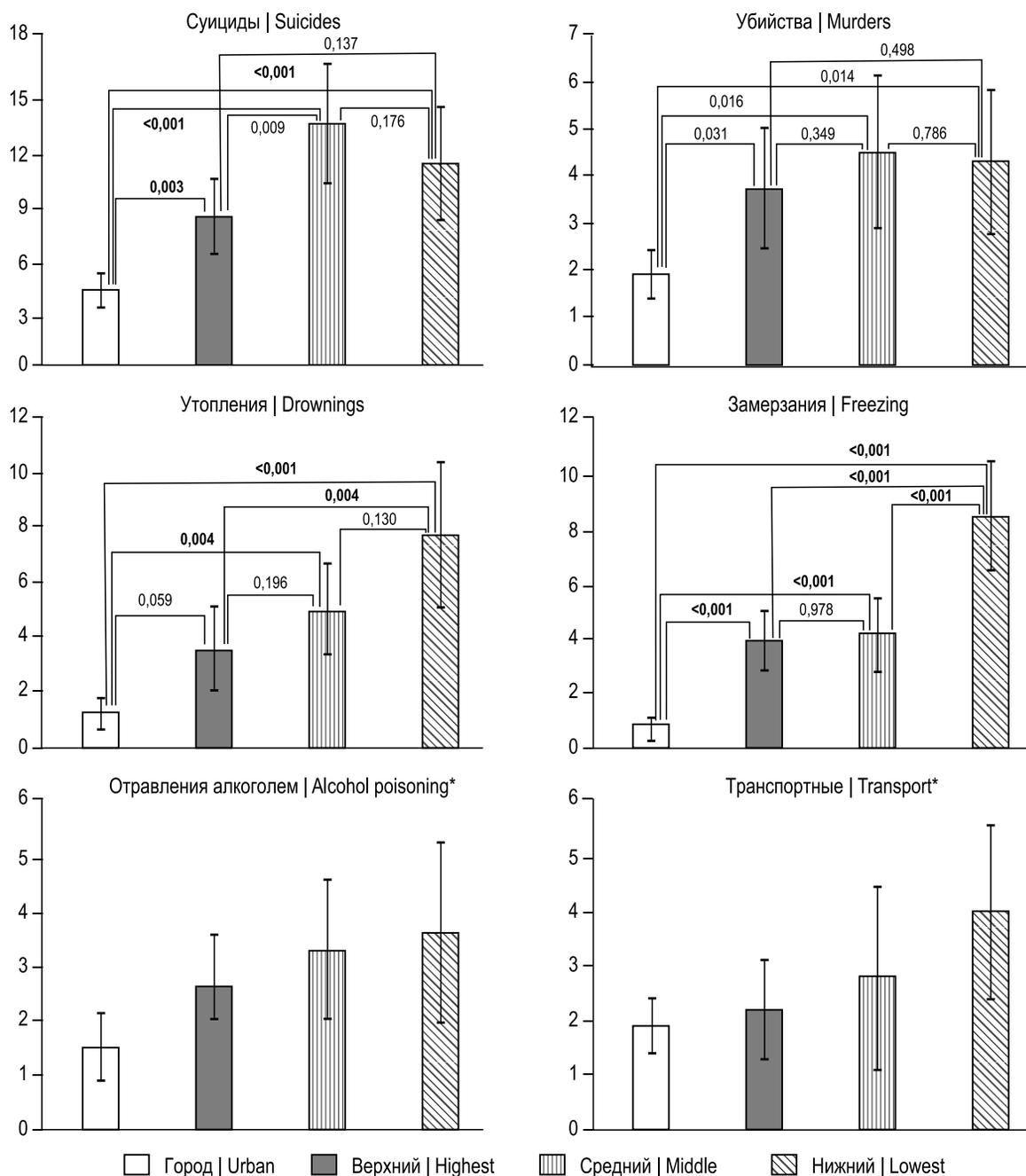


**Рис. 3.** Среднегодовые (2000–2019 гг.) стандартизованные показатели смертности от отдельных внешних причин на 10 тыс. городского и сельского населения Ненецкого АО с обозначением 95% ДИ и уровней значимости различий *p*.

**Fig. 3.** Average annual (2000–2019) age-standardized rates of mortality from selected external causes, per 10 thousand of the urban and rural Nenets Autonomous Okrug populations with the designation of 95% CI and *p*-values.

над соответствующими уровнями смертности городского населения Ненецкого АО составили по суицидам 2,6 крат, по утоплениям — 4,4 крат, по замерзаниям — 7,6 крат, по убийствам — 2,2 крат, по отравлениям алкоголем — 2,1 крат, по транспортным несчастным случаям — 1,6 крат. Все «сельские» показатели статистически значимо превышают «городские», за исключением транспортных аварий.

Таким образом, следует констатировать, что наибольший вклад во внешние причины смертности сельского населения Ненецкого АО вносят суициды, утопления и замерзания, уровни которых многократно превышают соответствующие показатели для городского населения округа. Показатели по убийствам, смертельным алкогольным отравлениям и транспортным происшествиям на селе также превышают городские уровни, однако величины



**Рис. 4.** Среднегодовые (2000–2019) стандартизованные показатели смертности от отдельных внешних причин на 10 тыс. городского населения в сравнении с сельским населением Ненецкого АО, разделённым на тертили (верхний, средний, нижний), с обозначением 95% ДИ и уровней значимости различий ( $p$ ) сравниваемых показателей смертности в совокупностях; \* отсутствует значимость различий в сравниваемых совокупностях, так как уровни значимости критерия Краскела–Уоллиса превышают 0,05.

**Fig. 4.** Average annual (2000–2019) age-standardized rates of mortality from external causes, per 10 thousand of the urban population compared to the rural Nenets Autonomous Okrug population divided into tertiles (highest, middle and lowest), with the designation of 95% CI and  $p$ -values for the compared mortality rates in the populations; \* differences between the compared populations are statistically insignificant, since the Kruskal–Wallis test level exceeds 0.05.

различий «город-село» по этим причинам смертности ниже (от 1,6 до 2,2 крат).

Показатели смертности от отдельных внешних причин городского населения Ненецкого АО в сравнении с сельским населением, разделённым на тертили, представлены на рис. 4 с указанием значимости различий в сравниваемых совокупностях.

Сравнительный анализ показателей смертности от отдельных внешних причин городского и сельского населения Ненецкого АО, разделённого на тертили, выявил схожую ситуацию в следующих парах: суициды и убийства, утопления и замерзания, отравления алкоголем и транспортные несчастные случаи.

Показатели смертности от суицидов и убийств существенно возрастают от города до среднего тертила, но к нижнему тертилю несколько снижаются. Уровни смертности во всех трёх тертилях превышают городской уровень в 2–3 раза; при этом различия значимы по суицидам и незначимы по убийствам. Между тертилями значимые различия уровней смертности от суицидов и убийств отсутствуют.

Показатели смертности от утоплений и замерзаний поступательно возрастают в последовательности «город — верхний тертиль — средний тертиль — нижний тертиль», то есть по мере ухудшения условий проживания. Значимые различия уровней смертности во всех тертилях при сравнении с городом выявлены как по замерзаниям, так и по утоплениям (кроме верхнего тертила). Важно отметить, что уровни смертности от утоплений и замерзаний в верхнем тертиле (благоприятные условия проживания) в 2,2 раза ниже (различия значимы) в сравнении с нижним тертилем (неблагоприятные условия проживания).

Показатели смертности от отравлений алкоголем и транспортных несчастных случаев тоже ступенчато возрастают в последовательности «город — верхний тертиль — средний тертиль — нижний тертиль» и достигают в нижнем тертиле двукратного превышения городского уровня («город — нижний тертиль»), однако статистически значимых различий уровней смертности от отравлений алкоголем и транспортных несчастных случаев при сравнении тертилей между собой и с городом не выявлено.

Для каждого тертила на основе среднегодовых стандартизованных показателей смертности рассчитаны относительные эпидемиологические риски (по отношению к городскому населению Ненецкого АО) смертности от отдельных внешних причин (табл. 4).

Все рассчитанные относительные эпидемиологические риски смертности от отдельных внешних причин (суициды, убийства, утопления, замерзания, отравления алкоголем и транспортные несчастные случаи) возрастают от верхнего тертила к нижнему, то есть от благоприятных условий проживания к неблагоприятным. За исключением суицидов, риски смертности по отдельным внешним причинам достигают наибольших значений в нижнем тертиле, максимальные значения рисков регистрируются по утоплениям (9) и замерзаниям (15). Относительные риски смертности от отравлений алкоголем в нижнем тертиле и от транспортных несчастных случаев в верхнем и среднем тертилях незначимы, так как нижние границы ДИ не достигают 1.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Множество исследований свидетельствуют о том, что злоупотребление алкоголем является главной причиной преждевременной смерти и непосредственным триггером внешних причин смерти на Крайнем Севере [1]. В этом разделе мы кратко обсудим, каким образом отдельные внешние причины смертности, рассмотренные в предыдущем разделе, могут быть связаны с употреблением алкоголя.

В исследовании, проведённом по материалам судебно-медицинской экспертизы 2011–2012 гг. в Архангельске, этанол в крови умерших был обнаружен у каждого четвертого, независимо от причины смерти. При этом практически в каждом втором случае смерти от внешних причин этанол в крови умерших был выявлен в тяжёлой (3,0–5,0 ‰) или смертельной (более 5,0 ‰) концентрации [10].

Очевидно, что алкогольное опьянение понижает страх, но повышает агрессивность и конфликтность, что приводит к плохо контролируемым действиям при обращении

**Таблица 4.** Значения относительных эпидемиологических рисков смертности от отдельных внешних причин, рассчитанные для каждого тертила (с указанием 95% ДИ)

**Table 4.** Values of relative epidemiological risks of mortality from individual external causes, calculated for each tertile (indicating 95% CI)

Тертили Tertiles	Суициды Suicides	Убийства Murders	Утопления Drownings	Замерзания Freezing	Отравления алкоголем Alcohol poisoning	Транспортные несчастные случаи Transport accidents
Верхний Highest	2,55 (1,53–3,56)	2,17 (1,18–3,17)	3,46 (1,88–5,05)	7,87 (3,44–12,31)	2,75 (1,18–4,31)	0,94 (0,59–1,29)
Средний Middle	3,81 (2,72–4,90)	2,74 (1,74–3,75)	5,07 (2,41–7,72)	6,86 (3,65–10,07)	4,57 (1,59–7,56)	2,19 (0,35–4,03)
Нижний Lowest	3,30 (2,16–4,45)	3,13 (1,60–4,65)	9,00 (4,75–13,25)	15,00 (6,63–23,37)	4,98 (0,00–10,63)	2,52 (1,57–3,46)

с огнем, оружием (нередко заканчивающимся непреднамеренными или намеренными ранениями и убийствами), при управлении транспортными средствами на суше и воде. Здесь важно напомнить, что в сельской местности Ненецкого АО дороги отсутствуют, местное население, активно занимающееся охотой и рыбалкой (зачастую в сочетании с приёмом алкоголя), использует в качестве средств передвижения по бездорожью моторную технику повышенной травмоопасности (квадроциклы, снегоходы, болотоходы, мотовездеходы и др.), а по арктическим рекам и озерам, где температура воды даже летом близка к нулю, — небезопасные маломерные лодки и катера.

Известно, что хроническое злоупотребление алкоголем часто приводит к депрессивным состояниям, которые нередко формируют суицидальное поведение. На материалах аутопсий было показано, что алкоголь присутствовал в крови 74% мужчин и 83% женщин (среди ненцев: 78% мужчин и 92% женщин), погибших в результате суицида в Ненецком АО в 2002–2012 гг., что значительно превышало соответствующие показатели по Архангельской области (59% мужчин и 47% женщин) за тот же период [11].

В контексте вышесказанного отдельно взятая внешняя причина смерти «отравление алкоголем» (Х45 по МКБ-10) является, по сути, лишь вершиной айсберга, то есть малой долей значительного числа случаев смерти, непосредственно или косвенно связанных с употреблением алкоголя.

Возникает вопрос, можем ли мы определить, опираясь на общедоступные статистические данные, какие доли величин показателей смертности от отдельных причин составляет алкогольная компонента? Ответ — нет, не можем по целому ряду причин. Существенные недостатки существующей в Российской Федерации практики диагностики и учёта смертности населения от причин, связанных со злоупотреблением алкоголем, отмечены во множестве публикаций [10, 12–15]: небольшая доля проводимых вскрытий умерших (патологоанатомических исследований) с тенденцией к дальнейшему снижению; анализ на алкоголь не является обязательным при проведении аутопсии; низкое качество посмертной диагностики висцеральных проявлений алкогольной болезни; низкая достоверность первичной медицинской документации; преднамеренные и непреднамеренные ошибки (сокрытие либо потери) учёта случаев алкоголь-атрибутивной смертности (ААС); постановка «алкогольных» диагнозов осуществляется «в последнюю очередь» (при отсутствии других вариантов); отсутствие единого национального стандарта учёта ААС.

Из вышеизложенного следует, что актуальность проблемы избыточной ААС обусловлена отсутствием данных о её реальном масштабе и структуре. Особенно важным является её следствие — искажение характеристик групп риска избыточной ААС, что, в свою очередь, не позволяет разрабатывать эффективные профилактические программы [10].

В исследовании, посвящённом определению источников и причин недоучёта потерь российского населения, обусловленных алкоголем, приводится следующая аргументация: «источник возможных статистических манипуляций очевиден: алкогольные потери относятся к социально значимым и сопровождаются постоянным мониторингом и контролем. Так, если смерть наступила в результате транспортного происшествия, а концентрация алкоголя в крови погибшего превышала 5‰ (заведомо летальная доза), то в медицинском свидетельстве о смерти в качестве причины будет указано транспортное происшествие, а не алкогольное отравление, и в официальной статистике алкогольная этиология этой смерти отражена не будет. В результате можно констатировать, что картина структуры смертности в целом по России и на региональных уровнях существенно искажается за счёт недоучёта алкогольных потерь» [13].

Таким образом, применительно к настоящему исследованию оценка смертности сельского населения Ненецкого АО от внешних причин, связанных с употреблением алкоголя, по уровню смертности от «алкогольных отравлений», будет неполной; очевидно, что совокупные потери, обусловленные алкоголем, будут заведомо выше за счёт недоучёта «алкогольных» суицидов, убийств, утоплений, замерзаний, транспортных несчастных случаев и других внешних причин (включая «пропавших без вести», «ушедших в тундру» и т.д.).

Необходимо отметить, что настоящее исследование, проведённое нами с использованием сформированной базы данных смертности населения Ненецкого АО, оперирует исключительно материалами свидетельств о смерти отдела ЗАГС, которые не содержат информации о патологоанатомических исследованиях на алкоголь (даже если таковые проводились), в силу чего мы не имеем возможности анализировать «алкогольные потери» от каких-либо причин смерти, кроме «алкогольных отравлений», установление диагноза которых, вероятно, было произведено на основании выполненных исследований на алкоголь.

Важно подчеркнуть, что последнее обстоятельство позволяет нам использовать смертность от «алкогольных отравлений» как единственный общедоступный (и подтвержденный результатами анализов) инструмент оценки и сопоставления показателей смертности, ассоциированной с алкоголем, в популяциях и выделенных совокупностях населения. Анализ смертности от «алкогольных отравлений» в Ненецком АО с использованием разработанной балльной системы оценки условий проживания и разделением сельских населённых пунктов округа на тертили наглядно продемонстрировал ступенчатое (хотя статистически незначимое) возрастание показателей смертности в последовательности «город — верхний тертиль — средний тертиль — нижний тертиль», где показатели смертности в неблагоприятных условиях проживания (нижний тертиль) на 38% превышают показатели

смертности в благоприятных условиях проживания (верхний тертиль) и на 140% (в 2,4 раза) — показатели в городе (см. рис. 4).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование на основе сформированных баз данных «Случаи смерти в Ненецком АО за 2000–2019 годы» и «Жилищно-коммунальное хозяйство и социальная инфраструктура в Ненецком АО за 2000–2019 годы» с использованием разработанной балльной системы оценки условий проживания, позволяющей ранжировать (разделить на тертили) сельские населённые пункты Ненецкого АО по величине инфраструктурных индексов и ИИУП, продемонстрировало следующее:

- среднегодовой стандартизованный показатель общей смертности сельского населения Ненецкого АО на треть превышает уровень смертности городского населения, в основном за счет 1,5-кратного превышения «сельского» показателя смертности от внешних причин над «городским» уровнем (различия статистически значимы);
- показатели общей смертности населения Ненецкого АО возрастают в последовательности «город — верхний тертиль — средний тертиль — нижний тертиль», то есть по мере ухудшения условий проживания (по мере снижения ИИУП); выявлены статистически значимые различия уровней общей смертности между верхним (благоприятные условия проживания) и нижним (неблагоприятные условия проживания) тертилями;
- показатели смертности от внешних причин ступенчато возрастают с ухудшением условий проживания; различия уровней смертности от внешних причин между городом и тертилями, а также между верхним и нижним тертилями статистически значимы;
- относительные эпидемиологические риски общей смертности и смертности от внешних причин значимо возрастают от верхнего тертиля к нижнему, то есть от благоприятных условий проживания к неблагоприятным; относительные риски смертности от внешних причин достигают максимальной величины в нижнем тертиле;
- превышения среднегодовых показателей отдельных внешних причин смертности сельского населения над соответствующими уровнями смертности городского населения Ненецкого АО составили по суицидам 2,6 крат, по утоплениям — 4,4 крат, по замерзаниям — 7,6 крат, по убийствам — 2,2 крат, по отравлениям алкоголем — 2,1 крат, по транспортным несчастным случаям — 1,6 крат. Все «сельские» показатели статистически значимо превышают «городские», за исключением транспортных аварий;

- по утоплениям и замерзаниям получены статистически значимые различия уровней смертности при благоприятных условиях проживания в сравнении с неблагоприятными (в верхнем тертиле показатели в 2,2 раза ниже);
- показатели смертности от отравлений алкоголем и транспортных несчастных случаев ступенчато, но статистически незначимо, возрастают по мере ухудшения условий проживания и достигают в нижнем тертиле двукратного превышения городского уровня;
- относительные эпидемиологические риски смертности от отдельных внешних причин (суициды, убийства, утопления, замерзания, отравления алкоголем и транспортные несчастные случаи) возрастают от верхнего тертиля к нижнему; за исключением суицидов, риски смертности по отдельным внешним причинам достигают наибольших значений в нижнем тертиле; максимальные значения рисков регистрируются по утоплениям и замерзаниям;
- рассмотрены недостатки существующей в Российской Федерации практики диагностики и учета ААС, прежде всего смертности от отдельных внешних причин, связанных со злоупотреблением алкоголем в АЗРФ.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Благодарность.** Авторы выражают искреннюю благодарность за помощь в сборе и верификации первичных данных И.В. Антупьевой и Е.И. Сигаревой (отдел медицинской статистики Ненецкой окружной больницы), С.И. Бакиной (медицинский информационно-аналитический отдел Ненецкого АО).

**Вклад авторов.** А.А. Дударев — разработка идеи, концепции и дизайна, анализ научной литературы, статистическая обработка данных, подготовка первичной и итоговой версий статьи; А.В. Дождиков — анализ научной литературы, статистическая обработка данных, подготовка первичной и итоговой версий статьи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (оба автора внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Финансирование.** Статья подготовлена по итогам выполнения в Федеральном бюджетном учреждении науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» в 2021–2023 гг. темы НИР «Оценка связи условий проживания и социальных факторов среды обитания населения с пространственно-временным распределением медико-демографических показателей (на примере Ненецкого АО)» в рамках п. 1.2.1 Отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2021–2025 гг. «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровью и повышения качества жизни населения России».

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

## ADDITIONAL INFORMATION

**Acknowledgments.** The authors express their sincere gratitude to I.V. Antufieva, E.I. Sigareva from the Department of medical statistics of the Nenets okrug hospital and to S.I. Bakina from the Nenets Autonomous Okrug medical information-analytical department) for their assistance in collecting and verifying primary data.

**Author contribution.** A.A. Dudarev — development of the idea, concept and design, scientific literature review, statistical data processing, preparation of the primary and final versions of the article; A.V. Dozhdikov — scientific literature review, statistical data processing, preparation of the primary and final versions of the article. Both authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (both authors have made a significant

contribution to the research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

**Funding source.** The article was prepared based on the results of the implementation in the Northwest Public Health Research Center in 2021–2023 the research term “Assessment of the impact of living conditions and social factors of the habitat on the spatio-temporal distribution of medico-demographic indicators (on example of the Nenets autonomous okrug)” within the framework of the item 1.2.1 of the Rospotrebnadzor research program for 2021–2025 “Scientific grounding for the national system for provision of sanitary-epidemiological well-being, health risks management and improving life quality of the population of the Russian Federation”.

**Competing interests.** The authors declare no conflicts of interests.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дударев А.А., Дождиков А.В. Таргетированный подход к оценке влияния условий проживания и социальных факторов среды обитания на медико-демографический статус сельских территорий Арктической зоны Российской Федерации // *Экология человека*. 2023. Т. 30, № 8. С. 639–653. EDN: DAGESO doi: 10.17816/humeco596456
2. Dudarev A.A., Dozhdikov A.V. Comparative analysis of living conditions and environmental factors related to the population demography, well-being and health in urban and rural areas of Nenets autonomous okrug (Arctic Russia): 2000–2019 // *Arctic Yearbook*. 2022. Available from: [https://arcticyearbook.com/images/yearbook/2022/Scholarly-Papers/8A\\_AY2022\\_Dudarev\\_Dozhdikov.pdf](https://arcticyearbook.com/images/yearbook/2022/Scholarly-Papers/8A_AY2022_Dudarev_Dozhdikov.pdf)
3. Дударев А.А., Дождиков А.В. Сравнительный анализ медико-демографических показателей среди городского и сельского населения применительно к оценке рисков здоровью и воспроизводства населения Ненецкого автономного округа // *Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2021. Т. 16, № 3. С. 891–905. EDN: AJUIFW
4. Дударев А.А., Дождиков А.В. Сравнительный анализ условий проживания и факторов среды обитания городского и сельского населения применительно к оценке санитарно-эпидемиологического благополучия жителей Ненецкого АО // *Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2021. Т. 16, № 1. С. 172–188. EDN: DRWWVM
5. Дударев А.А., Дождиков А.В. Пространственно-временное распределение показателей смертности населения Ненецкого АО в период 2000–2019: анализ базы данных, сформированной в разрезе отдельных населенных пунктов // *Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2022. Т. 17, № 3. С. 1072–1084. EDN: AEJMV
6. Дождиков А.В., Дударев А.А. Структура и динамика стандартизованных показателей смертности населения Ненецкого АО в сравнении с некоторыми регионами Арктической зоны РФ в период 2002–2019 (по данным официальной статистики) // *Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2022. Т. 17, № 3. С. 1063–1071. EDN: QGKDTM
7. Waterhouse J., Muir C.S., Correa P., et al. *Cancer Incidence in Five Continents*. Vol III. IARC Scientific Publication No. 15. 1976.
8. Segi M., Kurihara M. *Trends in Cancer Mortality for Selected Sites in 24 Countries (1950–59)*. Tohoku University School of Public Health, 1963.
9. Doll R., Payne P., Waterhouse J. *Cancer Incidence in Five Continents: A Technical Report*. Berlin: Springer-Verlag, 1966.
10. Соловьев А.Г., Вязьмин А.М., Мордовский Э.А. Избыточная алкоголь-атрибутивная смертность в г. Архангельске и индикаторы её неполного учёта (на примере анализа учетной медицинской документации) // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2013. № 3. С. 14–19. EDN: RSHSLX doi: 10.25016/2541-7487-2013-0-3-14-19
11. Sumarokov Yu.A., Brenn T., Kudryavtsev A.V., et al. Alcohol and suicide in the Nenets Autonomous Okrug and Arkhangelsk Oblast, Russia // *International Journal of Circumpolar Health*. 2016. Vol. 75. P. 30965. doi: 10.3402/ijch.v75.30965
12. Богданов С.В. Смертность сельского населения Российской Федерации от внешних причин в 1990–2010 гг.: тенденции, особенности, проблемы оценки реальных масштабов // *Вестник Московского университета. Серия 18: Социология и политология*. 2013. № 2. С. 124–134. EDN: QGSXXN
13. Семенова В.Г., Сабгайда Т.П., Михайлов А.Ю., и др. Смертность населения России от причин алкогольной этиологии в 2000-е годы // *Социальные аспекты здоровья населения*. 2018. № 1. С. 3. EDN: YTCUSN doi: 10.21045/2071-5021-2018-59-1-3
14. Мордовский Э.А. Когортные и половозрастные особенности алкоголь-атрибутивной смертности населения приарктических регионов европейского севера России в 2006–2015 гг. // *Социальные аспекты здоровья населения*. 2017. № 6. С. 3. EDN: YLXGCE doi: 10.21045/2071-5021-2017-58-6-3
15. Соловьев А.Г., Вязьмин А.М., Мордовский Э.А. Методологические подходы к учету алкоголь-атрибутивной смертности в России и за рубежом // *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии*. 2012. Т. 10, № 4. С. 30–41. EDN: QZKXTB

## REFERENCES

1. Dudarev AA, Dozhdikov AV. Targeted approach to assessing the impact of living conditions and social factors of the habitat on the medico-demographic status of rural territories in the Arctic zone of the Russian Federation. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(8):639–653. EDN: DAGESO  
doi: 10.17816/humeco596456
2. Dudarev AA, Dozhdikov AV. Comparative analysis of living conditions and environmental factors related to the population demography, well-being and health in urban and rural areas of Nenets autonomous okrug (Arctic Russia): 2000–2019. *Arctic Yearbook*. 2022. Available from: [https://arcticyearbook.com/images/yearbook/2022/Scholarly-Papers/8A\\_AY2022\\_Dudarev\\_Dozhdikov.pdf](https://arcticyearbook.com/images/yearbook/2022/Scholarly-Papers/8A_AY2022_Dudarev_Dozhdikov.pdf)
3. Dudarev AA, Dozhdikov AV. Comparative analysis of health and demographic indicators among urban and rural populations for assessment of health risks and reproduction of the population of the Nenets AO. *Health — the Base of human Potential: Problems and Ways to Solve Them*. 2021;16(3):891–905. (In Russ.) EDN: AJUIFW
4. Dudarev AA, Dozhdikov AV. Comparative analysis of living conditions and environmental factors of the urban and rural population applied to the assessment of sanitary-epidemiological well-being of the population of the Nenets AO. *Health — the Base of human Potential: Problems and Ways to Solve Them*. 2021;16(1):172–188. (In Russ.) EDN: DRWWVM
5. Dudarev AA, Dozhdikov AV. Spatio-temporal distribution of mortality rates of the Nenets okrug population in the period 2000–2019: analysis of the database formed in terms of individual settlements. *Health — the Base of human Potential: Problems and Ways to Solve Them*. 2022;17(3):1072–1084. (In Russ.) EDN: AEJJMV
6. Dozhdikov AV, Dudarev AA. Structure and dynamics of standardized mortality indicators of the Nenets AO population in comparison with some regions of the Arctic zone of Russian Federation in the period 2002–2019 (based on official statistics). *Health — the Base of human Potential: Problems and Ways to Solve Them*. 2022;17(3):1063–1071. (In Russ.) EDN: QGKDTM
7. Waterhouse J, Muir CS, Correa P, et al. Cancer Incidence in Five Continents. Vol III. IARC Scientific Publication No. 15. 1976.
8. Segi M, Kurihara M. Trends in Cancer Mortality for Selected Sites in 24 Countries (1950–59). Tohoku University School of Public Health; 1963.
9. Doll R, Payne P, Waterhouse J. Cancer Incidence in Five Continents: A Technical Report. Berlin: Springer-Verlag; 1966.
10. Soloviev AG, Vyazmin AM, Mordovsky EA. Excess alcohol-attributed mortality in Arkhangelsk city and indicators of its undercount (by example of analysis of medical records). *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2013;(3):14–19. EDN: RSHSLX  
doi: 10.25016/2541-7487-2013-0-3-14-19
11. Sumarovskiy YA, Brenn T, Kudryavtsev AV, et al. Alcohol and suicide in the Nenets Autonomous Okrug and Arkhangelsk Oblast, Russia. *Int J Circumpolar Health*. 2016;75:30965. doi: 10.3402/ijch.v75.30965
12. Bogdanov SV. The mortality rate of the rural population of the Russian Federation from external causes in 2000–2010: trends, characteristics, problems assessing of the real extent in the 1990–2010 years: trends, peculiarities, problems, assess the true scale. *Moscow State University Bulletin. Series 18. Sociology and Political Science*. 2013;2:124–134. EDN: QGSXXN
13. Semenova VG, Sabgayda TP, Mikhailov AYU, et al. Mortality of the Russian population from alcohol-related causes in the 2000s. *Social Aspects of Population Health*. 2018;(1):3. EDN: YTCUSN  
doi: 10.21045/2071-5021-2018-59-1-3
14. Mordovsky EA. Cohort and age/gender specific alcohol-attributable mortality in the subarctic regions of the European north of Russia, 2006–2015. *Social Aspects of Population Health*. 2017;(6):3. EDN: YLXGCE  
doi: 10.21045/2071-5021-2017-58-6-3
15. Soloviev AG, Vyazmin AM, Mordovskiy EA. Methodological approaches to determination of alcohol-related mortality in Russia and abroad. *Reviews on Clinical Pharmacology and Drug Therapy*. 2012;10(4):30–41. EDN: QZKXTB

## ОБ АВТОРАХ

**\*Дударев Алексей Анатольевич**, д-р мед. наук;  
адрес: Россия, 191036, Санкт-Петербург, ул. 2-я Советская, 4;  
ORCID: 0000-0003-0079-8772;  
eLibrary SPIN: 1683-1401;  
e-mail: alexey.d@inbox.ru

**Дождиков Алексей Викторович**;  
ORCID: 0000-0001-7286-7648;  
eLibrary SPIN: 9959-9339;  
e-mail: aleksejdozhdikov@yandex.ru

## AUTHORS INFO

**\*Alexey A. Dudarev**, MD, Dr. Sci. (Medicine);  
address: 4 2nd Sovetskaya str., St. Petersburg, 191036, Russia;  
ORCID: 0000-0003-0079-8772;  
eLibrary SPIN: 1683-1401;  
e-mail: alexey.d@inbox.ru

**Alexey V. Dozhdikov**;  
ORCID: 0000-0001-7286-7648;  
eLibrary SPIN: 9959-9339;  
e-mail: aleksejdozhdikov@yandex.ru

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco629716>

# Оценка адаптационного потенциала детей и подростков в экологически напряжённых условиях

С.В. Ермолаева

Ульяновский государственный университет, Ульяновск, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** В ряде исследований, проведённых в последние годы, установлено увеличение числа детей и подростков с отклонениями в физическом развитии. Большинство авторов связывают этот рост с действием загрязнения природной среды. Адаптационные возможности детей и подростков могут выступать индикаторами развития организма в неблагоприятных условиях среды.

**Цель.** Оценка физического развития и адаптационного потенциала детей и подростков, проживающих на территориях с различной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду.

**Материал и методы.** Анализ экологической обстановки территорий Ульяновской области произведён за 2009–2023 гг. на основе собственных исследований проб атмосферного воздуха, питьевой воды из водопроводной сети, почв селитебных зон районов области. В результате анализа показателей загрязняющих веществ в природной среде для каждого муниципального образования рассчитан коэффициент антропогенной нагрузки на окружающую среду. На территории области проведено обследование школьников по программе, которая включала измерение тотальных размеров тела (длина тела, масса тела, окружность грудной клетки, индекс массы тела) и функциональных параметров (частота сердечных сокращений, систолическое и диастолическое артериальное давление). Вычисления адаптационного потенциала проводили по формуле Б.М. Баевского.

**Результаты.** У школьников обоих полов, проживающих на территориях с низкой степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду, морфологические и функциональные показатели имеют более высокие значения по сравнению со школьниками, проживающими на территориях с высокой степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду. Медианные значения адаптационного потенциала мальчиков и девочек районов 2-й группы выше значений адаптационного потенциала мальчиков и девочек 1-й группы, что свидетельствует о напряжении адаптационных механизмов в зоне экологического неблагополучия. У девочек различия в показателях адаптационного потенциала почти совпадают с различиями, которые выявлены у мальчиков, но с меньшим количеством возрастных групп, что может свидетельствовать о более высоких адаптационных резервах последних.

**Заключение.** Результаты исследований могут быть использованы для санитарно-гигиенического мониторинга, профилактики детской заболеваемости и планирования экологических мероприятий, направленных на минимизацию негативного воздействия факторов среды на здоровье населения.

**Ключевые слова:** адаптационный потенциал; физическое развитие; факторы окружающей среды.

## Как цитировать:

Ермолаева С.В. Оценка адаптационного потенциала детей и подростков в экологически напряжённых условиях // Экология человека. 2024. Т. 31, № 1. С. 49–60. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco629716>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco629716>

# Assessment of the adaptive capacity of children and adolescents in environmentally challenging conditions

Svetlana V. Ermolaeva

Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** A number of recent studies have demonstrated an increase in the number of children and adolescents with deviations in physical development attributing this increase to the effects of environmental pollution. The ability of children and adolescents to adapt to their environment can serve as an indicator of their physical development in unfavorable environmental conditions.

**AIM:** To assess the physical development and adaptive capacity of children and adolescents living in regions with varying degrees of anthropogenic impact on the environment.

**MATERIAL AND METHODS:** An analysis of the environmental situation in the Ulyanovsk region was carried out based on the author's own research of atmospheric air, drinking water and soil samples collected from residential areas in 2009–2023. The study focused on identifying pollutants in the natural environment and calculating a comprehensive pollution indicator for each environmental component. In addition, a survey of schoolchildren in the Ulyanovsk region was conducted. Height, weight, chest circumference, body mass index, heart rate, systolic and diastolic blood pressure were measured. The adaptation capacity (AC) of the study participants was calculated using the Baevsky formula.

**RESULTS:** Schoolchildren of both genders, who lived in regions with low level of anthropogenic impact on the environment, had higher values for morphological and functional characteristics than schoolchildren in regions with high degree of anthropogenic impact. Median AC values for boys and girls in the latter group were higher than those in the former, suggesting heightened adaptation mechanisms in environmentally disadvantaged areas. The differences in AC among girls closely mirrored those observed in boys, albeit across fewer age-groups, potentially indicating greater adaptive reserves in the latter group.

**CONCLUSION:** Our findings can be used for sanitary and hygienic monitoring, prevention of childhood morbidity and the development of environmental strategies to reduce the adverse effects of environmental factors on public health.

**Keywords:** adaptive capacity; physical development; environmental factors.

## To cite this article:

Ermolaeva SV. Assessment of the adaptive capacity of children and adolescents in environmentally challenging conditions. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(1):49–60. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco629716>

Received: 31.03.2024

Accepted: 08.07.2024

Published online: 03.08.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco629716>

# 儿童和青少年在环境压力条件下的适应能力评估

Svetlana V. Ermolaeva

Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

简评

**论证。**近年来进行的一些研究表明，身体发育异常的儿童和青少年人数有所增加。大多数作者将这种增长归因于环境污染的影响。儿童和青少年的适应能力可以作为机体在不利环境条件下发展的指标。

**目标。**评估生活在不同程度人为环境压力地区的儿童和青少年的身体发育和适应能力。

**材料与方法。**对2009–2023年乌里扬诺夫斯克州地区环境状况进行了分析，对大气、供水管网饮用水、州各居民区土壤样本进行自行研究。根据对自然环境中污染物的分析结果，计算出了各市人为环境负荷系数。根据该方案对该地区的学龄儿童进行了检查，包括测量全身尺寸（身高、体重、胸围、体重指数）和功能参数（心率、收缩压和舒张压）。适应潜力是根据 B. M. Baevsky 的公式计算得出的。

**结果。**与生活在人为环境负荷较重地区的学龄儿童相比，生活在人为环境负荷较轻地区的男女学龄儿童的形态和功能指数较高。第二组地区男孩和女孩的适应能力中位数高于第一组地区男孩和女孩的适应潜力中位数，这表明在环境不利地区的适应机制比较紧张。在女孩中，适应能力指标的差异几乎与男孩的差异一致，但年龄组较少，这可能表明后者的适应储备较高。

**结论。**研究结果可用于卫生监测、儿童疾病预防和规划环境措施，以尽量减少环境因素对人口健康的负面影响。

**关键词：**适应潜力；身体发育；环境因素。

**引用本文：**

Ermolaeva SV. 儿童和青少年在环境压力条件下的适应能力评估. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(1):49–60.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco629716>

收到: 31.03.2024

接受: 08.07.2024

发布日期: 03.08.2024

## ОБОСНОВАНИЕ

В настоящее время как зарубежные, так и отечественные исследования свидетельствуют об отрицательной тенденции в состоянии здоровья подрастающего поколения [1]. В ряде исследований, проведённых в последние годы, установлено увеличение числа детей и подростков с отклонениями в физическом развитии. Большинство авторов связывают этот рост с действием следующих неблагоприятных факторов: загрязнение природной среды, недостаточно комфортные климатические условия, неудовлетворительная медико-социальная инфраструктура, дисбаланс микро- и макронутриентов в питании [1–3]. Комплексная оценка состояния окружающей среды и её влияния на здоровье населения должна основываться не только на показателях нахождения загрязняющих веществ в природных средах, но и на ответных реакциях живых организмов на воздействие этих загрязняющих веществ. Особую значимость приобретает мониторинг показателей физического развития детей школьного возраста вследствие их высокой экосенситивности, обусловленной пубертатными изменениями в организме (интенсивные прибавки длины и массы тела, нейрогуморальный и вегетативный дисбаланс) [1]. Адаптационные возможности детей и подростков могут выступать индикаторами развития организма в неблагоприятных условиях среды, так как позволяют оперативно реагировать на изменения среды обитания и находить оптимальный режим работы органов и систем [4, 5]. Комплексный показатель, предложенный Б.М. Баевским и соавт. [6], основанный на взаимоотношении показателей возраста, массы и роста тела, частоты сердечных сокращений, систолического и диастолического артериального давления, позволяет оценить адаптационный потенциал (АП) подрастающего поколения.

Результаты проведённых исследований взаимодействия разных факторов среды и здоровья населения показывают, что многие вопросы, связанные с риском нарушения здоровья разных половозрастных групп, уровнем воздействия техногенной нагрузки на организм, недостаточно изучены [7–10].

**Цель исследования.** Оценка физического развития и АП детей и подростков, проживающих на территориях с различной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Анализ экологической обстановки территорий Ульяновской области за 2009–2023 гг. произведён на основе собственных исследований проб атмосферного воздуха, питьевой воды из водопроводной сети, почв селитебных зон районов области. Состояние атмосферного воздуха оценивали по концентрации взвешенных веществ, серы диоксида, углерода оксида, азота диоксида, фенола, гидрохлорида, формальдегида, бенз(а)пирена, аммиака,

сероводорода. Оценку проб питьевой воды проводили по анализу следующих показателей: железа, нитратов, сульфатов, хлоридов, фосфатов, цинка, хрома III, марганца, меди. Состояние почвы оценивали по концентрации металлов: кадмия, меди, свинца, цинка, никеля. Все анализы выполняли на базе химико-аналитической лаборатории НИТИ им. С.П. Капицы Ульяновского государственного университета.

По результатам экологического мониторинга, проведённого в 2009–2023 гг., ранжировали территории региона. Анализ показателей загрязняющих веществ позволил рассчитать для каждой природной среды комплексный показатель загрязнения по следующей формуле:

$$K_n = \sum C_n / \text{ПДК}(\text{ПДК}_{\text{с.с.}}), \quad (1.1)$$

где  $K_n$  — комплексный показатель загрязнения природных сред, рассчитанный по кратности превышения гигиенических нормативов ( $n$  — природные среды: атмосферный воздух, питьевая вода, почва);

$C_n$  — среднеарифметические значения концентрации веществ, загрязняющих природную среду, по муниципальным районам региона;

ПДК — предельно допустимая концентрация для вещества, загрязняющего природную среду (питьевую воду, почву);

ПДК<sub>с.с.</sub> — предельно допустимая концентрация для загрязняющего атмосферный воздух вещества.

В результате, с использованием комплексных показателей природных сред рассчитали интегральный коэффициент антропогенной нагрузки (КАН) на окружающую среду.

Расчёт интегральных КАН на окружающую среду, производили по следующей формуле:

$$\text{КАН} = (K_{\text{воздуха}} + K_{\text{воды}} + K_{\text{почвы}}) / n, \quad (1.2)$$

где КАН — интегральный коэффициент антропогенной нагрузки на окружающую среду;

$K_{\text{воздуха}}$  — комплексный показатель загрязнения атмосферного воздуха, рассчитанный по средним арифметическим значениям концентраций;

$K_{\text{воды}}$  — комплексный показатель загрязнения питьевой воды, рассчитанный по кратности превышения гигиенических нормативов;

$K_{\text{почвы}}$  — комплексный показатель загрязнения почвы, рассчитанный по кратности превышения гигиенических нормативов;

$n$  — количество анализируемых природных сред.

Величину классового интервала для оценки антропогенной нагрузки рассчитывали по следующей формуле [11]:

$$C = \frac{(X_{\text{max}} - X_{\text{min}}) \times \lg 2}{\lg N}, \quad (1.3)$$

где  $X_{\text{max}}$  — максимальное значение индекса антропогенной нагрузки;

$X_{\text{min}}$  — минимальное значение индекса антропогенной нагрузки;

$N$  — объём выборки, соответствующий числу значений индекса антропогенной нагрузки в границах интервала ( $\min \div \max$ ).

На территории области провели обследование школьников в медицинских кабинетах школ со специальным оборудованием по программе, включающей измерение длины тела (ДТ), массы тела (МТ), окружности грудной клетки (ОГК), что позволило рассчитать индекс массы тела (ИМТ) [12], функциональных параметров частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления. На проведение исследований имеется заключение этической комиссии (акт № 15 от 17.10.2007 г.) Ульяновского государственного университета, все полученные данные обезличены. Обследование проводили в 2008–2023 гг. в 25 образовательных учреждениях, выборка состояла из 5053 учащихся (2663 мальчика и 2390 девочек) в возрасте от 7 до 17 лет, постоянно проживающих в регионе (табл. 1).

Вычисления АП проводили по формуле Б.М. Баевского и соавт. [6]. Чем выше величины АП, тем более значительны изменения функционального состояния системы кровообращения (2,60 и ниже — удовлетворительная адаптация; 2,61–3,09 — напряжение механизмов адаптации; 3,10–3,49 — неудовлетворительная адаптация; 3,50 и выше — срыв механизмов адаптации).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программ Microsoft Office Excel 2010 и Statistica Soft 10.1. На основе вычисления критериев Колмагорова–Смирнова и Шапиро–Уилка (с поправкой Лиллиефорса) оценивали распределение показателей подчинению закону нормальности [13].

Статистическая значимость принималась на уровне вероятности более 95% ( $p < 0,05$ ). Результаты сравнения показателей АП детей и подростков по возрастным группам оценивали с помощью  $T$ -критерия Стьюдента и дисперсионного анализа (ANOVA).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате собственного многолетнего мониторинга определили среднемноголетние концентрации загрязняющих веществ [14]. Диапазон значений шкалы качественной оценки антропогенной нагрузки на окружающую среду муниципальных образований вычислили с помощью формулы [11] с величиной классового интервала 1,53. Шкала качественной оценки антропогенной нагрузки на окружающую среду территорий региона представлена в табл. 2. Интегральные коэффициенты и степень антропогенной нагрузки на окружающую среду представлены в табл. 3.

В результате анализа выявили высокую степень антропогенной нагрузки на окружающую среду в Димитровграде, Чердаклинском районе, Ульяновске и Сенгилеевском районе.

Для сравнительного анализа физического развития и АП детей и подростков выбрали территории Сенгилеевского и Чердаклинского районов, так как эти муниципальные образования наравне с промышленными городами имеют высокую степень антропогенной нагрузки (см. табл. 3). Для группы контроля выбрали районы, в которых отмечена низкая степень антропогенной нагрузки, — Вешкаймский и Сурский.

**Таблица 1.** Численность девочек и мальчиков по возрастам и группам сравнения

**Table 1.** Number of girls and boys across age- and comparison groups

Возраст, лет Age, years	Мальчики, $n$   Boys, $n$		Девочки, $n$   Girls, $n$	
	1-я группа   Group 1	2-я группа   Group 2	1-я группа   Group 1	2-я группа   Group 2
7	134	142	115	128
8	127	119	124	118
9	122	118	84	89
10	121	132	91	87
11	91	72	83	87
12	129	138	114	118
13	118	123	113	77
14	111	112	139	128
15	143	127	93	111
16	149	156	135	129
17	101	78	101	126
Всего	1346	1217	1192	1198
ИТОГО:	2663		2390	

**Таблица 2.** Шкала качественной оценки антропогенной нагрузки на окружающую среду территорий региона**Table 2.** Scale for assessing anthropogenic load on the environment

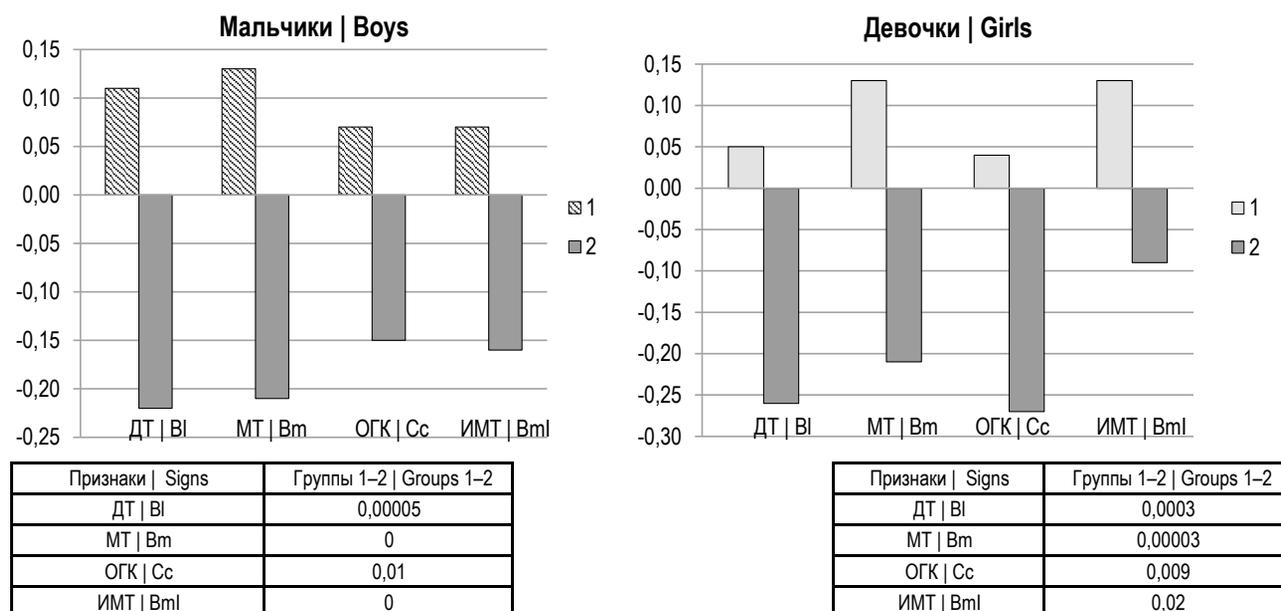
Диапазон значений Range of values	Оценка антропогенной нагрузки на окружающую среду Assessment of anthropogenic load on the environment
1,53÷3,06	Низкая   Low
3,07÷4,60	Средняя   Average
≥4,61	Высокая   High

С помощью процедуры нормирования и дисперсионного анализа сравнили морфометрические показатели школьников, проживающих в районах с разной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду. Из рис. 1 следует, что значения ДТ, МТ, ОГК и ИМТ у мальчиков 1-й группы более выражены в сторону увеличения, чем у мальчиков 2-й группы.

Различия величин ДТ и ОГК имеют высокую степень значимости ( $p \leq 0,01$ ;  $p \leq 0,001$ ). У девочек 1-й группы, как и у мальчиков, показатели ДТ, МТ, ОГК и ИМТ выше, чем у девочек 2-й группы [15].

**Таблица 3.** Интегральные коэффициенты антропогенной нагрузки на окружающую среду**Table 3.** Integral coefficients of the anthropogenic load on the environment

Районы Districts	Коэффициенты, ед. Coefficients, units				Степень антропогенной нагрузки на окружающую среду Degree of the anthropogenic load on the environment
	Воздуха Air	Воды Water	Почвы Soil	Антропогенной нагрузки Anthropogenic load	
Радищевский   Radishchevsky	1,99	0,85	0,38	1,07	Низкая   Low
Новомалыклинский   Novomalyklinsky	2,93	0,43	0,47	1,28	Низкая   Low
Вешкаймский   Veshkaimsky	1,96	1,09	0,81	1,29	Низкая   Low
Карсунский   Karsunsky	2,18	1,24	0,57	1,33	Низкая   Low
Цильнинский   Tsilninsky	1,37	1,89	1,05	1,44	Низкая   Low
Старокулаткинский   Starokulatkinsky	2,04	1,28	1,05	1,46	Низкая   Low
Николаевский   Nikolaevsky	2,16	1,46	1,05	1,56	Низкая   Low
Майнский   Mainsky	2,61	0,89	1,40	1,63	Низкая   Low
Тереньгульский   Terengulsky	2,65	1,33	0,92	1,63	Низкая   Low
Кузоватовский   Kuzovatovsky	2,19	2,31	0,92	1,81	Низкая   Low
Павловский   Pavlovsky	2,10	2,44	0,91	1,82	Низкая   Low
Мелекесский   Melekessky	1,65	2,59	1,39	1,88	Низкая   Low
Сурский   Sursky	2,00	2,70	1,03	1,91	Низкая   Low
Барышский   Baryshsky	3,33	2,22	0,53	2,03	Низкая   Low
Ульяновский   Ulyanovsky	4,20	1,12	1,51	2,28	Низкая   Low
Инзенский   Inzensky	5,07	1,17	0,98	2,41	Низкая   Low
Базарносызганский   Bazarnosyzgansky	2,02	6,29	0,72	3,01	Низкая   Low
Новоспасский   Novospassky	7,44	1,03	1,18	3,22	Средняя   Average
Старомайнский   Staromainsky	3,22	5,75	1,03	3,33	Средняя   Average
Новоульяновск   Novoulyanovsk	7,98	0,84	1,45	3,42	Средняя   Average
Сенгилеевский   Sengileevsky	5,56	6,50	1,85	4,63	Высокая   High
Ульяновск   Ulyanovsk	15,85	0,97	1,52	6,11	Высокая   High
Чердаклинский   Cherdaklinsky	2,74	15,23	1,66	6,54	Высокая   High
Димитровград   Dimitrovgrad	21,99	0,71	1,49	8,06	Высокая   High



**Рис. 1.** Результаты дисперсионного анализа (ANOVA,  $p \leq 0,05$ ) нормированных отклонений морфометрических показателей мальчиков и девочек, проживающих на территориях с разной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду: ДТ — длина тела; МТ — масса тела; ОГК — окружность грудной клетки; ИМТ — индекс массы тела.

**Fig. 1.** Results of analysis of variance (ANOVA,  $p \leq 0.05$ ) of normalized deviations of morphometric indicators of boys and girls living in areas with varying degrees of anthropogenic pressure on the environment: Bl — body length, Bm — body mass, Cc — chest circumference, Bml — body mass index.

У мальчиков, проживающих на неблагоприятных территориях, САД и ЧСС ниже, чем у проживающих в районах с низкой антропогенной нагрузкой на окружающую среду. Причём различия с высокой степенью значимости отмечены только для САД. У девочек, в отличие от мальчиков, все функциональные показатели значительно выше в экологически неблагоприятных районах. Значения функциональных показателей девочек, проживающих на территориях с высокой степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду, гораздо выше значений артериального давления и ЧСС девочек, проживающих на территориях с низкой степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду, причём с высокой степенью значимости  $p \leq 0,01$  (рис. 2).

Определение АП системы кровообращения производили по формуле, включающей показатели ЧСС, САД и ДАД, а также возраст, ДТ и МТ. По шкале значений АП у большинства школьников выявили удовлетворительную адаптацию, но также наблюдается у мальчиков и девочек обеих групп напряжение механизмов адаптации. Так, в 1-й группе напряжение адаптационных систем отмечено у 4,5% мальчиков и у 4,1% девочек от числа всех детей 8-летнего возраста. Во 2-й группе выявлены дети и подростки с напряжением механизмов адаптации в возрасте 8 лет — 13,3% мальчиков и 10,0% девочек, в возрасте 17 лет — 12,0% мальчиков и 10,0% девочек (от количества подростков данной возрастной группы). Кроме этого, у подростков 2-й группы в возрасте 17 лет выявлена неудовлетворительная адаптация: у 1,6% мальчиков и 1,0% девочек.

Медианные значения АП мальчиков и девочек, проживающих в районах с разным качеством окружающей среды, представлены на рис. 3.

Медианные значения АП мальчиков и девочек районов 2-й группы (Сенгилеевский и Чердаклинский районы) выше значений АП мальчиков и девочек 1-й группы, что свидетельствует о напряжении адаптационных механизмов в зоне экологического неблагополучия. В Сенгилеевском районе отмечены экстремальные значения, которые показывают наличие детей и подростков с напряжением механизмов адаптации и с неудовлетворительной адаптацией организма. Подростки с такими показателями есть и в Сурском районе. Причинами снижения АП могут быть не только факторы экологического характера [5, 7].

Расчёт оценки АП школьников показал, что среднегрупповые значения АП у мальчиков и девочек выше в районах 2-й группы, где отмечается высокая степень антропогенной нагрузки на окружающую среду. В табл. 4 приведены результаты сравнения среднегрупповых показателей АП школьников, проживающих на территориях, отличающихся степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду.

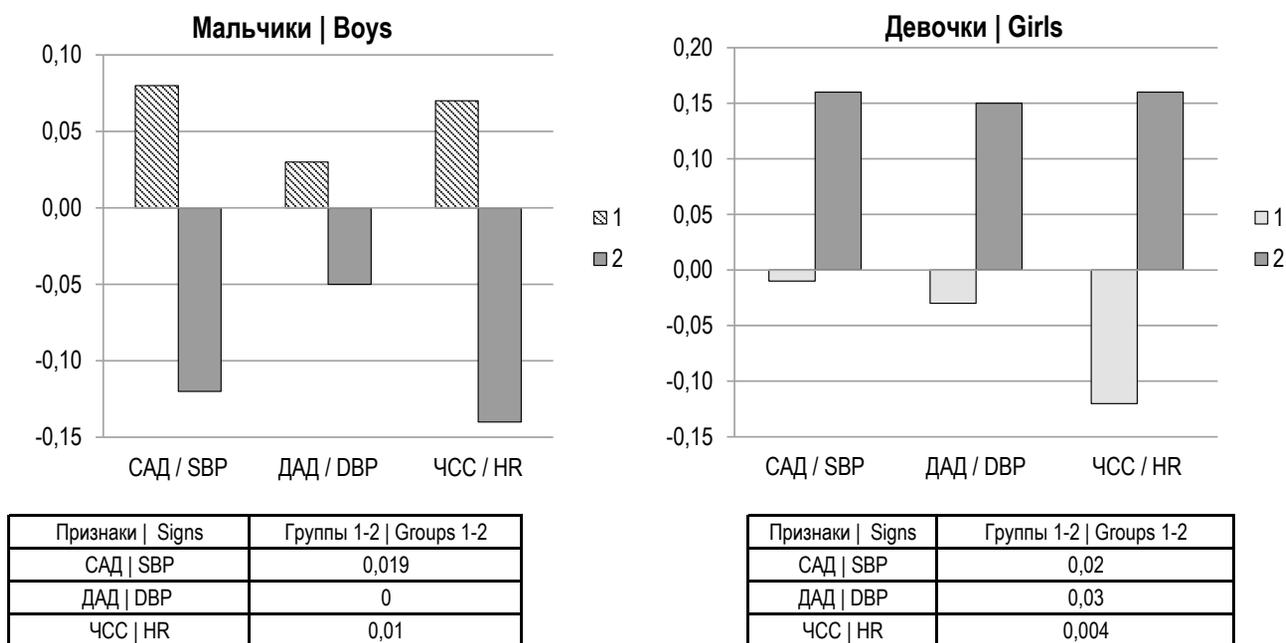
По всем возрастным группам школьников, проживающих в районах с разной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду, сравнили значения АП. Статистически значимые различия отмечены у мальчиков во всех возрастных группах, кроме 8, 10 и 14 лет, у девочек статистически значимые различия отмечаются в возрастных группах 7, 10, 12, 16 и 17 лет. Результаты сравнения

показателей АП детей и подростков по возрастным группам представлены в табл. 5.

У мальчиков различия в показателях АП между группами выявлены на трёх этапах развития: в 7–9 лет, 11–13 лет и 15–17 лет. У девочек различия в показателях АП близки с различиями тех возрастных групп, которые выявлены у мальчиков, но с меньшим их количеством и с некоторым сдвигом возрастов, что может свидетельствовать о более высоких адаптационных резервах последних.

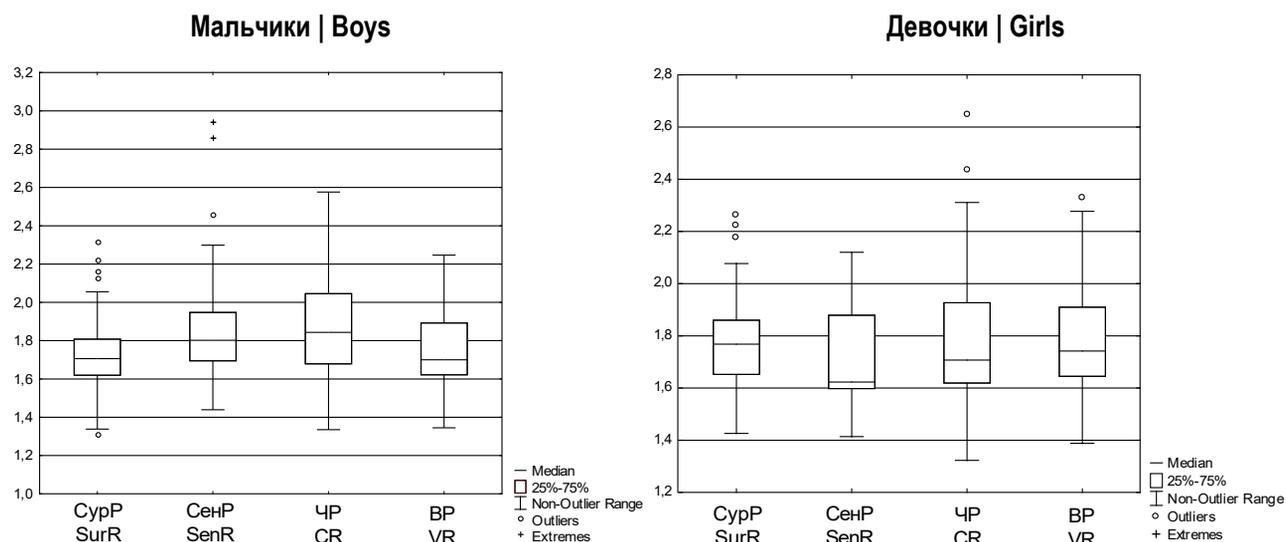
## ОБСУЖДЕНИЕ

У школьников обоих полов, проживающих на территориях с низкой степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду, показатели ДТ, МТ, ОГК и ИМТ имеют более высокие значения по сравнению со школьниками, проживающими на территориях с высокой степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду. У девочек 1-й группы, как и у мальчиков, показатели ДТ, МТ, ОГК



**Рис. 2.** Результаты дисперсионного анализа нормированных отклонений функциональных показателей мальчиков и девочек, проживающих на территориях с разной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду: САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений.

**Fig. 2.** Results of analysis of variance of normalized deviations of functional indicators of boys and girls living in areas with varying degrees of anthropogenic pressure on the environment: SBP — systolic blood pressure; DBP — diastolic blood pressure; HR — heart rate.



**Рис. 3.** Медианные значения адаптационного потенциала (в баллах) мальчиков и девочек, проживающих в районах с разным качеством окружающей среды: SurP — Сурский район; СенР — Сенгилеевский район; ЧР — Чердаклинский район; ВР — Вешкаймский район.

**Fig. 3.** Median values of adaptive potential (in points) of boys and girls living in areas with different environmental quality: SurP — Sursky district; SenR — Sengileevsky district; CR — Cherdaklinsky district; VR — Veshkaimsky district.

**Таблица 4.** Результаты сравнения среднегрупповых показателей адаптационного потенциала школьников, проживающих на территориях с различной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду

**Table 4.** Adaptive capacity of children and adolescents across groups with different anthropogenic load on the environment

Пол Gender	1-я группа   Group 1		2-я группа   Group 2		t-value	p
	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.		
Мальчики   Boys	1,47	0,50	1,79	0,22	-11,0368	0,0000001
Девочки   Girls	1,53	0,49	1,77	0,21	-8,50313	0,0000001

**Таблица 5.** Результаты сравнения показателей адаптационного потенциала детей и подростков, проживающих на территориях с разной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду, по возрастным группам

**Table 5.** Adaptive capacity of children and adolescents with different anthropogenic load on the environment, stratified by age

Возраст, лет Age, years	Мальчики   Boys				Девочки   Girls			
	1-я группа Group 1	2-я группа Group 2	t-value	p	1-я группа Group 1	2-я группа Group 2	t-value	p
7	1,20	1,70	-3,45	0,0029	1,20	1,73	-3,71	0,0016
8	1,40	1,94	-1,54	0,1624	1,77	1,69	0,63	0,5315
9	1,46	1,79	-3,09	0,0033	1,63	1,76	-0,71	0,4907
10	1,58	1,71	-1,37	0,1744	1,49	1,73	-2,75	0,0075
11	1,44	1,71	-3,17	0,0022	1,64	1,69	-0,57	0,5704
12	1,08	1,70	-6,21	0,0001	1,40	1,69	-2,46	0,0185
13	1,44	1,79	-4,26	0,0001	1,64	1,77	-1,89	0,0615
14	1,72	1,76	-0,53	0,5944	1,57	1,73	-1,52	0,1340
15	1,46	1,84	-4,13	0,0001	1,50	1,72	-1,55	0,1319
16	1,39	1,76	-4,31	0,0001	1,32	1,79	-6,13	0,0001
17	1,48	1,93	-6,75	0,0001	1,56	1,86	-5,63	0,0001

и ИМТ выше, чем у девочек 2-й группы, но эти различия немного меньше, чем у мальчиков, хотя и имеют высокую степень значимости  $p \leq 0,01$ . Отмечено, что у мальчиков, проживающих на территориях с разной степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду, разница в показателях ДТ и МТ более выражена, чем у девочек. В связи с этим некоторые исследователи отмечают большую чувствительность к влиянию внешних факторов (экогенсительность) лиц мужского пола [16].

У мальчиков, проживающих на неблагополучных территориях, САД и ЧСС ниже, чем у проживающих в условиях экологического благополучия. У девочек, в отличие от мальчиков, все функциональные показатели значительно выше в экологически неблагополучных районах.

Медианные значения АП мальчиков и девочек районов 2-й группы выше значений АП мальчиков и девочек 1-й группы, что свидетельствует о напряжении адаптационных механизмов в зоне экологического неблагополучия. У мальчиков различия в показателях АП между группами выявлены на трёх этапах развития: в 7–9 лет, 11–13 лет и 15–17 лет. Первый этап — 7–9 лет, так как этот возрастной период входит в период онтогенеза,

когда вклад внешних средовых воздействий в развитие детей значительно превышает степень генетической детерминированности [17]. Второй этап — 11–13 лет, поскольку этот возраст некоторыми авторами определяется периодом «спуртового биологического скачка», когда целый ряд показателей достигает максимальных величин и в дальнейшем может подвергаться регрессии [17]. Третий этап — 15–17 лет, именно в этом возрастном периоде наблюдается неустойчивость вегетативной нервной и эндокринной систем, а также отмечается психическое и физическое перенапряжение у подростков, что накладывает на неблагоприятные экологические условия [16].

У девочек различия в показателях АП близки с различиями тех возрастных групп, которые выявлены у мальчиков, но с меньшим их количеством и с некоторым сдвигом возрастов, что может свидетельствовать о более высоких адаптационных резервах последних. Полученные данные согласуются с исследованиями Н.Н. Тятенковой и соавт., которые заключают, что «девушки, независимо от уровня образования и социального статуса, обладали более высокими функциональными и адаптационными резервами кардиореспираторной

системы по сравнению с юношами» [18]. Результаты исследований показывают большую устойчивость адаптационных систем у девочек по сравнению с мальчиками [19]. Исследования Н.А. Долгушиной и соавт. по оценке АП детей Магнитогорска показали удовлетворительную адаптацию у большинства детского населения, мальчики, по сравнению с девочками, обладают более низкими возможностями адаптационных систем [20].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённого исследования установлено, что у школьников обоих полов, проживающих на территориях с низкой степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду, морфологические и функциональные показатели имеют более высокие значения по сравнению со школьниками, проживающими на территориях с высокой степенью антропогенной нагрузки на окружающую среду. У большинства школьников выявлена удовлетворительная адаптация, но есть мальчики и девочки в обеих группах с напряжением механизмов адаптации.

Медианные значения АП мальчиков и девочек районов 2-й группы выше значений АП мальчиков и девочек 1-й группы, что свидетельствует о напряжении адаптационных механизмов в зоне экологического неблагополучия. У мальчиков различия в показателях АП между группами выявлены на трёх этапах развития: в 7–9 лет, 11–13 лет и 15–17 лет. У девочек различия в показателях АП близки к различиям тех возрастных групп, которые выявлены у мальчиков, но с меньшим их количеством и с некоторым сдвигом, что может свидетельствовать о более высоких адаптационных резервах последних.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грицинская В.Л., Новикова В.П., Гладкая В.С. Антропометрические показатели детей 8–14 лет в трёх городах России // Экология человека. 2020. Т. 27, № 11. С. 38–45. EDN: INSLUP doi: 10.33396/1728-0869-2020-11-38-45
2. Салдан И.П., Пашков А.П., Жукова О.В. Сравнительный анализ физического развития школьников 7–10 лет в городской и сельской местности // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 3. С. 308–313. EDN: SIJTUL doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-3-308-313
3. Золотникова Г.П., Захаров Н.Е., Кургуз Р.В. Влияние экологических особенностей и уровня антропогенной нагрузки районов проживания на состояние здоровья учащихся профессиональных образовательных организаций // Проблемы региональной экологии. 2021. № 1. С. 66–70. EDN: KRWVHQ doi: 10.24412/1728-323X-2021-1-66-70
4. Агаджанян Н.А., Жученко мл. А.А., Черкасов А.В. Экология человека в современном мире. М.: Щербинская тип., 2014.
5. Филиппова К.К., Никифорова В.А. Измерение адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы у лиц, пребывающих в экстремальной среде обитания. В кн.: Среда,

Результаты исследований могут быть использованы для санитарно-гигиенического мониторинга, профилактики детской заболеваемости и планирования экологических мероприятий, направленных на минимизацию негативного воздействия факторов среды на здоровье населения.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Автор подтверждает соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, одобрение финальной версии перед публикацией).

**Источник финансирования.** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Информированное согласие на участие в исследовании.** Все участники до включения в исследование добровольно подписали форму информированного согласия, утверждённую в составе протокола исследования этическим комитетом.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Author contribution.** The author confirms that her authorship meets the international ICMJE criteria (significant contribution to the development of the concept, research and writing of the article, approval of the final version before publication).

**Funding source.** No external funding.

**Competing interests.** The author declares no competing interests.

**Patients' consent.** Written consent was obtained from all the participants. The study protocol was approved by the local ethic committee.

окружающая человека: природная, техногенная, социальная: материалы VIII международной научно-практической конференции. 2019. С. 215–219. EDN: CZA0YQ

6. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний. М.: Медицина, 1997.
7. Прокопьев Н.Я., Губин Д.Г., Дуров А.М., и др. Адаптационный потенциал по Р.М. Баевскому у мужчин юношеского возраста, занимающихся плаванием в ледяной воде // Тюменский медицинский журнал. 2018. Т. 20, № 4. С. 25–29. EDN: VTSTLQ
8. Павлова О.Н., Громова Д.С., Макарова-Горбачёва Е.В., и др. Анализ адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы студентов, обучающихся на медицинских специальностях // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье. 2023. Т. 13, № 6. С. 34–37. EDN: QYQWJG doi: 10.20340/vmi-rvz.2023.6.PHYS.3
9. Беляева В.А., Такоева Е.А. Адаптационный потенциал системы кровообращения и вариабельность сердечного ритма у студентов-медиков // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 6. С. 124. doi: 10.17513/spno.29313

10. Куликов В.М., Ковалев С.А., Сакович О.Н., Молчан М.А. Диагностика функционального состояния студентов СМГ на основе оценки адаптационного потенциала. В кн.: Научно-методическое обеспечение физического воспитания и спортивной подготовки студентов: материалы II международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию кафедры физического воспитания и спорта БГУ. Минск, 2023. С. 434–438. EDN: TMCMLV
11. Зайцев В.М., Лифляндский В.Г., Маринкин В.И. Прикладная медицинская статистика. СПб.: Фолиант, 2006. EDN: QLLPUL
12. Rinaldo N., Gualdi E. Anthropometric Techniques // *Annali Online dell'Universita di Ferrara*. 2015. Vol. 10, N 9. P. 275–289.
13. Методы статистической обработки медицинских данных: методические рекомендации для ординаторов и аспирантов медицинских учебных заведений, научных работников / сост.: А.Г. Кочетов, О.В. Лянг., и др. М.: РКНПК, 2012. EDN: VJEPAF
14. Ермолаева С.В., Хисамутдинов Д.И. Оценка окружающей среды и здоровье населения антропогенно нарушенных территорий региона // *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2023. № 2. С. 145–154. EDN: SIRWCI doi: 10.34014/2227-1848-2023-2-145-154
15. Ермолаева С.В., Хайруллин Р.М. Региональные особенности антропометрических показателей мальчиков и девочек школьного возраста г. Ульяновска и Ульяновской области // *Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология*. 2017. № 1. С. 42–56. EDN: YRGPLV
16. Синева И.М., Пермьякова Е.Ю., Хафизова А.А., и др. Изучение комплексного влияния биосоциальных факторов на показатели морфофизиологической адаптации современной молодежи в условиях городского стресса // *Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология*. 2022. № 1. С. 23–40. EDN: DRKMMU doi: 10.32521/2074-8132.2022.1.023-040
17. Дробинская А.О. Анатомия и возрастная физиология. М.: Юрайт, 2024.
18. Тятенкова Н.Н., Аминова О.С. Оценка функциональных возможностей кардиореспираторной системы у молодежи // *Здоровье населения и среда обитания*. 2021. Т. 29, № 7. С. 50–56. EDN: ATSBXQ doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-7-50-56
19. Пашутина Е.Н., Гарская Н.А. Оценка физического здоровья школьников как анализ адаптационных возможностей // *Современные вопросы биомедицины*. 2022. Т. 6. № 1. С. 42. EDN: MMJPSY doi: 10.51871/2588-0500\_2022\_06\_01\_42
20. Долгушина Н.А., Кувшинова И.А., Антипанова Н.А., и др. Оценка показателей состояния здоровья и адаптационных возможностей организма детей города Магнитогорска // *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2019. № 5. С. 80–85. EDN: IFSYAQ doi: 10.24411/2075-4094-2019-16418

## REFERENCES

1. Gritsinskaya VL, Novikova VP, Gladkaya VS. Anthropometric characteristics of 8–14 years old children in three Russian cities. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2020;27(11):38–45. EDN: INSLUP doi: 10.33396/1728-0869-2020-11-38-45
2. Saldan IP, Pashkov AP, Zhukova OV. Comparative analysis of the physical development of schoolchildren of 7–10 years in urban and rural areas. *Hygiene and Sanitation*. 2019;98(3):308–313. EDN: SIJTUL doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-3-308-313
3. Zolotnikova GP, Zakharov NE, Kurguz RV. Influence of ecological features and the level of anthropogenic load of the residential areas on the health status of the students of professional educational organizations. *Regional Environmental Issues*. 2021;(1): 66–70. EDN: KRWWHQ DOI: 10.24412/1728-323X-2021-1-66-70
4. Agadzhanian NA, Zhuchenko ml. AA, Cherkasov AV. Human ecology in the modern world. Moscow: Sherbinskaya tip.; 2014. (In Russ.)
5. Filippova KK, Nikiforova VA. Measuring the adaptive potential of the cardiovascular system in people living in extreme environments. In: *Human environment: natural, man-made, social: Materials of the VIII international scientific and practical conference*. 2019. P. 215–219. (In Russ.) EDN: CZAQYQ
6. Baevskij RM, Berseneva AP. Assessment of the body's adaptive capabilities and the risk of developing diseases. Moscow: Medicina; 1997. (In Russ.)
7. Prokopiev NY, Gubin DG, Durov AM, et al. Adaptation potential by R.M. Baevsky at young people who have swummed in the ice water. *Tyumen Medical Journal*. 2018;20(4):25–29. (In Russ.) EDN: VTSTLQ
8. Pavlova ON, Gromova DS, Makarova-Gorbacheva EV, et al. Analysis of the adaptive potential of the cardiovascular system of students studying in medical specialties. *Bulletin of the medical institute "REAVIZ"(Rehabilitation, Doctor and Health)*. 2023;13(6):34–37. EDN: QYQWJG doi: 10.20340/vmi-rvz.2023.6.PHYS.3
9. Belyayeva VA, Takoeva EA. Adaptive potential of the circulatory system and heart rate variability in medical students. *Modern Problems of Science and Education*. 2019(6):124. doi: 10.17513/spno.29313
10. Kulikov VM, Kovalev SA, Sakovich ON, Molchan MA. Diagnosis of the functional state of SMG students based on the assessment of adaptation potential. In: *Scientific and methodological support for physical education and sports training of students: Materials of the II international scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Department of Physical Education and Sports of BSU. Minsk; 2023. P. 434–438. (In Russ.)* EDN: TMCMLV
11. Zajcev VM, Lifyandskij VG, Marinkin VI. Applied medical statistics. St. Petersburg: Folio; 2006. (In Russ.) EDN: QLLPUL
12. Rinaldo N, Gualdi E. Anthropometric Techniques. *Annali Online dell'Universita di Ferrara*. 2015;10(9):275–289.
13. Methods of statistical processing of medical data: Methodological recommendations for residents and graduate students of medical educational institutions, researchers / compiled by: A.G. Kochetov, O.V. Lyang., V.P. Masenko, et al. Moscow: RKNPK; 2012. (In Russ.) EDN: VJEPAF
14. Ermolaeva SV, Khisamutdinov DI. Evaluation of environmental and public health status under anthropogenic disturbance. *Ulyanovsk Medico-biological Journal*. 2023;(2):145–154. EDN: SIRWCI doi: 10.34014/2227-1848-2023-2-145-154
15. Ermolaeva SV, Khayrullin RM. Regional features of anthropometric indices of school-age boys and girls from Ulyanovsk city and Ulyanovsk region. *Moscow University Anthropology Bulletin*. 2017;(1):42–56. EDN: YRGPLV

16. Sineva IM, Permiakova E.YU., Khafizova AA, et al. Study of the complex influence of biosocial factors on the morphophysiological adaptation of modern youth in conditions of urban stress. *Moscow University Anthropology Bulletin*. 2022;(1):23–40. EDN: DRKMMU doi: 10.32521/2074-8132.2022.1.023-040
17. Drobinskaya AO. Anatomy and age physiology. Moscow: Yurait; 2024. (In Russ.)
18. Tyatenkova NN, Aminova OS. Assessment of functional capacities of the cardiorespiratory system in young adults. *Public Health and Life Environment — PH&LE*. 2021;29(7):50–56. EDN: ATSBXQ doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-7-50-56
19. Pashutina EN, Garskaya NA. Assessment of physical health of schoolchildren as an analysis of adaptive capabilities. *Modern Issues of Biomedicine*. 2022;6(1):42. EDN: MMJPSY doi: 10.51871/2588-0500\_2022\_06\_01\_42
20. Dolgushina NA, Kuvshinova IA, Antipanova NA, et al. Evaluation of indicators of health and adaptation possibilities of the children's organism of Magnitogorsk. *Bulletin of new medical technologies. Electronic edition*. 2019;(5):80–85. EDN: IFSYAQ doi: 10.24411/2075-4094-2019-16418

## ОБ АВТОРЕ

**\*Ермолаева Светлана Вячеславовна**, канд. биол. наук, доцент; адрес: Россия, 432017, Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; ORCID: 0000-0002-7791-5001; eLibrary SPIN: 9426-7017; e-mail: erm\_iv@mail.ru

## AUTHOR'S INFO

**Svetlana V. Ermolaeva**, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor; address: 42 L. Tolstoy str., Ulyanovsk, 432017, Russia; ORCID: 0000-0002-7791-5001; eLibrary SPIN: 9426-7017; e-mail: erm\_iv@mail.ru

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco611099>

# Моделирование и прогнозирование возрастных коэффициентов смертности на основе модели Ли–Картера

Е.Л. Борщук<sup>1</sup>, Д.Н. Бегун<sup>1</sup>, И.П. Болодурина<sup>1, 2</sup>, Л.И. Меньшикова<sup>3</sup>,  
С.В. Колесник<sup>2</sup>, А.Н. Дуйсембаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, Россия;

<sup>2</sup> Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия;

<sup>3</sup> Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Проблема высокой смертности населения остаётся одной из наиболее значимых проблем здравоохранения России. Одной из приоритетных задач государственной политики является сокращение смертности трудоспособного населения и увеличение продолжительности жизни. Прогнозирование уровня смертности населения является инструментом разумного распределения разных видов ресурсов.

**Цель.** Моделирование и прогноз показателей смертности населения Оренбургской области на основе модели Ли–Картера.

**Материал и методы.** Изучены половозрастные показатели смертности и численности всего населения Оренбургской области за 1991–2020 гг. Для моделирования и прогнозирования смертности населения применен метод Ли–Картера. На основе вычисленных параметров построена модель случайного блуждания с дрейфом и произведена оценка точности.

**Результаты.** Для Оренбургской области моделью Ли–Картера описана смертность мужского населения. В результате моделирования смертности мужского населения Оренбургской области получена точность подгонки 87%, достаточная для оценки результатов долгосрочного прогнозирования, построены прогнозы смертности до 2035 г.

**Заключение.** Анализ полученных результатов показал, что влияние пандемии на смертность населения носит краткосрочный характер, в ближайшие годы смертность мужского населения Оренбургской области продолжит снижаться.

**Ключевые слова:** смертность; численность населения; половозрастные коэффициенты смертности; моделирование; прогнозирование.

## Как цитировать:

Борщук Е.Л., Бегун Д.Н., Болодурина И.П., Меньшикова Л.И., Колесник С.В., Дуйсембаева А.Н. Моделирование и прогнозирование возрастных коэффициентов смертности на основе модели Ли–Картера // Экология человека. 2024. Т. 31, № 1. С. 59–73. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco611099>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco611099>

# Modeling and prediction of age-specific mortality rates using the Lee–Carter model

Evgeny L. Borshchuk<sup>1</sup>, Dmitry N. Begun<sup>1</sup>, Irina P. Bolodurina<sup>1, 2</sup>, Larisa I. Menshikova<sup>3</sup>, Svetlana V. Kolesnik<sup>2</sup>, Aislu N. Duisembayeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Orenburg State Medical University, Orenburg, Russia;

<sup>2</sup> Orenburg State University, Orenburg, Russia;

<sup>3</sup> Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** High mortality remains one of the most significant health concerns in Russia. One of the priorities of the state policy is to reduce mortality rates among the working-age population and increase life expectancy. Predicting population mortality rates serves as a valuable tool for effectively allocating the available resources.

**AIM:** To perform mathematical modeling and prediction of mortality rates of the population of the Orenburg region using the Lee–Carter model.

**MATERIAL AND METHODS:** The age- and sex-specific mortality rates and the population size of the Orenburg region for the period 1991–2020 was used as a study base. The Lee–Carter method was applied to model and predict population mortality. By deriving key parameters, a random walk model with drift was developed, and an accuracy assessment was performed.

**RESULTS:** The Lee–Carter model has been utilized to analyze the mortality rates of the male population in the Orenburg region. Through this modeling process, an accuracy rate of 87% was achieved, providing a reliable basis for long-term prediction. Mortality forecasts have been generated up to the year 2035, allowing for a comprehensive evaluation of future trends in the region.

**CONCLUSION:** The analysis of the results indicates that the pandemic's impact on population mortality is expected to be short-term. In the upcoming years, the mortality rate of the male population in the Orenburg region is projected to continue decreasing.

**Keywords:** mortality; population; age and sex mortality rates; modeling; forecasting.

## To cite this article:

Borshchuk EL, Begun DN, Bolodurina IP, Menshikova LI, Kolesnik SV, Duisembayeva AN. Modeling and prediction of age-specific mortality rates using the Lee–Carter model. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(1):59–73. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco611099>

Received: 20.10.2023

Accepted: 09.07.2024

Published online: 06.08.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco611099>

## 基于 Lee-Carter 模型的特定年龄死亡率建模和预测

Evgeny L. Borshchuk<sup>1</sup>, Dmitry N. Begun<sup>1</sup>, Irina P. Bolodurina<sup>1,2</sup>, Larisa I. Menshikova<sup>3</sup>,  
Svetlana V. Kolesnik<sup>2</sup>, Aislu N. Duisembayeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Orenburg State Medical University, Orenburg, Russia;

<sup>2</sup> Orenburg State University, Orenburg, Russia;

<sup>3</sup> Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

### 简评

**论证。** 人口死亡率高问题仍然是俄罗斯最重要的公共卫生问题之一。国家政策的优先任务之一是降低劳动年龄人口的死亡率，延长预期寿命。预测人口死亡率是合理分配各类资源的工具。

**目标。** 基于Lee-Carter模型的奥伦堡地区死亡率建模和预测。

**材料与方法。** 研究了1991–2020年奥伦堡地区的年龄和性别死亡率以及总人口。使用Lee-Carter方法对人口死亡率进行建模和预测。根据计算得到的参数，构建了带漂移的随机游走模型，并进行了精度评定。

**结果。** 对于奥伦堡地区，Lee-Carter模型描述了男性人口的死亡率。通过对奥伦堡地区男性人口死亡率的建模，获得了87%的拟合精度，足以评估长期预测的结果，并构建了到2035年的死亡率预测。

**结论。** 对所得结果的分析表明，大流行病对人口死亡率的影响是短期的，在未来几年中，奥伦堡州男性人口的死亡率将继续下降。

**关键词：** 死亡率；人口；性别-年龄死亡率；建模；预测。

### 引用本文：

Borshchuk EL, Begun DN, Bolodurina IP, Menshikova LI, Kolesnik SV, Duisembayeva AN. 基于 Lee-Carter 模型的特定年龄死亡率建模和预测. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(1):61–76. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco611099>

收到: 20.10.2023

接受: 09.07.2024

发布日期: 06.08.2024

## ОБОСНОВАНИЕ

Высокий уровень смертности является основной демографической проблемой [1]. Сегодня наиболее остро стоит вопрос смертности населения трудоспособного возраста как экономически активной части общества [2], в результате преждевременной смертности которого экономика страны несёт колоссальные потери [3, 4]. При этом следует отметить, что большинство учёных, занимающихся данной тематикой, отмечают потери именно трудоспособной рабочей силы страны [5, 6].

Снижение уровня смертности населения — одна из главенствующих целей демографической политики России [7]. Достичь этого можно путём сокращения заболеваний системы кровообращения, новообразований, внешних причин, которые занимают лидирующие места в причинах смерти во всем мире и в Российской Федерации [8, 9].

Одним из основных показателей здоровья населения любого государства является ожидаемая продолжительность жизни [10] — интегральный показатель состояния здоровья населения и уровня социально-экономического развития, который активно используется как индикатор качества человеческих ресурсов.

Как известно, для расчёта данного показателя строятся таблицы смертности [11]. Если известны повозрастные коэффициенты смертности, то появляется возможность рассчитать вероятность дожития до определенного возраста — непосредственно её и экстраполируют на будущее, определяя среднюю ожидаемую продолжительность жизни для различных возрастных когорт.

Интерес к моделированию и прогнозированию показателя смертности населения обусловлен необходимостью её снижения для достижения более высоких показателей качества жизни и благосостояния [12], сохранения доли экономически активного населения и многими другими причинами, в том числе потребностью формирования механизмов снижения смертности [13]. Обострило проблему получения точных прогнозов смертности существенное старение населения в экономически развитых странах [14].

Таким образом, прогнозирование смертности в настоящее время является актуальной задачей. Для реализации мероприятий демографической политики в решении проблемы необходим мультидисциплинарный подход [15], позволяющий осуществлять аналитическую оценку и прогнозирование эффективности принимаемых решений для обоснования наиболее оптимальных мер как для краткосрочной, так и для более продолжительной перспективы [16]. Статистические модели позволяют разрабатывать рекомендации по рациональному перераспределению финансовых и других ресурсов для повышения эффективности и результативности оказания медицинской помощи [17]. Для эффективного решения задачи поэтапной трансформации системы оказания первичной медико-санитарной помощи были использованы методы математической

статистики [18], что позволило разработать рекомендации по управлению изменениями в процессе перехода к новой модели медицинской организации [19]. Результаты моделирования показателей деятельности онкологической службы показали возможности прогнозирования числа случаев смерти от злокачественных новообразований, что позволяет более эффективно и рационально распределять бюджет на диагностику и лечение [20].

Наиболее интересной для прогнозирования возрастных коэффициентов смертности является модель, разработанная демографами Р.Д. Ли и Л.Р. Картером в 1992 г. для прогнозирования смертности в США [21]. Особенностью данной модели является учёт возрастной структуры населения. Преимущества модели Ли–Картера по сравнению с другими прогнозными моделями возрастной смертности состоят в её относительно простой конструкции и устойчивости. Модель включает минимум параметров, каждый из которых можно демографически интерпретировать. Для их оценки требуется сравнительно небольшое количество информации.

**Цель исследования.** Моделирование и прогноз показателей смертности населения Оренбургской области на основе модели Ли–Картера.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Данные численности населения по полу и возрасту взяты из базы территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области. Из ежегодных сборников медицинского информационно-аналитического центра Оренбургской области выкопировали абсолютные данные о количестве смертей в 1991–2020 гг. по полу и по возрастам. На основе собранных данных рассчитали повозрастные коэффициенты смертности. К полученным значениям применяли метод Ли–Картера. Рассчитали параметры модели методом сингулярного разложения, в том числе индекс смертности населения Оренбургской области, представляющий собой временной ряд. Все вычисления и расчёты, в том числе проверку статистических гипотез, проводили с помощью библиотек языка программирования Python.

Для моделирования и прогнозирования индекса смертности применяли интегрированные модели авторегрессии — скользящего среднего (ARIMA-модели). ARIMA определяется тремя параметрами ( $p$ ,  $d$ ,  $q$ ):

- $p$  — порядок авторегрессии (AR), позволяющий включить предыдущие значения временного ряда в модель;
- $d$  — порядок интегрирования (I), отражающий количество шагов, требуемых для приведения ряда к стационарному виду;
- $q$  — порядок скользящего среднего (MA), позволяющий учесть погрешность модели как линейную комбинацию наблюдавшихся ранее значений ошибок.

Проверку временного ряда на стационарность осуществляли на основе анализа автокорреляционной и частной автокорреляционной функции, а также на основе расширенного теста Дики–Фуллера.

Подбор параметров ARIMA-модели производили на основе анализа автокорреляционной и частной корреляционной функции, качество модели оценивали с помощью информационных критериев Акаике, Шварца, Ханнана–Куина.

Адекватность выбранной модели оценивали на основе коэффициента детерминации. Коэффициент детерминации — доля дисперсии зависимой переменной, объясняемая рассматриваемой моделью АРИМА:

$$R^2 = 1 - \frac{\sigma^2}{\sigma_y^2}$$

Чем ближе эта доля к единице, тем лучше качество модели.

Точность прогнозирования оценивали на основе MAPE — средней абсолютной процентной ошибки:

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|y_i^{real} - y_i^{model}|}{y_i^{real}}$$

В качестве исходных данных для построения модели использовали возрастные коэффициенты смертности за 1991–2020 гг. отдельно для мужского и женского населения Оренбургской области. Возрастные коэффициенты смертности представлены для 5-летних возрастных групп ( $x$ ): 0–4, 5–9, 10–14, 15–19, 20–24, 25–29, 30–34, 35–39, 40–44, 45–49, 50–54, 55–59, 60–64, 65–69, 70–74, 75–79, 80–84, 85–89, 90–94, 95–99, 100+ лет, их рассчитывали по формуле:

$$m_{x,t} = \frac{D_{x,t}}{\bar{S}_{x,t}}$$

где  $\bar{S}_{x,t}$  — среднегодовая численность мужчин/женщин в возрастной группе  $x$  в году  $t$  ( $t = (1991, 2020)$ ).

$D_{x,t}$  — абсолютное число умерших мужчин/женщин в возрастной группе  $x$  в году  $t$ .

Для дальнейшего моделирования из вычисленных коэффициентов смертности составляли матрицу  $M$ , где каждая строка отражает определённую возрастную группу, а каждый столбец представляет годы исследования. Размер полученной матрицы составил  $21 \times 30$ .

К полученной матрице повозрастных коэффициентов смертности применяли метод Ли–Картера. Согласно методу, матрица подгоняется с помощью простой модели для описания изменений общей смертности как функции одного временного параметра  $k_t$ :

$$\ln(m_{x,t}) = a_x + b_x k_t + \varepsilon_{x,t} \quad \text{или} \quad m_{x,t} = e^{a_x + b_x k_t + \varepsilon_{x,t}}$$

где  $m_{x,t}$  — наблюдаемая повозрастная смертность в возрасте  $x$  в течение времени  $t$ , коэффициенты  $a_x$ ,  $b_x$ ,  $k_t$  — параметры модели,  $\varepsilon_{x,t}$  — ошибки, имеющие нормальное распределение с нулевой средней и постоянной

дисперсией. Интерпретация параметров довольно проста:  $a_x$  — средние значения  $\ln(m_{x,t})$  в возрасте  $x$  в течение времени  $t$ ,  $b_x$  представляет собой характер изменения смертности по возрасту, а индекс  $k_t$  — тенденцию изменений смертности во времени.

Эта модель явно недоопределена, то есть  $b_x$  и  $k_t$  можно выбрать множеством способов. Так, один из этих двух элементов можно умножить на константу, а другой разделить на ту же константу без изменения прогнозируемых значений, заданных моделью. Мы использовали нормализующее ограничение на  $b_x$ :

$$\sum_x b_x = 1.$$

Для полной идентификации также необходимо потребовать

$$\sum_t k_t = 0.$$

Параметры не могут быть найдены методами регрессии, так как в модели отсутствуют объясняющие переменные, в правой части уравнения у нас есть только оцениваемые параметры. Для решения этой проблемы расчёт параметров модели осуществляли при помощи метода сингулярного разложения (SVD).

Сингулярным разложением матрицы  $M$  порядка  $m \times n$  является разложение следующего вида:

$$M = U \Lambda V^T,$$

где  $\Lambda$  — матрица размера  $m \times n$  с неотрицательными элементами, у которой элементы, лежащие на главной диагонали, — это сингулярные числа (все элементы не на главной диагонали являются нулевыми), а матрицы  $U$  (порядка  $m \times m$ ) и  $V$  (порядка  $n \times n$ ) — это две унитарные матрицы, состоящие из левых и правых сингулярных векторов соответственно,  $V^T$  — это транспонированная матрица к  $V$ .

Метод SVD применяется для уменьшения размерности во многих практических задачах, где требуется приближать матрицу некоторой другой матрицей  $M_k$  с заранее заданным рангом  $k$ :

$$M = U_k \Lambda_k V_k^T,$$

где матрицы  $U_k$ ,  $\Lambda_k$ ,  $V_k$  получаются из соответствующих матриц в сингулярном разложении матрицы  $M$  обрезанием до ровно  $k$  первых столбцов. Таким образом, приближая матрицу  $M$  матрицей меньшего ранга, мы выполняем своего рода сжатие информации, содержащейся в  $M$ : матрица  $M$  размера  $m \times n$  заменяется меньшими матрицами размеров  $m \times k$  и  $k \times n$  и диагональной матрицей с  $k$  элементами. При этом сжатие происходит с потерями — в приближении сохраняется лишь наиболее существенная часть матрицы  $M$ . Применительно к нашей задаче метод сингулярного разложения записывается в виде:

$$SVD(\tilde{M}_{x,t}) = U_{x,1} \lambda_1 V_{1,t}^T,$$

где  $\tilde{M}_{x,t} = \ln(m_{x,t}) - a_x$ ,  $b_x = U_{x,1}$ ,  $k_t = V_{1,t}^T$ .

Таким образом, мы приближаем матрицу смертности матрицей, представленной в виде произведения первого

левого (первый столбец матрицы  $U$ ) и первого правого (первая строка матрицы  $V^T$ ) сингулярных векторов, а в качестве  $\lambda$  выбираем первое (наибольшее) сингулярное число  $\lambda_1$ .

Расчёт сингулярного разложения производили с помощью функции `linalg.svd()`, входящей в состав библиотеки `scipy` языка программирования Python.

Для оценки точности подгонки вычисляли объяснённую дисперсию. Это отношение дисперсии различий между фактическими и подобранными показателями к дисперсии фактических показателей:

$$\sigma = \left(1 - \frac{\sigma(m_{model} - m_{real})}{\sigma(m_{real})}\right) \times 100\%.$$

Для данных по Оренбургской области точность модели представлена в табл. 1.

Анализ остатков построенной ARIMA-модели осуществлялся на основе критерия Льюинга–Бокса на уровне значимости  $p=0,05$ .

В результате предварительного анализа исходных данных построили графики зависимостей коэффициентов смертности мужского и женского населения от времени и от возраста. На рис. 1 изображена динамика общих коэффициентов смертности для мужского и женского населения за 1991–2020 гг. Анализ приведённых зависимостей позволил сделать вывод о том, что смертность населения региона имеет нестабильную динамику, обусловленную различными факторами. К примеру, распад СССР, экономический кризис и ухудшение показателей уровня и качества жизни привели к резкому росту смертности в 1993–1994 гг. С 2005 до 2020 г. в Оренбургской области наблюдалась тенденция к снижению смертности населения, причём снижение смертности мужского населения имело более выраженный характер. Темп снижения среди мужчин с 2005 по 2019 г. составил 22,0%, а среди женщин — 10,5%. Скачок смертности в 2020 г., отражённый на рис. 1, связан с начавшейся пандемией COVID-19, темп прироста среди мужчин в 2020 г., по сравнению с 2019 г., составил 19,5%, среди женщин — 28,5%.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 2, 3 приведены зависимости коэффициентов смертности мужского и женского населения по различным возрастным группам для 2005, 2019 и 2020 гг. Анализ приведённых зависимостей показал, что смертность как мужского, так и женского населения снижалась до 2019 г. для всех возрастных групп. В 2020 г. смертность мужского населения превысила смертность 2019 г. для возрастных групп старше 25 лет, а женского населения — для возрастных групп старше 15 лет.

Расчёт параметров модели осуществляли при помощи метода сингулярного разложения.

Результаты расчёта параметров модели представлены в табл. 2, 3.

Рассматривая соответствие для каждой возрастной группы отдельно, наблюдаем самую низкую точность для мужчин в возрастной группе 95–99 лет (10,27%), для женщин — 75–79 лет (10,46%). В целом точность модели составила 70,69% для мужчин и 51,91% для женщин.

Дальнейшее исследование было сфокусировано на мужской части населения, так как точность подгонки для женского населения оказалась недостаточной для дальнейшего прогнозирования.

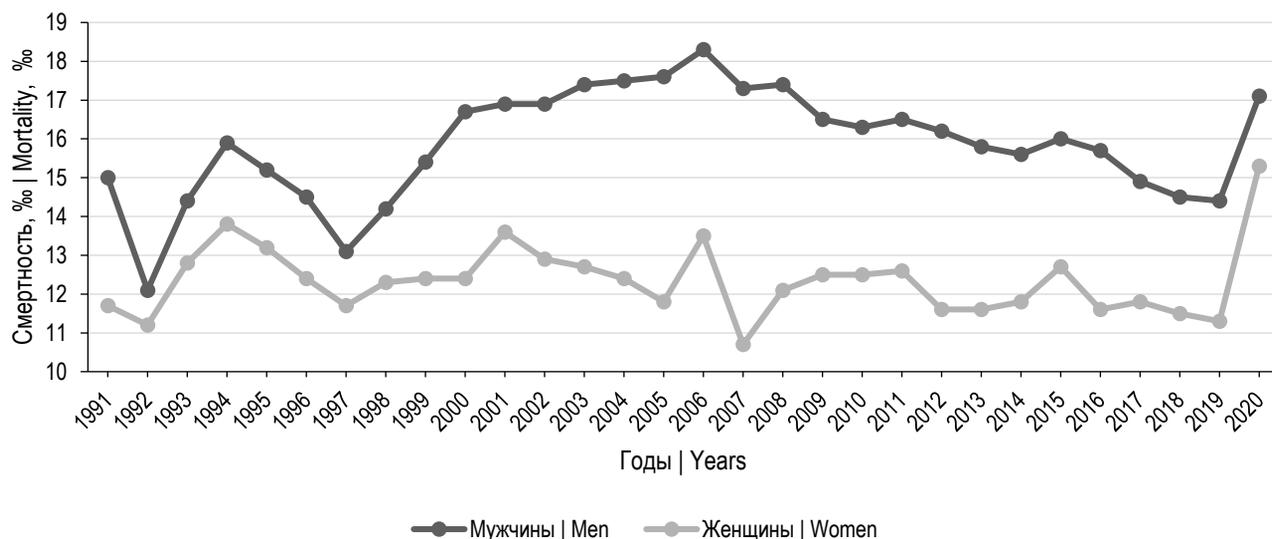
Результаты расчёта параметров модели для мужского населения представлены графически на рис. 4–6.

Анализ зависимости на рис. 6 показал, что индекс смертности не подчиняется линейной зависимости, поэтому точность модели оказалась недостаточной. На рис. 6 показано уменьшение индекса смертности  $k_t$ , начиная с 2001 г. Предположительно точность подгонки можно

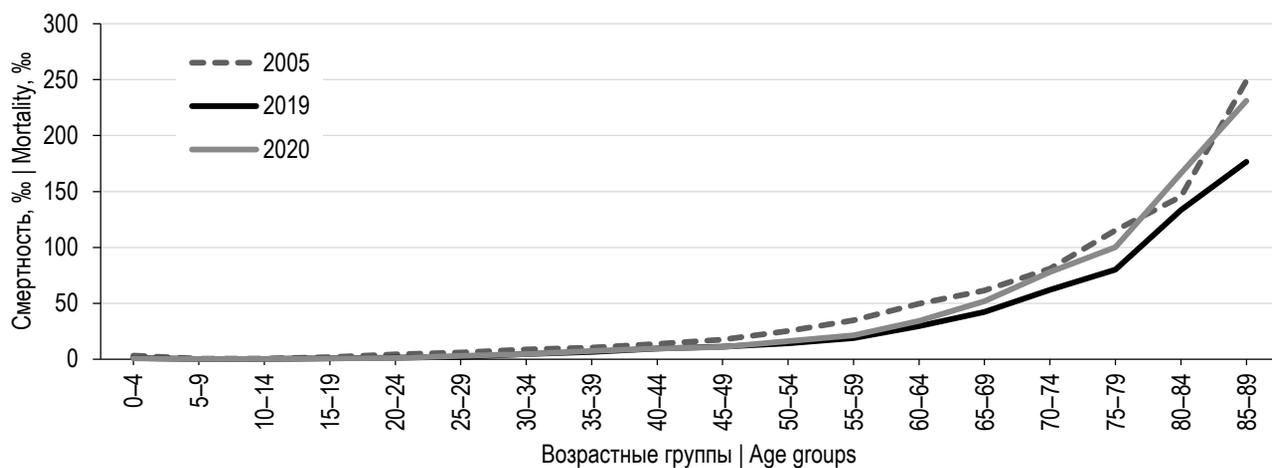
**Таблица 1.** Точность построенной модели для возрастных коэффициентов смертности Оренбургской области с 1991 по 2020 г.

**Table 1.** Accuracy of the constructed model for age-specific mortality rates in the Orenburg region from 1991 to 2020

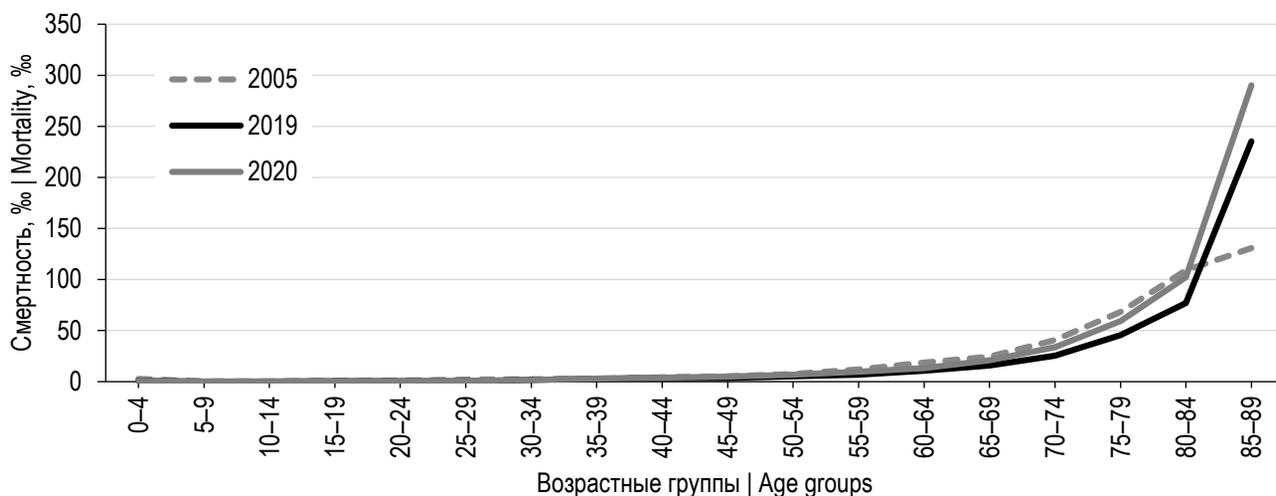
Возрастные группы Age groups	Объяснённая дисперсия $\sigma$ , % The explained variance $\sigma$ , %	
	Мужчины Males	Женщины Females
0–4	89,82	58,28
5–9	73,06	57,75
10–14	78,44	69,68
15–19	84,61	92,31
20–24	87,91	81,94
25–29	61,80	63,27
30–34	66,74	34,18
35–39	66,13	52,59
40–44	72,51	65,03
45–49	79,07	63,40
50–54	68,17	51,99
55–59	73,14	51,34
60–64	62,03	62,62
65–69	53,93	36,88
70–74	65,73	51,14
75–79	54,32	10,46
80–84	27,06	29,89
85–89	30,71	53,39
90–94	35,16	22,58
95–99	10,27	18,40
100+	33,13	23,13



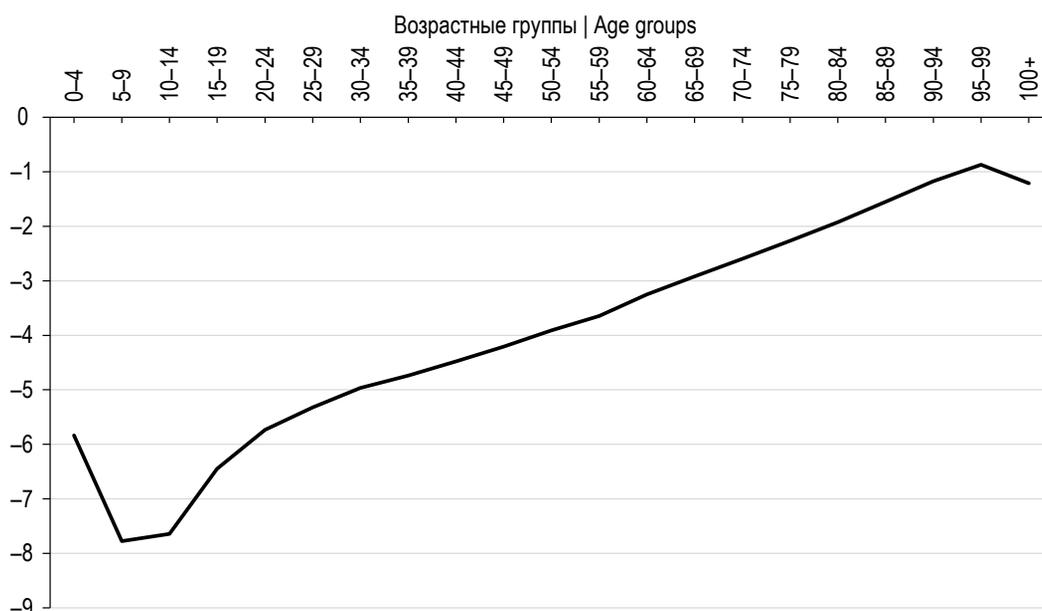
**Рис. 1.** Общие коэффициенты смертности мужского и женского населения Оренбургской области на 1000 населения.  
**Fig. 1.** Mortality rates of the male and female population of the Orenburg region per 1000 population.



**Рис. 2.** Возрастные показатели смертности мужского населения Оренбургской области на 1000 населения.  
**Fig. 2.** Age-specific mortality rates among males in the Orenburg region per 1000 population.



**Рис. 3.** Возрастные показатели смертности женского населения Оренбургской области на 1000 населения.  
**Fig. 3.** Age-specific mortality rates among females in the Orenburg region per 1000 population.



**Рис. 4.** Значения параметра  $a_x$  для базисного периода 1991–2020 гг.

**Fig. 4.** Values of the  $a_x$  parameter for the baseline period 1991–2020.

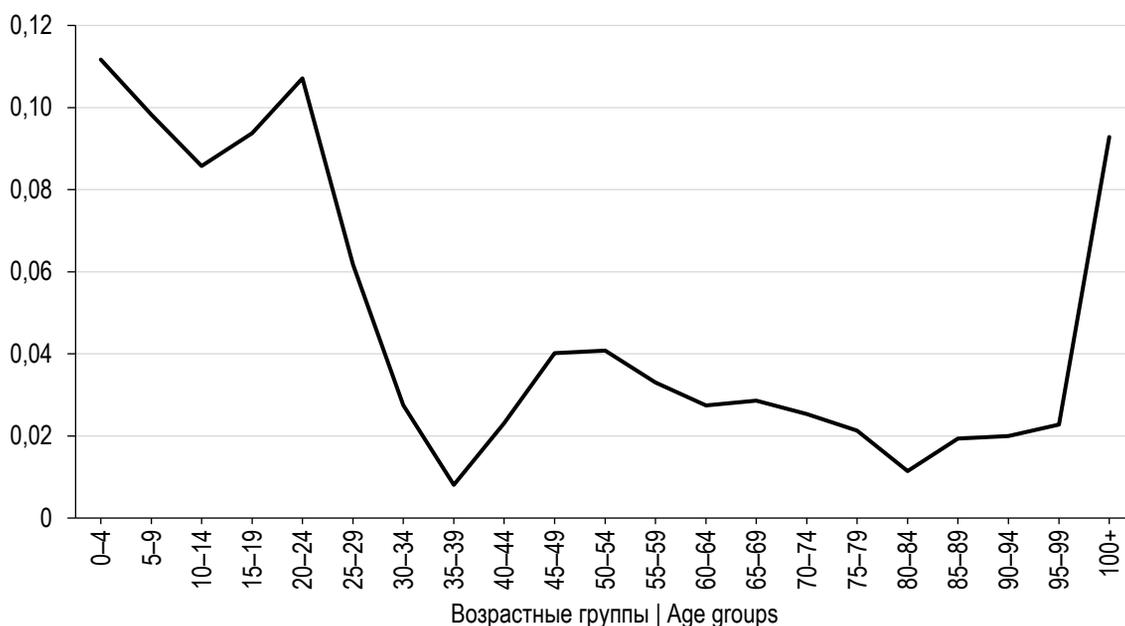
**Таблица 2.** Параметры  $a_x$ ,  $b_x$  для мужского и женского населения Оренбургской области для базисного периода 1991–2020 гг.

**Table 2.** Parameters  $a_x$ ,  $b_x$  for male and female population of the Orenburg region for the baseline period of 1991–2020

Возрастные группы Age groups	Мужское население   Male population		Женское население   Female population	
	$a_x$	$b_x$	$a_x$	$b_x$
0–4	-5,83	0,11	-6,10	0,16
5–9	-7,77	0,10	-8,19	0,18
10–14	-7,64	0,09	-8,26	0,25
15–19	-6,45	0,09	-7,32	0,32
20–24	-5,73	0,11	-7,00	0,25
25–29	-5,32	0,06	-6,62	0,06
30–34	-4,97	0,03	-6,28	-0,06
35–39	-4,74	0,01	-5,98	-0,03
40–44	-4,48	0,02	-5,73	0,04
45–49	-4,21	0,04	-5,40	0,09
50–54	-3,91	0,04	-5,05	0,03
55–59	-3,64	0,03	-4,63	-0,05
60–64	-3,25	0,03	-4,20	-0,05
65–69	-2,92	0,03	-3,84	0,09
70–74	-2,60	0,03	-3,30	0,16
75–79	-2,27	0,02	-2,85	0,01
80–84	-1,92	0,01	-2,28	-0,05
85–89	-1,55	0,02	-1,77	-0,14
90–94	-1,17	0,02	-1,32	-0,10
95–99	-0,87	0,02	-0,85	-0,06
100+	-1,21	0,09	-0,87	-0,09

**Таблица 3.** Параметр  $k_t$  для мужского и женского населения Оренбургской области**Table 3.** Parameter  $k_t$  for male and female population of the Orenburg region

Год   Year	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Мужчины   Males	4,31	2,54	3,34	4,31	3,73	2,35
Женщины   Females	2,04	1,99	2,41	2,30	2,52	2,75
Год   Year	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Мужчины   Males	2,47	3,75	3,22	2,00	4,49	3,14
Женщины   Females	1,41	1,91	1,26	1,57	2,85	1,07
Год   Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Мужчины   Males	2,86	2,05	2,39	0,20	0,52	1,61
Женщины   Females	0,89	0,41	0,43	0,34	0,61	-0,08
Год   Year	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Мужчины   Males	-0,24	-0,74	-1,99	-2,29	-1,47	-3,06
Женщины   Females	-0,72	-1,54	-0,50	-1,53	-1,93	-1,11
Год   Year	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Мужчины   Males	-4,34	-6,72	-5,73	-6,52	-8,25	-7,94
Женщины   Females	-2,68	-3,08	-2,12	-4,24	-3,43	-3,80

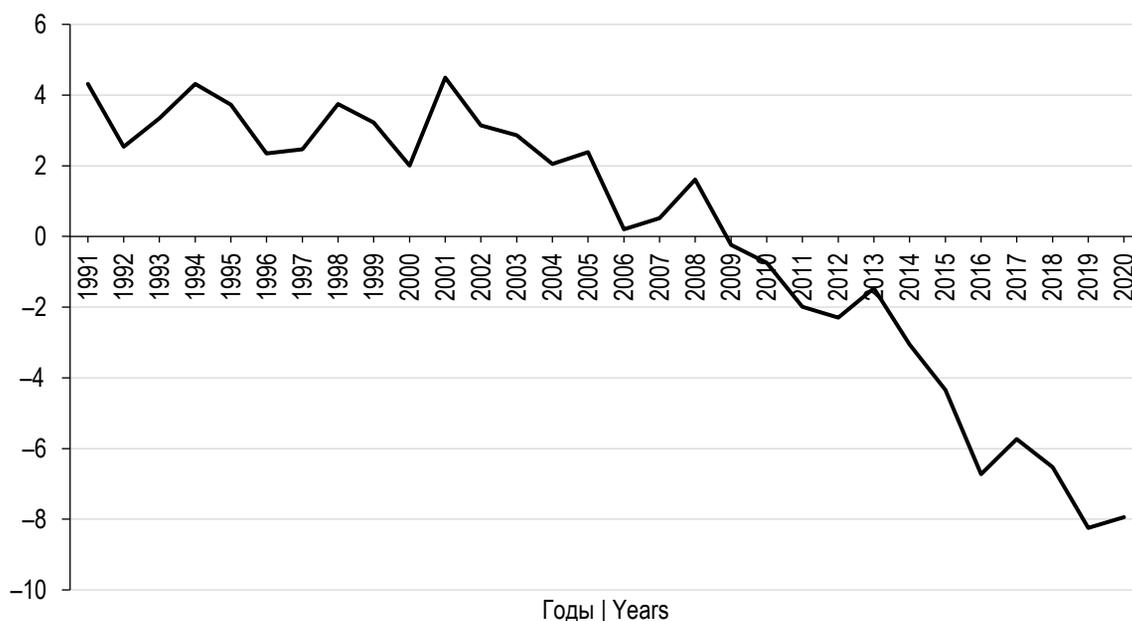
**Рис. 5.** Значения параметра  $b_x$  для базисного периода 1991–2020 гг.**Fig. 5.** Values of the  $b_x$  parameter for the baseline period 1991–2020.

увеличить, сократив период наблюдений. Также большой вклад в точность подгонки внесло разбиение на возрастные группы.

Для увеличения точности подгонки последовательно отбросили возрастные группы и моменты наблюдения, которые внесли наиболее большой вклад в необъяснённую дисперсию модели.

Ниже приведены ошибки модели, определённые как сумма квадратов отклонений реальных и модельных данных отдельно для каждой возрастной

группы и каждого года наблюдения. Они представлены в табл. 4, 5. Для увеличения точности подгонки удалим из периода наблюдений возрастные группы и года, соответствующие максимальной ошибке модели. В результате серии вычислительных экспериментов в качестве базисного периода выбран интервал с 1999 по 2020 г. Из возрастных групп исключили группы 0–4, 5–9, 10–14, 95–99, 100+, которые имеют слишком маленькую численность умерших, что приводит к статистической неточности и ошибкам в моделировании и прогнозировании.



**Рис. 6.** Значения параметра  $k_t$  для базисного периода 1991–2020 гг.

**Fig. 6.** Values of the  $k_t$  parameter for the base period 1991–2020.

**Таблица 4.** Ошибки модели для каждой возрастной группы

**Table 4.** Model errors for each age group

Возрастные группы Age groups	Сумма квадратов остатков по возрастам Sum of squared residuals by age
0–4	0,64
5–9	1,61
10–14	0,91
15–19	0,72
20–24	0,71
25–29	1,07
30–34	0,94
35–39	0,45
40–44	0,22
45–49	0,19
50–54	0,35
55–59	1,63
60–64	0,21
65–69	0,32
70–74	0,15
75–79	0,17
80–84	0,16
85–89	0,38
90–94	0,33
95–99	2,05
100+	7,85

Точность подгонки построенной модели на выбранном периоде составила 87,21%.

Следующим этапом исследования является получение прогнозов показателей смертности. Прогнозирование, как правило, является основной целью моделирования показателей смертности. Главным преимуществом модели Ли–Картера является её простота для прогнозирования будущих значений показателей смертности и ожидаемой продолжительности жизни, поскольку значения коэффициентов  $a_x$  и  $b_x$  постоянны и не зависят от времени. Для этого необходимо построить экстраполяцию индекса смертности  $k_t$ . Прогнозы возрастных коэффициентов смертности выводятся из прогнозов  $k_t$ .

На практике для моделирования и прогнозирования коэффициента  $k_t$  используют интегрированные модели авторегрессии — скользящего среднего ARIMA (p, d, q), модель АРПСС, модель Бокса–Дженкинса.

Перед применением ARIMA-модели необходимо провести предварительный анализ временного ряда, определить присутствие трендов, цикличности, сезонных колебаний и прочих особенностей, которые могут повлиять на результаты моделирования. По результатам анализа сделан вывод о нестационарности исходного ряда, что подтверждается расширенным тестом Дики–Фуллера (ADF=1,699,  $p=0,998$ ). Однако после применения операции взятия первой разности ряд стал стационарным, что также отражено в расширенном тесте Дики–Фуллера (ADF=-6,908817,  $p < 0,0001$ ). Таким образом, определено, что параметр модели  $d$  должен быть равен 1, то есть динамика временного ряда может быть описана моделью ARIMA (p, l, q).

Для подбора параметров модели p и q произвели визуальный анализ корреляционной и частной корреляционной

**Таблица 5.** Ошибки модели для каждого наблюдаемого года  
**Table 5.** Model errors for each observed year

Годы Years	Сумма квадратов остатков по годам Sum of squared residuals by year
1991	2,20
1992	2,38
1993	0,38
1994	0,30
1995	0,31
1996	0,90
1997	1,11
1998	0,86
1999	0,33
2000	2,45
2001	0,43
2002	0,24
2003	0,39
2004	0,39
2005	0,47
2006	1,05
2007	0,40
2008	1,13
2009	0,26
2010	0,46
2011	0,57
2012	0,42
2013	0,76
2014	0,41
2015	0,24
2016	0,63
2017	0,30
2018	0,29
2019	0,35
2020	0,67

функции. Коэффициенты корреляционной и частной автокорреляционной функции близки к нулю,  $p$ -уровень  $Q$ -статистики для первых трёх коэффициентов автокорреляционной функции: 0,26; 0,51; 0,64. Для более точного определения  $p$  и  $q$  выполнили перебор по сетке, качество модели оценили с помощью информационных критериев Акаике, Шварца и Ханнана–Куина. Наилучшей моделью с минимальными значениями критериев оказалась

модель случайного блуждания ARIMA с параметрами  $p=0$ ,  $d=1$ ,  $q=0$ . В результате получена следующая модель случайного блуждания с дрейфом для описания индекса смертности:

$$k_t = k_{t-1} - 0,338 + \varepsilon_t,$$

где  $k_t$  — индекс смертности в году  $t$ ,  $\varepsilon_t$  — случайные возмущения.

Параметр дрейфа  $\theta = -0,338$  оказался значимым, его знак определяет убывание индекса смертности. Анализ остатков на основании критерия Льюнга–Бокса на уровне значимости 0,05 показал отсутствие автокорреляции ( $p > 0,2$ ). Анализ автокорреляционной и частной автокорреляционной функций и тест на нормальность остатков подтвердили их соответствие процессу белого шума, то есть в остатках отсутствуют зависимости, модель пригодна для прогнозирования. Применение модели случайного блуждания с дрейфом для индекса смертности оказалось эффективным и показало высокий уровень достоверности, так как коэффициент детерминации  $R^2 = 0,951$ .

С использованием ARIMA-модели получили прогнозы индекса смертности (рис. 7).

Для дальнейшей оценки качества модели прогнозирования произвели сравнение прогнозируемых коэффициентов смертности с реальными данными. Элементы таблиц смертности найдены по формулам:

$$m_{x,t} = e^{b_x k_t + a_x},$$

где  $t = 1999, 2020$ ,  $x = 15-19, 20-24, \dots, 90-94$ ,  $a_x, b_x$  — постоянные во времени параметры модели Ли–Картера,  $k_t = k_{t-1} - 0,338$ . Средняя абсолютная процентная ошибка на базисном периоде ( $t = 1999, 2020$ ): MAPE = 6,1%.

На основе полученных прогнозов индекса смертности  $k_t$  составили таблицы смертности мужского населения на 2022–2023 г.:

$$m_{x,t} = e^{b_x k_t + a_x},$$

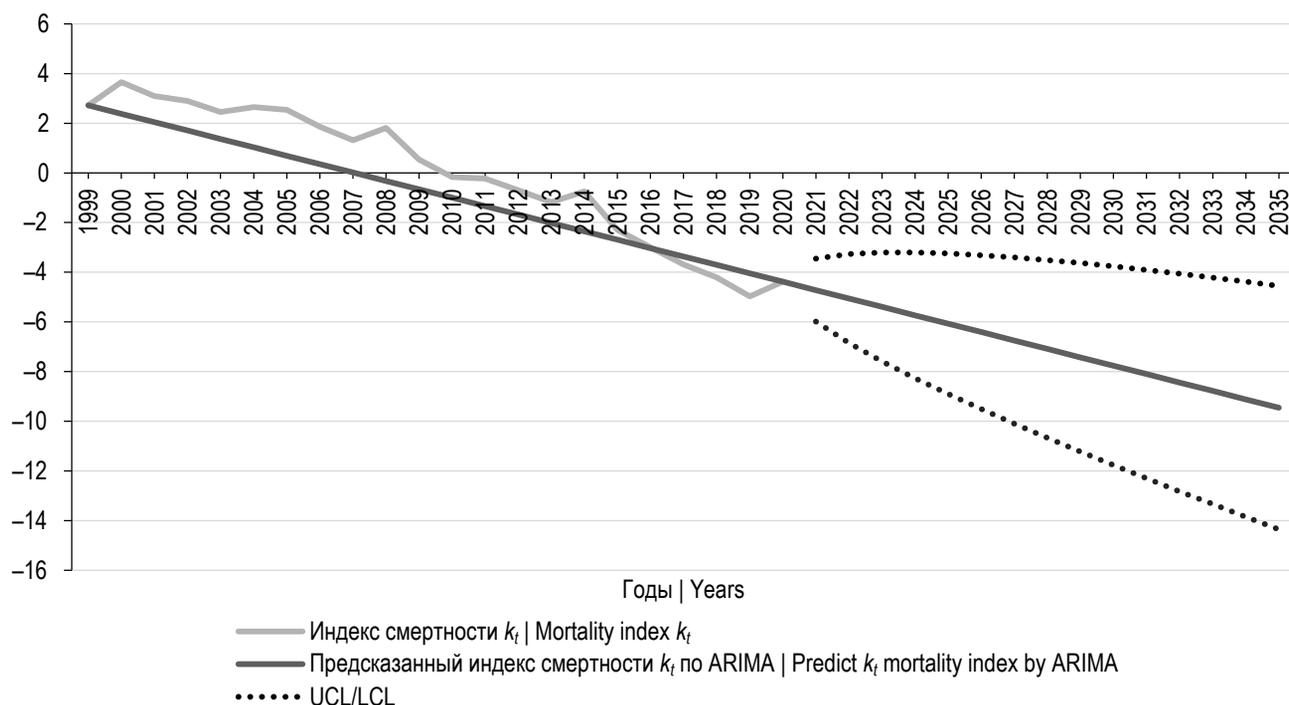
где  $t = 2022, 2023$ ,  $x = 15-19, 20-24, \dots, 90-94$ .

На прогнозируемом периоде также рассчитали метрику MAPE: MAPE(2022) = 5,6%, MAPE(2023) = 4,9%.

Таким образом, предложенная модель случайного блуждания с дрейфом пригодна для среднесрочного прогнозирования смертности мужского населения.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Пандемия COVID-19 значительно повлияла на жизнь людей по всему миру. К сожалению, многие страны столкнулись с увеличением числа смертей и болезней. Несмотря на эти трудности, стоит отметить положительные моменты. Прогнозы индекса смертности показывают, что в ближайшие годы смертность среди мужского населения в Оренбургской области продолжит падать, несмотря на неблагоприятное влияние пандемии. Это свидетельствует о росте уровня медицинского обслуживания в регионе, а также о высоком уровне медицинской подготовки и профессионализме медицинских работников.



**Рис. 7.** Прогноз индекса смертности до 2035 г.  
**Fig. 7.** Forecast of the mortality index until 2035.

С использованием прогнозов индекса смертности можно составить таблицы смертности на несколько ближайших лет и сделать вывод о том, какие группы населения могут испытывать определённые проблемы со здоровьем. Также можно провести анализ и прогнозирование для определённых возрастных групп, что даст возможность проводить более целенаправленную работу по предоставлению определённой категории населения качественной медицинской помощи.

В статье J. Cerda-Hernández и соавт. проиллюстрирована эффективность применения модели Ли–Катера при моделировании показателей смертности в Перу. В качестве панели данных были использованы показатели смертности населения за 14-летний период, составлен прогноз смертности и ожидаемая продолжительность жизни изучаемого населения, однако доверительные границы захватывали большой интервал значений, что, возможно, связано с вариабельностью прогноза [21].

В статье M. Belliard и соавт. описаны результаты прогноза ожидаемой продолжительности жизни к 2050 г. с помощью модели Ли–Катера. Модель имела высокий прогностический потенциал, но при увеличении зоны анализа прогностический уровень отличался от фактического [22].

В ходе исследования были выявлены серьёзные ограничения. При увеличении исследуемого диапазона данных прогностическая ценность модели снижалась. В связи с этим некоторые возрастные группы были исключены. Кроме того, особенностью полученной модели явилось то, что при высоком темпе прироста показателя

смертности в определённой возрастной группе также резко снижалась прогностическая ценность модели. Возможно, это связано с влиянием неизвестных факторов, которые оказывают воздействие на уровень смертности и на прогноз модели.

Кроме того, прогнозирование индекса смертности и составление на его основе таблиц смертности необходимо для определения средней ожидаемой продолжительности жизни в Оренбургской области. Будучи одним из наиболее важных показателей уровня жизни населения, средняя ожидаемая продолжительность жизни является важным критерием, для которого область может наметить различные социально-экономические цели и задачи. Таким образом, можно сделать вывод, что анализ показателей смертности имеет большое значение для определения приоритетов в работе медицинских учреждений, а также даёт возможность получить много полезной информации о здоровье и жизненном уровне населения области.

По результатам исследования может быть отмечено, что применение модели Ли–Катера для оценки данных по смертности не всегда является универсальным решением и может быть недостаточно точным. Так, модель Ли–Катера смогла описать только смертность мужского населения в Оренбургской области, но при этом описательная способность модели стала недостаточной для полного анализа данных. Возможно, проблема заключается в том, что базисный период, использованный для построения модели, был слишком коротким, поскольку метод изначально разработан и протестирован на данных о смертности населения США в течение столетия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на вышеуказанные сложности, точность подгонки при моделировании смертности мужского населения Оренбургской области составила около 87%, что позволяет использовать этот результат для долгосрочного прогнозирования.

Наиболее подходящей ARIMA-моделью, описывающей полученный временной ряд — индекс смертности, оказалась модель случайного блуждания с дрейфом, что согласуется с результатами других авторов.

Исследование показало, что пандемия не оказывает долгосрочного влияния на смертность, поскольку, согласно полученным прогнозам, смертность мужского населения в Оренбургской области продолжит снижаться в ближайшие годы.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов:** Е.Л. Борщук — существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи; Д.Н. Бегун — существенный вклад в концепцию исследования, утверждение окончательного варианта статьи; И.П. Болодурина — разработка концепции и дизайна исследования, подготовка окончательного варианта статьи; Л.И. Меньшикова — существенный вклад в концепцию исследования, окончательное утверждение присланной в редакцию рукописи; С.В. Колесник — обработка и интерпретация данных, моделирование, подготовка первичного варианта статьи;

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Землянова Е.В. Отношение населения и экспертного сообщества к мерам по снижению смертности населения России (обзор литературы) // Социальные аспекты здоровья населения. 2013. № 3. С. 3. EDN: QINGER
2. Болотова Е.В., Самородская И.В., Дудникова А.В. Структура смертности и потерянных лет потенциальной жизни от болезней, ассоциированных с органами дыхания, населения экономически активного возраста (15–72 лет) Российской Федерации в 2019 г. // Врач. 2021. Т. 32, № 11. С. 5–10. EDN: EHMGS doi: 10.29296/25877305-2021-11-01
3. Козлова О.А., Макарова М.Н., Тухтарова Е.Х., Беленкова Т.В. Условия труда как фактор влияния на показатели смертности населения в трудоспособном возрасте // Фундаментальные исследования. 2015. № 7-1. С. 161–165. EDN: UDXTXB
4. Низамов И.Г., Садыкова Т.И. Здоровье экономически активного населения как база социально-экономического развития России и ее регионов // Общественное здоровье и здравоохранение. 2012. № 4. С. 28–33. EDN: PMSMIT
5. Родионова Л.А., Копнова Е.Д. Статистические подходы к анализу и моделированию сезонности в демографических данных // Демографическое обозрение. 2019. Т. 6, № 2. С. 104–141. EDN: FJVXKS
6. Денисенко М.Б., Варшавская Е.Я. Продолжительность трудовой жизни в России // Экономический журнал высшей школы экономики. 2017. Т. 21, № 4. С. 592–622. EDN: YLBIWS
7. Иванова А.Е., Кондракова Э.В. Обоснование прогноза продолжительности жизни населения в регионах России до 2025 г. // Социальные аспекты здоровья населения. 2008. № 1. С. 8. EDN: JWWSNB
8. Лазарев А.В., Калининская А.А., Васильева Т.П. Организационные резервы сбережения здоровья населения от болезней системы кровообращения // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2020. Т. 28, № 5. С. 762–765. EDN: DGCWUU doi: 10.32687/0869-866X-2020-28-5-762-765
9. Темешова Н.В. Реализация в 2016–2020 годах концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года. В кн.: Государственное и муниципальное управление в Камчатском крае: проблемы и пути решения. Петропавловск-Камчатский, 2018. С. 70–78. EDN: YTTQTJ
10. Соян Ш.Ч. Продолжительность жизни как индикатор качества жизни населения // Природные ресурсы, среда и общество. 2021. № 3. С. 42–46. EDN: KXIIUS doi: 10.24412/2658-4441-2021-3-42-46
11. Лакман И.А., Аскарлов Р.А., Прудников В.Б., и др. Прогнозирование смертности по причинам в Республике Башкортостан на основе модели Ли–Картера // Проблемы прогнозирования. 2021. № 5. С. 124–138. EDN: ISEHRS doi: 10.47711/0868-6351-188-124-138

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution:** E.L. Borshchuk — a significant contribution to the concept and design of the study, approval of the final version of the article; D.N. Begun — a significant contribution to the concept of the study, approval of the final version of the article; I.P. Bolodurina — development of the concept and design of the study, preparation of the final version of the article; L.I. Menshikova — a significant contribution to the concept of the study, final approval of the manuscript; S.V. Kolesnik — data processing and interpretation, modeling, preparation of the first draft; A.N. Duisembayeva — collection of statistical data, preparation of the first draft. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

**Funding sources.** No external funding.

**Competing interests.** The authors declare no conflicts of interest.

12. Booth H. Demographic forecasting: 1980 to 2005 in review // *International Journal of Forecasting*. 2006. Vol. 22, N 3. P. 547–581. doi: 10.1016/j.ijforecast.2006.04.001
13. Cancho-Candela R., Llano J.M.A., Ardura-Fernández J. Decline and loss of birth seasonality in Spain: analysis of 33 421 731 births over 60 years // *Journal of Epidemiology & Community Health*. 2007. Vol. 61, N 8. P. 713–718. doi: 10.1136/jech.2006.050211
14. Lee R.D., Carter L.R. Modeling and forecasting U.S. mortality // *Journal of the American Statistical Association*. 1992. Vol. 87, N 419. P. 659–671. doi: 10.1080/01621459.1992.10475265
15. Haberman S., Russolillo M. Lee–Carter mortality forecasting: application to the Italian population. 2005. Actuarial Research Paper No. 167.
16. Хубаев Г.Н. Регрессионные модели для прогнозирования продолжительности жизни населения административно-территориальных образований: построение и оценка качества // *Бюллетень науки и практики*. 2018. Т. 4, № 9. С. 206–217. EDN: XZBZZR doi: 10.5281/zenodo.1418761
17. Супранюк С.Б., Топрак С. Прогноз смертности от сердечно-сосудистых, цереброваскулярных заболеваний жителей трудоспособного возраста региона. В кн.: *Актуальные вопросы научного знания*. Курган, 2020. С. 255–261. EDN: DHZBVD
18. Эделева А.Н., Стародубов В.И., Федоткин М.А., и др. Математическое моделирование в управлении эффективностью работы медицинских организаций, оказывающих помощь лицам пожилого возраста в стационарных условиях // *Социальные аспекты здоровья населения*. 2018. № 2. С. 2. EDN: XUFBWH
19. Buleshov M.A., Alipbekova S.N., Tuktibayeva S.A. Modern medical and social aspects of morbidity and mortality rates in the working age population // *Вестник Казахского национального медицинского университета*. 2021. № 1. С. 285–288. EDN: TJDVBJ
20. Зайцева Н.В., Кириянов Д.А., Камалдинов М.Р., и др. Анализ рисков потерь здоровья и комплексная оценка эффективности целевых мер территориальных систем здравоохранения по снижению смертности населения от сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний // *Здравоохранение Российской Федерации*. 2021. Т. 65, № 4. С. 302–309. EDN: DVUUDG doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-4-302-309
21. Cerda-Hernandez J., Sikov A. Lee–Carter method for forecasting mortality for Peruvian Population. 2018. Papers 1811.09622, arXiv.org.
22. Belliard M., Williams I. Proyección estocástica de la mortalidad. Una aplicación de Lee–Carter en la Argentina // *Revista Latinoamericana de Población*. 2013. Vol. 7, N 13. P. 129–148.

## REFERENCES

1. Zemlyanova E.V. Attitude of population and experts to the measures for reduction of mortality in Russia (literature review). *Social Aspects of Population Health*. 2013;(3):3. EDN: QINGER
2. Bolotova E.V., Samorodskaya I.V., Dudnikova A.V. The structure of mortality and potential years life lost from respiratory diseases of the population of economically active age (15–72 years) of the Russian Federation in 2019. *Vrach (The Doctor)*. 2021;32(11):5–10. EDN: EHMGS doi: 10.29296/25877305-2021-11-01
3. Kozlova O.A., Makarova M.N., Tukhtarova E.H., Belenkova T.V. The labour conditions as a factor of the working age population mortality. *Fundamental Research*. 2015;(7-1):161–165. EDN: UDXTXB
4. Nizamov I.G., Sadykova T.I. Health of economically active population as a basis of social-and-economical development of Russia and its regions. *Public Health and Health Care*. 2012;(4):28–33. EDN: PMSMIT
5. Rodionova L.A., Kopnova E.D. Statistical approaches to analysis and modeling of seasonality in demographic data. *Demographic Review*. 2019;6(2):104–141. EDN: FJVXKS
6. Denisenko M.B., Varshavskaya E.Ya. Working life expectancy in Russia. *Higher School of Economics Economic Journal*. 2017;21(4):592–622. EDN: YLBIWS
7. Ivanova A.E., Kondrakova E.V. Grounds for life expectancy projections in Russian regions up to 2025. *Social Aspects of Population Health*. 2008;(1):8. EDN: JVWSNB
8. Lazarev A.V., Kalininskaya A.A., Vasilieva T.P. Organizational reserves saving the population's health from diseases of the circulatory system. *Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine*. 2020;28(S):762–765. EDN: DGCWUU doi: 10.32687/0869-866X-2020-28-s1-762-765
9. Temeshova N.V. Implementation of the concept of demographic policy of the Russian Federation for the period till 2025 in 2016–2020. In: *State and municipal administration in the Kamchatka territory: problems and solutions*. Petropavlovsk-Kamchatsky; 2018. P. 70–78. EDN: YTTQTJ
10. Soyán ShCh. Life expectancy as an indicator of the quality of life of the population. *Natural Resources, Environment and Society*. 2021;(3):42–46. EDN: KXIIUS doi: 10.24412/2658-4441-2021-3-42-46
11. Lakman I.A., Askarov R.A., Prudnikov V.B., et al. Predicting mortality by causes in the Republic of Bashkortostan using the Lee–Carter model. *Problemy Prognozirovaniya*. 2021;(5):124–138. EDN: ISEHRS doi: 10.47711/0868-6351-188-124-138
12. Booth H. Demographic forecasting: 1980 to 2005 in review. *International Journal of Forecasting*, 2006;22(3):547–581. doi: 10.1016/j.ijforecast.2006.04.001
13. Cancho-Candela R., Llano J.M.A., Ardura-Fernández J. Decline and loss of birth seasonality in Spain: analysis of 33,421,731 births over 60 years. *Journal of Epidemiology & Community Health*. 2007;61(8):713–718. doi: 10.1136/jech.2006.050211
14. Lee R.D., Carter L.R. Modeling and forecasting U.S. mortality. *Journal of the American Statistical Association*. 1992;87(419):659–671. doi: 10.1080/01621459.1992.10475265
15. Haberman S., Russolillo M. Lee–Carter mortality forecasting: application to the Italian population. 2005. Actuarial Research Paper No. 167.
16. Khubaev G. Regression models for forecasting life period of population of administrative-territorial education: construction and evaluation of quality. *Bulletin of Science and Practice*. 2018;4(9):206–217. EDN: XZBZZR doi: 10.5281/zenodo.1418761
17. Supraniuk S.B., Toprak S. Forecast of mortality from cardiovascular and cerebrovascular diseases of working-age residents of the region. In: *Current Issues of Scientific Knowledge*. Kurgan; 2020, P. 255–261. EDN: DHZBVD

18. Edeleva AN, Starodubov VI, Fedotkin MA, et al. Mathematical modeling in performance management of medical organizations providing inpatient care to the elderly. *Social Aspects of Population Health*. 2018;(2):2. EDN: XUFBWH
19. Buleshov MA, Alipbekova SN, Tuktibayeva SA. Modern medical and social aspects of morbidity and mortality rates in the working age population. *Bulletin of the Kazakh National Medical University*. 2021;(1):285–288. EDN: TJDVBJ
20. Zaitseva NV, Kiryanov DA, Kamaltdinov MR, et al. Health risks analysis and complex procedure for estimating the effectiveness of targeted activities performed within regional public healthcare systems and aimed at reducing mortality among the population caused by cardiovascular diseases and oncological diseases. *Health Care of the Russian Federation*. 2021;65(4):302–309. EDN: DVUUDG doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-4-302-309
21. Cerda-Hernandez J, Sikov A. Lee-Carter method for forecasting mortality for Peruvian Population. 2018. Papers 1811.09622, arXiv.org.
22. Belliard M, Williams I. Proyección estocástica de la mortalidad. Una aplicación de Lee-Carter en la Argentina. *Revista Latinoamericana de Población*. 2013;7(13):129–148.

## ОБ АВТОРАХ

**Борщук Евгений Леонидович**, д-р мед. наук, профессор;  
ORCID: 0000-0002-3617-5908;  
eLibrary SPIN: 9276-2040;  
e-mail: be@orgma.ru

**Бегун Дмитрий Николаевич**, д-р мед. наук, профессор;  
ORCID: 0000-0002-8920-6675;  
eLibrary SPIN: 8443-4400;  
e-mail: doctorbegun@yandex.ru

**Болодурина Ирина Павловна**, д-р техн. наук, профессор;  
ORCID: 0000-0003-0096-2587;  
eLibrary SPIN: 4848-0669;  
e-mail: ipbolodurina@yandex.ru

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

**Колесник Светлана Валентиновна**;  
ORCID: 0009-0009-3008-0308;  
eLibrary SPIN: 7548-3688;  
e-mail: svkolesnik\_osu@mail.ru

**\*Дуйсембаева Айслу Нагашыбаевна**;  
адрес: Россия, 460000, Оренбург, пр. Парковый, 7;  
ORCID: 0000-0001-5762-4277;  
eLibrary SPIN: 7164-7107;  
e-mail: k.kro1@yandex.ru

## AUTHORS' INFO

**Evgeny L. Borshchuk**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;  
ORCID: 0000-0002-3617-5908;  
eLibrary SPIN: 9276-2040;  
e-mail: be@orgma.ru

**Dmitry N. Begun**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;  
ORCID: 0000-0002-8920-6675;  
eLibrary SPIN: 8443-4400;  
e-mail: doctorbegun@yandex.ru

**Irina P. Bolodurina**, Dr. Sci. (Engineering), Professor;  
ORCID: 0000-0003-0096-2587;  
eLibrary SPIN: 4848-0669;  
e-mail: ipbolodurina@yandex.ru

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

**Svetlana V. Kolesnik**;  
ORCID: 0009-0009-3008-0308;  
eLibrary SPIN: 7548-3688;  
e-mail: svkolesnik\_osu@mail.ru

**\*Aislu N. Duisembayeva**;  
address: 7 Park Ave., Orenburg, 460000, Russia;  
ORCID: 0000-0001-5762-4277;  
eLibrary SPIN: 7164-7107;  
e-mail: k.kro1@yandex.ru

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624154>

# Оценка риска развития общетоксических эффектов для здоровья населения, связанного с загрязнением дикорастущих грибов и ягод тяжёлыми металлами

Д.А. Степовая, Т.Н. Унгуриану

Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Снижение угрозы формирования недопустимых рисков, обусловленных химической контаминацией пищевой продукции, является одной из главных задач обеспечения продовольственной безопасности населения. Дикорастущие грибы и ягоды накапливают тяжёлые металлы из окружающей среды, что может повлиять на здоровье человека при их употреблении.

**Цель.** Оценить риск развития общетоксических эффектов для здоровья взрослого населения Архангельской области, связанный с употреблением дикорастущих грибов и ягод.

**Материал и методы.** Количество и частота употребления грибов и ягод взрослым населением Архангельской области изучены с помощью анкетирования ( $n=445$ ). Дозы поступления тяжёлых металлов, загрязняющих грибы и ягоды, рассчитаны для четырёх сценариев. Характеристика риска развития общетоксических эффектов при воздействии ртути, мышьяка, свинца и кадмия выполнена с помощью коэффициентов опасности (HQ). Для оценки риска развития неканцерогенных эффектов со стороны критических органов и систем использованы индексы опасности для веществ одностороннего действия (HI). Количественные данные представлены в виде медианы (Me), 95% доверительного интервала для медианы (95% ДИ), 90-го перцентиля ( $P_{90}$ ).

**Результаты.** Большинство респондентов собирают грибы (82%) и ягоды (70%) на территории Архангельской области самостоятельно. В среднем за неделю они употребляют 180 г свежих или замороженных ягод, 133 г ягод с морсом (соком, компотом), по 50 г грибов с супом или отварных/жареных грибов. Значения HQ для всех тяжёлых металлов не превышали 1,0; HI, рассчитанные для среднего уровня потребления грибов и ягод и среднего уровня загрязнения дикоросов тяжёлыми металлами, не превышали 1,0. При высоком уровне употребления грибов ( $P_{90}$  — 417 г/нед.) и ягод ( $P_{90}$  — 900 г/нед.) и высоком уровне их загрязнения тяжёлыми металлами формируется повышенный риск развития общетоксических эффектов со стороны эндокринной системы (HI=2,27), органов кровообращения (HI=2,0) и пищеварения (HI=2,0), нервной и иммунной систем (HI по 1,81), а также почек (HI=1,25). Установлено, что при среднем уровне загрязнения лесные грибы и ягоды можно употреблять без ограничений. При высоком уровне загрязнения грибов и ягод тяжёлыми металлами на уровне  $P_{90}$  не рекомендуется употреблять более чем 400 г лесных грибов и 650 г лесных ягод в день.

**Заключение.** Установлен повышенный риск развития общетоксических эффектов для эндокринной, нервной, иммунной систем, органов кровообращения и пищеварения при высоком употреблении дикорастущих грибов и ягод и верхней границе экспозиции тяжёлыми металлами.

**Ключевые слова:** грибы; ягоды; тяжёлые металлы; оценка риска; Архангельская область.

## Как цитировать:

Степовая Д.А., Унгуриану Т.Н. Оценка риска развития общетоксических эффектов для здоровья населения, связанного с загрязнением дикорастущих грибов и ягод тяжёлыми металлами // Экология человека. 2024. Т. 31, № 1. С. 77–88. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624154>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624154>

# Assessment of health risks posed by heavy metal contamination of wild mushrooms and berries

Daria A. Stepovaia, Tatiana N. Unguryanu

Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** One of the primary objectives in ensuring food security for the population is to reduce the mitigate the risk of chemical contamination in food. Wild mushrooms and berries have the potential to accumulate heavy metals from the environment, posing a threat to human health if consumed.

**AIM:** To assess the risk of developing general toxic effects associated with the consumption of wild mushrooms and berries on health of the adults living in the Arkhangelsk region.

**MATERIAL AND METHODS:** The amount and frequency of mushroom and berry consumption by the adult population of the Arkhangelsk region was assessed by a survey (n=445). Intake of heavy metals contaminating mushrooms and berries was calculated using four scenarios. Hazard Quotients (HQ) were used to characterize the risk of developing overall toxic effects due to exposure to mercury, arsenic, lead, and cadmium. Hazard Indexes (HI) for substances with unidirectional effects were employed to assess the risk of non-cancerous effects on critical organs and systems. Quantitative data were presented as medians (Me) with 95% confidence intervals (95% CI), and the 90th percentile ( $P_{90}$ ).

**RESULTS:** In total, 82% and 70% of respondents were engaged in collection of mushrooms and wild berries, respectively. On average, they reported consuming 180 grams of fresh or frozen berries, 133 grams of berries with juice, and 50 grams of mushrooms in soup or boiled/fried form per week. The Hazard Quotients (HQ) for all heavy metals did not exceed 1.0. The Hazard Index (HI) calculated for the average consumption of mushrooms and berries, as well as the average heavy metal contamination of wild plants was below 1.0.

However, at high levels of mushroom ( $P_{90}$  — 417 g/week) and berry ( $P_{90}$  — 900 g/week) consumption, along with high levels of heavy metal contamination, elevated risk of developing general toxic effects on the endocrine- (HI=2.27), cardiovascular- (HI=2.0), digestive- (HI=2.0), nervous- and immune systems (HI =1.81 for both) and kidneys (HI=1.25) were detected. Forest mushrooms and wild berries can be consumed without restriction at an average level of their contamination. However, in cases of heavy metal contamination of mushrooms and berries at the  $P_{90}$  level or above, it is not recommended to exceed daily consumption of 400 grams of forest mushrooms and 650 grams of wild berries.

**CONCLUSION:** Consuming high amounts of wild mushrooms and berries at the upper limit of exposure to heavy metals, may lead to an elevated risk of developing toxic effects on endocrine, nervous, immune, cardiovascular, and digestive systems.

**Keywords:** mushrooms; berries; heavy metals; risk assessment; Arkhangelsk region.

## To cite this article:

Stepovaia DA, Unguryanu TN. Assessment of health risks posed by heavy metal contamination of wild mushrooms and berries. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(1):77–88. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624154>

Received: 01.12.2023

Accepted: 12.07.2024

Published online: 27.07.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624154>

# 重金属污染野生蘑菇和浆果对公众健康造成一般毒性影响的风险评估

Daria A. Stepovaia, Tatiana N. Unguryanu

Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

## 简评

**论证。**减少食品化学污染造成的不可接受的风险威胁是确保居民食品安全的主要目标之一。野生蘑菇和浆果会从环境中积累重金属，食用后会影响人体健康。

**目的。**评估食用野生蘑菇和浆果对阿尔汉格尔斯克州成年人健康造成一般毒性影响的风险。

**材料与方法。**通过问卷调查 (n=445) 研究了阿尔汉格尔斯克州成年人食用蘑菇和浆果的数量和频率。污染蘑菇和浆果的重金属摄入量是按照四种情况进行计算。使用危险商数 (HQ) 对暴露于汞、砷、铅和镉的情况下产生一般毒性效应的风险进行了定性。为评估对关键器官和系统的非致癌影响风险，采用了单向物质危害指数 (HI)。定量数据以中位数 (Me)、中位数的 95% 置信区间 (95% CI)、第 90 百分位数 (P90) 表示。

**结果。**大多数受访者自己在阿尔汉格尔斯克州境内采集蘑菇 (82%) 和浆果 (70%)。他们平均每周食用 180 克新鲜或冷冻浆果、133 克浆果果酱 (果汁、果酱)、50 克蘑菇汤或煮蘑菇/炒蘑菇。所有重金属的 HQ 值均不超过 1.0。根据蘑菇和浆果的平均食用量以及野生植物重金属污染的平均水平计算出的 HI 值不超过 1.0。如果食用大量蘑菇 (P90 - 417 克/周) 和浆果 (P90 - 900 克/周)，且其重金属污染水平较高，则会增加内分泌系统 (HI=2.27)、循环系统 (HI=2.0) 和消化系统 (HI=2.0)、神经和免疫系统 (HI 为 1.81) 以及肾脏 (HI=1.25) 产生一般毒性影响的风险。研究发现，在平均污染水平下，可以不受限制地食用森林蘑菇和浆果。如果蘑菇和浆果的重金属污染程度较高 (P90)，则不建议每天食用超过 400 克的森林蘑菇和 650 克的森林浆果。

**结论。**大量食用野生蘑菇和浆果以及重金属暴露上限会增加对内分泌、神经、免疫系统、循环和消化器官产生一般毒性影响的风险。

**关键词：**蘑菇；浆果；重金属；风险评估；阿尔汉格尔斯克州。

## 引用本文：

Stepovaia DA, Unguryanu TN. 重金属污染野生蘑菇和浆果对公众健康造成一般毒性影响的风险评估. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(1):77–88. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624154>

收到: 01.12.2023

接受: 12.07.2024

发布日期: 27.07.2024

## ОБОСНОВАНИЕ

Одной из главных задач обеспечения безопасности питания населения является снижение угрозы формирования недопустимых рисков, обусловленных химической контаминацией пищевой продукции [1]. По данным Программы Арктического мониторинга и оценки [2] недостаточно информации об уровнях безопасности традиционных местных продуктов питания, в том числе дикорастущих грибов и ягод, на территории Арктической зоны Российской Федерации. Во многих исследованиях отмечена способность дикоросов аккумулировать тяжёлые металлы из воздуха, грунтовых вод и почвы в районах, подверженных загрязнению промышленными предприятиями [3–5]. На уровень содержания тяжёлых металлов в пищевых продуктах влияет их видовая специфика, концентрации токсикантов в почве и грунтовых водах, удалённость мест произрастания дикоросов от источника загрязнения. При поступлении с пищей тяжёлые металлы оказывают токсическое воздействие на организм человека, которое зависит от многих факторов: дозы, частоты и продолжительности воздействия, возраста, пола, индивидуальной восприимчивости и генетических особенностей [6]. Тяжёлые металлы, такие как свинец (Pb), мышьяк (As), кадмий (Cd) и ртуть (Hg), являются системными токсикантами и могут оказывать негативное воздействие на различные органы и системы, особенно на репродуктивную, нервную и выделительную системы [7–11]. При хроническом поступлении тяжёлых металлов в организм поражение нервной системы проявляется в виде астеновегетативного синдрома [8]. Тяжёлые металлы способны накапливаться в почках, вызывая гистологические и функциональные повреждения почечных канальцев, что приводит к развитию почечной недостаточности [11].

Для установления негативных эффектов здоровью при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду, используется методология оценки риска [12, 13]. Характеристика общетоксических (неканцерогенных) эффектов при экспозиции тяжёлых металлов позволяет учесть их аддитивное воздействие на критические органы и системы.

Ранее выполненные исследования выявили, что дикоросы, произрастающие на территории Архангельской области, содержат тяжёлые металлы в низких концентрациях [14, 15]. Источниками поступления тяжёлых металлов в окружающую среду на территории Архангельской области являются предприятия судостроения и машиностроения, целлюлозно-бумажной промышленности, предприятия теплоэнергетики, транспорт. Одним из путей поступления тяжёлых металлов в атмосферу региона является трансграничный перенос загрязнённых воздушных масс из центральных индустриальных районов России и Европы, что приводит к возрастанию содержания тяжёлых металлов во всех компонентах окружающей среды [16]. Принимая во внимание широкое употребление в пищу дикорастущих грибов

и ягод населением региона, проведение оценки риска для здоровья населения при воздействии тяжёлых металлов, загрязняющих дикоросы, является актуальным.

**Цель исследования.** Оценить риск развития общетоксических эффектов для здоровья взрослого населения Архангельской области, связанный с употреблением дикорастущих грибов и ягод.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Информация о содержании тяжёлых металлов в дикоросах за 2015–2021 гг. получена в испытательной лаборатории станции агрохимической службы «Архангельская». Проанализировали 132 пробы ягод и 94 пробы грибов, отобранных в лесном массиве вблизи Архангельска и Северодвинска, в Пинежском, Приморском, Онежском, Красноборском и Устьянском районах. Количественное определение Hg в пробах ( $n=88$ ) проводили с использованием колориметрического метода в соответствии с ГОСТ 26927–86 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути». As ( $n=129$ ) определяли на анализаторе «ПАН-As» с использованием метода инверсионной вольтамперометрии в соответствии с ГОСТ 31628–2012 «Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения массовой концентрации мышьяка». Содержание Pb ( $n=102$ ) и Cd ( $n=119$ ) определяли на атомно-абсорбционном анализаторе «Спектр-5» с использованием метода атомно-абсорбционной спектроскопии в соответствии с ГОСТ 30178–96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов».

Количество и частоту потребления грибов и ягод населением Архангельской области изучали с помощью анкетирования. Использовали модифицированную анкету Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи по частотному потреблению пищевых продуктов за прошедший месяц с указанием размера порций.

Было проанкетировано 445 человек в возрасте 18 лет и старше, постоянно проживающих в Архангельске, Новодвинске, Северодвинске и районах Архангельской области (Приморском, Пинежском, Холмогорском).

Неканцерогенный риск рассчитывали на основе концентраций тяжёлых металлов в дикорастущих грибах и ягодах, произрастающих на территории Архангельской области (табл. 1) [14]. Дозы поступления тяжёлых металлов, загрязняющих грибы и ягоды, рассчитывали с учётом количества их потребления и массы тела респондентов по четырем сценариям:

- первый сценарий (стандартный) — потребление дикоросов и содержание в них тяжёлых металлов на уровне медианы ( $M_e$ );
- второй сценарий — потребление дикоросов на уровне верхней границы экспозиции ( $P_{90}$ ) и содержание в них тяжёлых металлов на уровне  $M_e$ ;

**Таблица 1.** Концентрация тяжёлых металлов в дикорастущих грибах и ягодах Архангельской области**Table 1.** Concentration of heavy metals in wild mushrooms and berries in the Arkhangelsk region

Металлы Metals	Показатели Measures	Все виды грибов All types of mushrooms	Все виды ягод All types of berries	Пределы обнаружения Detection limits
Hg, мг/кг Hg (mg/kg)	Me 95% ДИ (CI)	0,013 0,011–0,022	0,006 0,004–0,011	0,003–0,6
As, мг/кг As (mg/kg)	Me 95% ДИ (CI)	0,034 0,027–0,082	0,031 0,021–0,054	0,02–2,0
Pb, мг/кг Pb (mg/kg)	Me 95% ДИ (CI)	0,083 0,039–0,134	0,065 0,036–0,099	0,01–1,0
Cd, мг/кг Cd (mg/kg)	Me 95% ДИ (CI)	0,040 0,030–0,062	0,022 0,015–0,033	0,01–1,0

- третий сценарий — потребление грибов и ягод на уровне Me и высокий уровень загрязнения дикоросов ( $P_{90}$ );
- четвёртый сценарий (наихудший) — высокое потребление грибов и ягод ( $P_{90}$ ) и содержание металлов на уровне  $P_{90}$ .

Расчёты уровней риска здоровью населения, связанного с загрязнением дикорастущих грибов и ягод, выполняли в соответствии с «Руководством по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания» [12] и методическими указаниями «Определение экспозиции и оценка риска воздействия химических контаминантов пищевых продуктов на население» [13]. Принимая во внимание, что изучаемые тяжёлые металлы (Hg, Pb, Cd, As) обладают кумулятивными свойствами, дозовую нагрузку рассчитывали с учётом недельного потребления ягод и грибов по формуле 1:

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

где  $E_{xp}$  — (значение экспозиции контаминантом), мг/кг массы тела в неделю;

$C_i$  — концентрация вещества в конкретных пищевых продуктах, мг/кг;

$M_i$  — масса потребления продукта, кг/нед.;

BW — рассчитанная средняя масса тела респондентов (68 кг);

N — общее количество продуктов, включённых в исследование.

Характеристику риска развития общетоксических эффектов для отдельных веществ осуществляли путём расчёта коэффициентов опасности (HQ) — отношения воздействующей дозы химического вещества к его безопасному (референтному) уровню воздействия (формула 2):

$$HQ_i = \frac{E_{xp}}{RfDo}, \quad (2)$$

где  $HQ_i$  — коэффициент опасности воздействия вещества  $i$ ;

$E_{xp}$  — доза, мг/кг массы тела в неделю;

RfDo — референтная доза при пероральном поступлении, мг/кг/нед.

В качестве референтных доз для исследуемых металлов использовали значения условного переносимого недельного поступления [12].

Для оценки риска развития неканцерогенных эффектов со стороны критических органов и систем рассчитывали индексы опасности (HI) — сумма коэффициентов опасности для веществ с одинаковым механизмом действия (формула 3).

$$HI = \sum HQ_i, \quad (3)$$

где HI — индекс опасности;

$HQ_i$  — коэффициенты опасности для химических веществ, оказывающих действие на одинаковые критические органы и системы.

Если  $HQ$  и  $HI$  не превышали 1,0, то данный уровень риска рассматривался как допустимый.

Рекомендуемое суточное безопасное поступление (Recommended food daily intake limit, RFDIL) дикорастущих ягод и грибов с учётом содержания в них тяжёлых металлов рассчитывали в соответствии с методом, представленным А.А. Дударевым и соавт. [17], по формуле 4:

$$RFDIL = \frac{TDI \times BW}{C}, \quad (4)$$

где RFDIL — рекомендуемое суточное безопасное поступление, кг/день на человека;

TDI — допустимая суточная доза, мг/кг, разработанная объединённым экспертным комитетом FAO/ВОЗ по пищевым добавкам [18, 19];

BW — средняя масса тела респондентов (68 кг);

C — концентрация загрязняющего вещества, мг/кг.

Проверку распределения количественных данных проводили с применением статистического критерия Колмогорова–Смирнова. В связи с тем, что распределение данных статистически значимо отличалось от нормального, для их описания использовали медиану (Me), 95% доверительный интервал для медианы (95% ДИ), 90-й перцентиль ( $P_{90}$ ). Категориальные переменные описывали в виде процентных соотношений. Критический

уровень статистической значимости принимали равным 0,05. Для статистического анализа данных использовали программное обеспечение STATA, версия 17.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Средний возраст респондентов составил 37 лет ( $P_{25-75}$ : 24–50 лет). Среди опрошенных преобладали женщины (77%). По роду деятельности наибольшее число респондентов являлись специалистами (40%), учащимися вузов и колледжей (20%) и пенсионерами (12%). Средняя масса тела анкетированных взрослых составила 68 кг ( $P_{25-75}$ : 58–80 кг).

В результате анкетирования выявлено, что 96% респондентов употребляют лесные ягоды и 83% — лесные грибы. Большинство опрошенных собирают ягоды и грибы самостоятельно на территории Архангельской области (82 и 70% соответственно).

Треть респондентов потребляют от одного до пяти видов ягод и грибов, около 45% — от шести до десяти видов ягод и грибов. Среди ягод респонденты отдали предпочтение по употреблению бруснике, клюкве и чернике, среди грибов — белым грибам, подберёзовикам и подосиновикам.

Выявлено, что на частоту потребления грибов и ягод влияет сезон года. В условиях климата Архангельской области, как и на других арктических территориях, население больше потребляет грибы и ягоды в тёплый сезон года, что обусловлено сезонностью произрастания дикоросов.

Установлено, что в тёплый период года 8,8% опрошенных употребляют ягоды ежедневно, а в холодный период — только 2,7% респондентов. В летне-осенний сезон

большинство опрошенных потребляют ягоды с частотой 2–3 раза в неделю (27,6%), грибы — от 1 раза в неделю до 1 раза в месяц (32,4%). В зимне-весенний сезон большая часть респондентов потребляет ягоды и грибы 1 раз в месяц (35,3 и 55,3% соответственно).

Респонденты, потребляющие лесные ягоды, за неделю в среднем употребляют 180 г свежих или замороженных ягод, 133 г ягод с морсом (соком, компотом), 38 г мочёных ягод, 33 г варенья из ягод и 13 г ягод в начинке для пирогов. Респонденты, потребляющие лесные грибы, за неделю в среднем употребляют по 50 г грибов с супом или отварных/жареных грибов, 25 г солёных грибов, 15 г маринованных грибов и 20 г икры из грибов. На уровне  $P_{90}$  потребление ягод в 2–8 раз, а грибов в 6–12 раз выше по сравнению со средним потреблением на уровне Me (табл. 2).

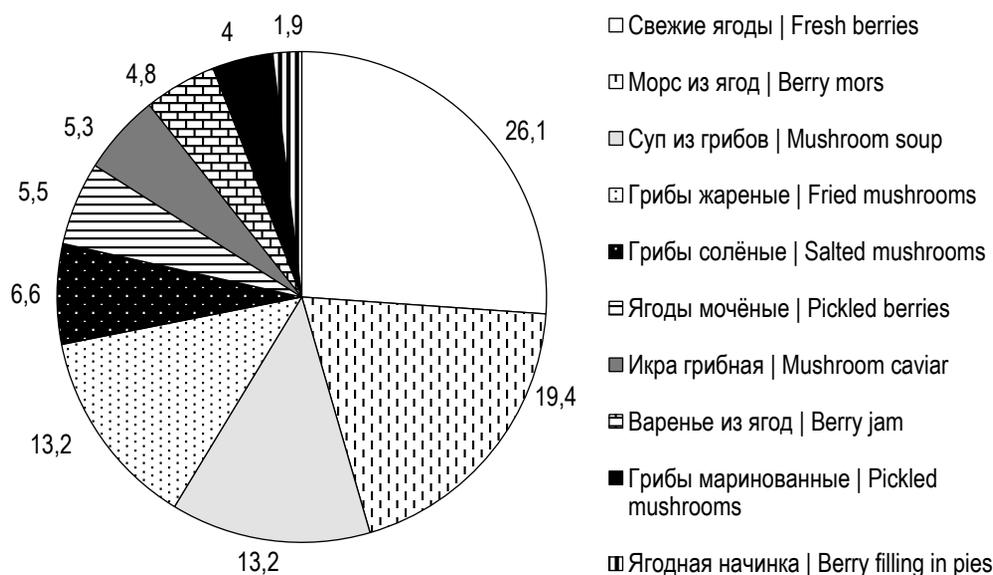
Сравнительная характеристика рассчитанных доз по четырём сценариям выявила, что количество потребляемых грибов и ягод имеет существенное значение в дозовой нагрузке контаминатами. Однако вклад ягод в суммарную дозовую нагрузку всеми металлами для первого сценария выше, чем для грибов, и составил 53–70%. Для второго и третьего сценариев установлен наибольший вклад ягод в дозовую нагрузку As (60–63%), Pb (60%) и Cd (51–56%), для четвёртого сценария — только As (53%). Вклад грибов в суммарную дозу Hg выше, чем ягод, для второго, третьего и четвёртого сценариев (53–65%), Pb — для второго и четвёртого сценариев (51 и 58% соответственно), Cd — для четвёртого сценария (51%).

Значения HQ для всех тяжёлых металлов и по всем сценариям воздействия не превышали 1,0, что соответствует допустимому уровню риска. Для первого и третьего

**Таблица 2.** Количество ягод, грибов и блюд из них, употребляемых взрослым населением Архангельской области за неделю, граммов на 1 человека

**Table 2.** Amount of berries, mushrooms, and dishes made from them consumed by the adult population of the Arkhangelsk region per week, grams per person

Вид продукта Product	Медиана Median	$P_{90}$ 90th percentile	95% ДИ для медианы 95% CI for the median
Ягоды свежие   Fresh berries	180	900	60–180
Ягоды замороженные   Frozen berries	180	440	60–180
Варенье из ягод/ягоды, дроблённые с сахаром Berry jam/berries crushed with sugar	33	100	17–33
Мочёные ягоды   Pickled berries	38	300	25–97
Начинка из ягод   Berry filling in pies	13	100	13–17
Сок, морс, компот из ягод   Berry juice, mors, compote	133	667	133–200
Суп из грибов   Mushroom soup	50	417	41–83
Отварные/жареные грибы   Boiled/fried mushrooms	50	300	25–90
Солёные грибы   Salted mushrooms	25	300	25–75
Маринованные грибы   Pickled mushrooms	15	180	15–25
Икра грибная   Mushroom caviar	20	148	10–25



**Рис. 1.** Вклад лесных грибов и ягод и блюд из них в суммарную дозу тяжёлых металлов, %.

**Fig. 1.** Contribution of wild mushrooms, berries, and dishes made from them to the total intake of heavy metals, %.

сценариев воздействия значения HQ расположились в следующем убывающем порядке: Cd → Pb → As → Hg. Для второго и четвёртого сценариев воздействия порядок расположения уровней HQ следующий: As → Pb → Cd → Hg. Это свидетельствует о том, что при среднем уровне загрязнения грибов и ягод тяжёлыми металлами наибольшую опасность для здоровья представляет Cd, а при верхней границе экспозиции на уровне  $P_{90}$  — As (табл. 3).

Анализ вклада отдельных блюд из ягод и грибов в суммарную дозу (рис. 1) тяжёлых металлов, независимо

от сценария воздействия, показал, что употребление свежих ягод и морса вносит вклад 26,1 и 19,4% соответственно. Вклад супа из грибов и жареных грибов в дозовую нагрузку тяжёлыми металлами составил по 13,2%. Вклад солёных и маринованных грибов, икры грибной был 6,6, 4,8 и 5,3% соответственно. Доля вклада ягодной начинки, варенья и мочёных ягод незначительна и составляет 1,9, 4,8 и 5,5% соответственно.

Значения HI для критических органов и систем при воздействии тяжёлых металлов, обладающих односторонним действием, для первого, второго и третьего

**Таблица 3.** Дозы (мкг/кг/нед.) и коэффициенты опасности (ед.) тяжёлых металлов, поступающих в организм при потреблении грибов и ягод

**Table 3.** Doses ( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{week}$ ) and hazard coefficients (units) of heavy metals entering the body through the consumption of mushrooms and berries.

Металлы   Metals	Сценарий 1   Scenario 1	Сценарий 2   Scenario 2	Сценарий 3   Scenario 3	Сценарий 4   Scenario 4
<b>Дозы, мкг/кг/неделя   Doses, <math>\mu\text{g}/\text{kg}/\text{week}</math></b>				
Ртуть   Mercury	0,07	0,18	0,48	1,34
Мышьяк   Arsenic	0,26	2,13	1,82	15,23
Свинец   Lead	0,58	1,79	4,04	13,24
Кадмий   Cadmium	0,22	0,44	1,60	3,19
<b>Коэффициент опасности (HQ), ед.   Hazard Quotient (HQ), units</b>				
Ртуть   Mercury	0,01	0,04	0,10	0,27
Мышьяк   Arsenic	0,02	0,14	0,12	1,02
Свинец   Lead	0,02	0,07	0,16	0,53
Кадмий   Cadmium	0,03	0,06	0,23	0,46

*Примечание.*  $HQ \leq 1,0$  соответствует допустимому (приемлемому) риску, при  $HQ > 1$  вероятность возникновения вредных эффектов у человека возрастает пропорционально увеличению HQ.

*Note.*  $HQ \leq 1.0$  corresponds to the acceptable risk, when  $HQ > 1$ , the the probability of occurrence of harmful effects in humans increases proportionally to the increase in HQ.

**Таблица 4.** Индексы опасности для критических органов и систем при потреблении грибов и ягод, загрязнённых тяжёлыми металлами**Table 4.** Hazard index for critical organs and systems associated with the consumption of mushrooms and berries contaminated with heavy metals

Критические органы и системы Organs and systems	Сценарий 1 Scenario 1	Сценарий 2 Scenario 2	Сценарий 3 Scenario 3	Сценарий 4 Scenario 4
Эндокринная система   Endocrine system	0,09	0,31	0,61	2,27
Органы кровообращения   Circulatory organs	0,07	0,28	0,51	2,00
Органы пищеварения   Digestive organs	0,07	0,28	0,51	2,00
Почки   Kidneys	0,07	0,17	0,49	1,25
Система крови   Blood system	0,05	0,13	0,39	0,99
Нервная система   Nervous system	0,05	0,25	0,38	1,81
Иммунная система   Immune system	0,05	0,25	0,38	1,81

*Примечание.*  $HI \leq 1,0$  соответствует минимальному риску;  $HI=1,1-3,0$  соответствует допустимому (приемлемому) риску.

*Note.*  $HI \leq 1.0$  corresponds to minimal risk;  $HI=1.1-3.0$  corresponds to permissible (acceptable) risk.

сценариев воздействия не превышали 1,0, что соответствует допустимому риску (табл. 4). Для четвёртого сценария значения HI, превышающие 1,0, установлены для эндокринной системы (2,27), органов кровообращения (2,00) и пищеварения (2,00), почек (1,25), нервной и иммунной систем (по 1,81). Основной вклад в HI для первого, второго и третьего сценариев воздействия вносят ягоды (50–64%), для четвёртого сценария — грибы (51–57%). Таким образом, при высоком потреблении грибов и высоком уровне их загрязнения тяжёлыми металлами формируется повышенный риск развития общетоксических эффектов со стороны эндокринной системы, органов кровообращения и пищеварения, почек и иммунной системы.

Принимая во внимание фактические уровни загрязнения грибов и ягод, произрастающих на территории Архангельской области, рассчитали допустимое безопасное для здоровья населения их потребление (табл. 5).

Установлено, что при среднем уровне загрязнения лесные грибы и ягоды можно употреблять без ограничений. При высоком уровне загрязнения грибов и ягод тяжёлыми металлами ( $P_{90}$ ) не рекомендуется употреблять более чем 400 г лесных грибов и 650 г лесных ягод в день.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящем исследовании выполнена оценка опасности развития общетоксических эффектов для здоровья населения Архангельской области при воздействии тяжёлых металлов, содержащихся в дикорастущих грибах и ягодах. Значения HQ для всех тяжёлых металлов и по всем сценариям воздействия не превышали 1,0, что соответствует допустимому уровню риска. Установлен повышенный риск развития общетоксических эффектов со стороны критических органов и систем только

**Таблица 5.** Допустимые безопасные уровни потребления грибов и ягод (г/день) в зависимости от концентрации в них тяжёлых металлов**Table 5.** Upper limits of recommended daily intake of mushrooms and berries (grams per day) by concentration of heavy metals.

Металлы Metals	Лесные грибы   Forest mushrooms		Лесные ягоды   Forest berries	
	Медиана Median	$P_{90}$ 90th percentile	Медиана Median	$P_{90}$ 90th percentile
Ртуть   Mercury	Без ограничений No limits	880	Без ограничений No limits	Без ограничений No limits
Мышьяк   Arsenic	Без ограничений No limits	400	Без ограничений No limits	650
Свинец   Lead	Без ограничений No limits	630	Без ограничений No limits	Без ограничений No limits
Кадмий   Cadmium	Без ограничений No limits	820	Без ограничений No limits	Без ограничений No limits
Все металлы   All metals	Без ограничений No limits	400	Без ограничений No limits	650

при высоком потреблении дикорастущих грибов и ягод и верхней границе экспозиции тяжёлыми металлами, при этом основной вклад в HI для этого сценария воздействия принадлежит грибам.

Уровни риска зависят от количества потребляемых дикоросов и содержания в них металлов. Как показало настоящее исследование, потребление свежих ягод населением Архангельской области составляет 180 г в неделю, что сопоставимо с потреблением лесных ягод населением в Финляндии (158 г в неделю) [20]. Потребление дикорастущих (отварных/жареных) грибов в Архангельской области составило 50 г в неделю, что в 2 раза меньше по сравнению с количеством потребляемых лесных грибов населением в Мурманской области (96 г в неделю) [21].

Содержание Hg, Cd, Pb в дикорастущих грибах южных стран по сравнению с нашим исследованием на 20–40% ниже. Средние концентрации As в дикоросах Архангельской области ниже на 16 и 38%, чем в дикорастущих грибах, исследованных в Китае (0,040 мг/кг) и Бангладеш (0,047 мг/кг) [22, 23].

Сравнительная характеристика вклада тяжёлых металлов в дозовую нагрузку при потреблении дикоросов Архангельской области выявила, что при стандартном сценарии основной вклад в дозу вносит Pb (51%), при наихудшем сценарии — As (46%). Исследование, выполненное в Печенгском районе Мурманской области, показало основной вклад грибов в поступление Pb (35%) и Cd (91%) с пищевым рационом [21]. В Польше грибы являются значимым источником Hg и Cd, вклад этих металлов в дозовую нагрузку составляет 43 и 28% соответственно [24].

Как и в нашем исследовании, так и в работах других авторов [22, 23, 25, 26], рассчитанные HI для взрослого населения на уровне среднего потребления дикоросов не превышали 1,0. В исследовании, выполненном в Польше [24], установлен повышенный риск развития заболеваний сердечно-сосудистой и нервной систем при регулярном потреблении взрослым населением дикорастущих грибов. В Румынии значения HI для детского населения при потреблении дикоросов, загрязнённых тяжёлыми металлами, составили 3,3–6,5 в возрастных группах 1–3 года и 6–10 лет, что соответствует повышенному уровню риска [27].

В Чукотском автономном округе установлено низкое содержание тяжёлых металлов в грибах, произрастающих на территории региона. Проанализированные пробы дикорастущих ягод содержали Cd в концентрациях, превышающих гигиенический норматив [28]. Установлено, что грибы, собранные в прибрежной зоне Берингова пролива, могут употребляться без ограничений, а потребление ягод не должно превышать 300 г/день [17]. В нашем исследовании допустимое безопасное потребление дикоросов, содержащих тяжёлые металлы на уровне верхней границы экспозиции ( $P_{90}$ ), выше и составило для грибов — 400 г/день, для ягод — 650 г/день.

Одним из ограничений настоящего исследования является преобладание женщин среди опрошенных (77%), что может повлиять при экстраполяции результатов исследования на популяцию, так как различие в частоте и количестве употребления дикорастущих грибов и ягод между мужчинами и женщинами могут быть существенными. Кроме того, исследование было проведено в ограниченный промежуток времени — с мая по октябрь 2021 г. Респонденты могли испытывать сложности при указании частоты употребления дикоросов в зимне-весенний сезон года, что могло отразиться на частоте их употребления в холодный период года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Среднее потребление дикорастущих грибов и ягод, произрастающих на территории Архангельской области, при среднем уровне их загрязнения тяжёлыми металлами является безопасным для здоровья населения. При высоком уровне потребления грибов и ягод и высоком уровне загрязнения дикоросов тяжёлыми металлами существует повышенный риск развития общетоксических эффектов для эндокринной системы, органов кровообращения и пищеварения, почек, иммунной системы. При высоком уровне загрязнения грибов и ягод тяжёлыми металлами ( $P_{90}$ ) не рекомендуется употреблять более 400 г лесных грибов и 650 г лесных ягод в день. Существующая система исследований содержания контаминантов в продовольственном сырье и продуктах питания в рамках надзорных мероприятий и производственного контроля не включает дикоросы. В этой связи целесообразно организовать мониторинг, который позволит систематически исследовать уровни химических веществ, включая тяжёлые металлы, в дикорастущих грибах и ягодах.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Д.А. Степовая — получение, анализ и интерпретация данных, разработка первого варианта статьи; Т.Н. Унгуряну — существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, анализ и интерпретацию данных, написание текста, редактирование. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в разработку концепции, исследование и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный вариант перед публикацией).

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors contribution.** D.A. Stepovaia obtained, analyzed, interpreted the data and wrote the first draft of the article; T.N. Unguryany made

a significant contribution to the concept and design of the study, obtained, analyzed, interpreted the data, wrote, and edited the text. All authors confirm that their authorship complies with the international ICMJE criteria. Both authors made a significant contribution to the

development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication.

**Funding source.** No external funding

**Competing interests.** The authors declare no competing interests.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попова А.Ю. Анализ риска — стратегическое направление обеспечения безопасности пищевых продуктов // Анализ риска здоровью. 2018. № 4. С. 4–12. EDN: YUGRWH doi: 10.21668/health.risk/2018.4.01
2. AMAP, 2015. AMAP Assessment 2015: Human Health in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, 2015.
3. Безель В.С., Мухачёва С.В., Трубина М.Р., Воробейчик Е.Л. Химическое загрязнение среды: накопление тяжёлых металлов дикорастущими ягодами и грибами, оценка риска их потребления населением среднего Урала // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. 2012. № 3. С. 39–47. EDN: THABUH
4. Кацнельсон Б.А., Мажаева Т.В., Привалова Л.И., и др. О значимости накопления свинца и кадмия в съедобных грибах как фактора риска для здоровья населения // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2011. № 1. С. 12–16. EDN: OPFCPD
5. Zhang J., Barańkiewicz D., Hanć A., et al. Contents and health risk assessment of elements in three edible ectomycorrhizal fungi (boletaceae) from polymetallic soils in Yunnan province, SW China // Biol Trace Elem Res. 2020. Vol. 195, N 1. P. 250–259. doi: 10.1007/s12011-019-01843-y
6. Tchounwou P.B., Yedjou C.G., Patlolla A.K., Sutton D.J. Heavy metal toxicity and the environment // Exp Suppl. 2012. Vol. 101. P. 133–164. doi: 10.1007/978-3-7643-8340-4\_6
7. Bakhireva L.N., Rowland A.S., Young B.N., et al. Sources of potential lead exposure among pregnant women in New Mexico // Matern Child Health J. 2013. Vol. 17, N 1. P. 172–179. doi: 10.1007/s10995-012-0963-5
8. Ермагамбетова А.П., Кабдрахманова Г.Б., Козбагаров К.Е., и др. О влиянии ксенобиотиков на нервную систему (обзор) // Вестник Алматинского государственного института усовершенствования врачей. 2011. № 3. С. 22–24. EDN: VYTSOD
9. Kumar S., Sharma A. Cadmium toxicity: effects on human reproduction and fertility // Rev Environ Health. 2019. Vol. 34, N 4. P. 327–338. doi: 10.1515/reveh-2019-0016
10. Heidari S., Mostafaei S., Razazian N., et al. The effect of lead exposure on IQ test scores in children under 12 years: a systematic review and meta-analysis of case-control studies // Syst Rev. 2022. Vol. 11, N 1. P. 106. doi: 10.1186/s13643-022-01963-y
11. Кузнецова Е.Г., Шияев Р.Р., Громова О.А., Фадеева О.Ю. Токсичные микроэлементы и их роль в развитии нефропатий у детей // Нефрология. 2007. Т. 11, № 2. С. 31–38. EDN: JUEQOV doi: 10.24884/1561-6274-2007-11-2-31-38
12. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания (Р 2.1.10.3968-23). М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2023.
13. Определение экспозиции и оценка риска воздействия химических загрязнителей пищевых продуктов на население. Методические указания (МУ 2.3.7-2519-09). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010.
14. Унгурияну Т.Н., Степовая Д.А., Беляевская И.А., и др. Оценка химической и радиологической безопасности дикорастущих грибов и ягод, произрастающих на территории Архангельской области // Экология человека. 2023. Т. 30, № 1. С. 17–27. EDN: GHBMFA doi: 10.17816/humeco110972
15. Калинина Е.А., Бойкова Т.Е., Белозерова Т.И., и др. Контроль содержания тяжёлых металлов (Ni, Cu, Cr, Pb, Fe) в грибах Архангельской области. В кн.: Инженерные технологии: химия, биология, медицина и информационные технологии в промышленности: сборник научных статей международной научной конференции. Волгоград, 2020. С. 50–53. EDN: YFSBID
16. Зимовец А.А. Некоторые особенности распределения тяжёлых металлов в почвах Севера Европейской территории России (на примере почв Архангельской области) // Антропогенная трансформация природной среды. 2010. № 1. С. 303–309. EDN: WKXDQZ
17. Dudarev A.A., Yamin-Pasternak S., Pasternak I., Chupakhin V.S. Traditional diet and environmental contaminants in Coastal Chukotka IV: recommended intake criteria // Int J Environ Res Public Health. 2019. Vol. 16, N 5. P. 696. doi: 10.3390/ijerph16050696
18. Evaluation of certain contaminants in food: seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives // WHO technical report series. N 959.
19. Evaluation of certain contaminants in food: seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives // WHO technical report series. N 960.
20. Pöykiö R., Mäenpää A., Perämäki P., et al. Heavy metals (Cr, Zn, Ni, V, Pb, Cd) in lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea* L.) and assessment of human exposure in two industrial areas in the Kemi-Tornio region, Northern Finland // Arch Environ Contam Toxicol. 2005. Vol. 48, N 3. P. 338–343. doi: 10.1007/s00244-004-0074-4
21. Дударев А.А., Душкина Е.В., Сладкова Ю.Н., и др. Оценка риска здоровью населения при экспозиции к металлам, содержащимся в местных продуктах питания и питьевой воде в Печенгском районе Мурманской области // Медицина труда и промышленная экология. 2015. № 11. С. 25–32. EDN: UXVBYZ
22. Liu S., Fu Y., Shi M., et al. Pollution level and risk assessment of lead, cadmium, mercury, and arsenic in edible mushrooms from Jilin Province, China // Journal of Food Science. 2021. Vol. 86, N 8. P. 3374–3383. doi: 10.1111/1750-3841.15849
23. Rashid M.H., Rahman M.M., Correll R., Naidu R. Arsenic and other elemental concentrations in mushrooms from Bangladesh:

- health risks // *Int J Environ Res Public Health*. 2018. Vol. 15, N 5. P. 919. doi: 10.3390/ijerph15050919
24. Orywal K., Socha K., Nowakowski P., et al. Health risk assessment of exposure to toxic elements resulting from consumption of dried wild-grown mushrooms available for sale // *PLoS One*. 2021. Vol. 16, N 6. P. e0252834. doi: 10.1371/journal.pone.0252834
25. Širić I., Kumar P., Eid E.M., et al. Occurrence and health risk assessment of cadmium accumulation in three tricholoma mushroom species collected from wild habitats of Central and Coastal Croatia // *J Fungi (Basel)*. 2022. Vol. 8, N 7. P. 685. doi: 10.3390/jof8070685
26. Fu Z., Liu G., Wang L. Assessment of potential human health risk of trace element in wild edible mushroom species collected from Yunnan Province, China // *Environ Sci Pollut Res Int*. 2020. Vol. 27, N 23. P. 29218–29227. doi: 10.1007/s11356-020-09242-w
27. Zsigmond A.R., Varga K., Harangi S., et al. Elemental profile of edible mushrooms from a forest near a major Romanian city // *Acta Universitatis Sapientiae, Agriculture and Environment*. 2015. Vol. 7. P. 98–107. doi: 10.1515/ausae-2015-0009
28. Dudarev A.A., Chupakhin V.S., Vlasov S.V., Yamin-Pasternak S. Traditional diet and environmental contaminants in coastal Chukotka III: metals // *Int J Environ Res Public Health*. 2019. Vol. 16, N 5. P. 699. doi: 10.3390/ijerph16050699

## REFERENCES

1. Popova AYu. Risk analysis as a strategic sphere in providing food products safety. *Health Risk Analysis*. 2018;(4):4–12. EDN: YUGRWH doi: 10.21668/health.risk/2018.4.01
2. AMAP, 2015. AMAP Assessment 2015: Human Health in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo; 2015.
3. Bezel VS, Mukhacheva SV, Trubina MR, Vorobeichik EL. Environmental chemical pollution: accumulation of heavy metals in berries and edible mushrooms, risk assessment by their consumption for population of Middle Urals. *Problemy biogeokhimii i geokhimicheskoi ekologii*. 2012;(3):39–47. (In Russ.) EDN: THABUH
4. Katsnelson BA, Mazhayeva TV, Privalova LI, et al. The significance of the lead and cadmium accumulation in wild-growing edible mushrooms as a population health risk factor. *Journal of Ural Medical Academic Science*. 2011;(1):12–16. (In Russ.) EDN: OPFCPD
5. Zhang J, Barańkiewicz D, Hanć A, et al. Contents and health risk assessment of elements in three edible ectomycorrhizal fungi (boletaceae) from polymetallic soils in Yunnan province, SW China. *Biol Trace Elem Res*. 2020;195(1):250–259. doi: 10.1007/s12011-019-01843-y
6. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy metal toxicity and the environment. *Exp Suppl*. 2012;101:133–164. doi: 10.1007/978-3-7643-8340-4\_6
7. Bakhireva LN, Rowland AS, Young BN, et al. Sources of potential lead exposure among pregnant women in New Mexico. *Matern Child Health J*. 2013;17(1):172–179. doi: 10.1007/s10995-012-0963-5
8. Ermagambetova AP, Kabdrakhmanova GB, Kozbagarov KE, et al. Influence of xenobiotics on nervous system (review). *Herald of Almaty State Institute of Advanced Medical Education*. 2011;3:22–24. EDN: VYTSOD
9. Kumar S, Sharma A. Cadmium toxicity: effects on human reproduction and fertility. *Rev Environ Health*. 2019;34(4):327–338. doi: 10.1515/reveh-2019-0016
10. Heidari S, Mostafaei S, Razazian N, et al. The effect of lead exposure on IQ test scores in children under 12 years: a systematic review and meta-analysis of case-control studies. *Syst Rev*. 2022;11(1):106. doi: 10.1186/s13643-022-01963-y
11. Kuznetsova EG, Shilyaev RR, Gromova OA, Fadeeva OYu. Toxic microelements and their role in the development of nephropathies in children. *Nephrology*. 2007;11(2):31–38. EDN: JUEQOV doi: 10.24884/1561-6274-2007-11-2-31-38
12. Guidelines for assessing the risk to public health from exposure to chemicals that pollute the environment (R 2.1.10.3968-23). Moscow: Federal'nyi tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii; 2023. (In Russ.)
13. Determination of exposure and assessment of the risk of exposure to chemical contaminants of food products on the population. Methodological guidelines. Moscow: Federal'nyi tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora; 2010. (In Russ.)
14. Unguryanu TN, Stepovaia DA, Belyaevskaya IA, et al. Assessment of the chemical and radiological safety of wild mushrooms and berries growing in the Arkhangelsk region. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(1):17–27. EDN: GHBMFA doi: 10.17816/humeco11097
15. Kalinina EA, Boykova TE, Belozerova TI, et al. Control of the content of heavy metals (Ni, Cu, Cr, Pb, Fe) in mushrooms of the Arkhangelsk region. In: *Engineering technologies: chemistry, biology, medicine and information technologies in industry: collection of scientific articles of the international scientific conference*. Volgograd; 2020. P. 50–53. (In Russ.) EDN: YFSBID
16. Zimovec AA. Some features of heavy metals distribution in soils of the North European territory of Russia (on example Arkhangelsk area's soils). *Anthropogenic Transformation of Nature*. 2010;1:303–309. EDN: WKXDQZ
17. Dudarev AA, Yamin-Pasternak S, Pasternak I, Chupakhin VS. Traditional diet and environmental contaminants in Coastal Chukotka IV: recommended intake criteria. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(5):696. doi: 10.3390/ijerph16050696
18. Evaluation of certain contaminants in food: seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives // WHO technical report series. N 959.
19. Evaluation of certain contaminants in food: seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives // WHO technical report series. N 960.
20. Pöykiö R, Mäenpää A, Perämäki P, et al. Heavy metals (Cr, Zn, Ni, V, Pb, Cd) in lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea* L.) and assessment of human exposure in two industrial areas in the Kemi-Tornio region, Northern Finland. *Arch Environ Contam Toxicol*. 2005;48(3):338–343. doi: 10.1007/s00244-004-0074-4
21. Dudarev AA, Dushkina EV, Sladkova YuN, et al. Evaluating health risk caused by exposure to metals in local foods and drinkable water in Pechenga district of Murmansk region. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2015;11:25–32. EDN: UXVBYZ

22. Liu S, Fu Y, Shi M, et al. Pollution level and risk assessment of lead, cadmium, mercury, and arsenic in edible mushrooms from Jilin Province, China. *Journal of Food Science*. 2021;86(8):3374–3383. doi: 10.1111/1750-3841.15849
23. Rashid MH, Rahman MM, Correll R, Naidu R. Arsenic and other elemental concentrations in mushrooms from Bangladesh: health risks. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(5):919. doi: 10.3390/ijerph15050919
24. Orywal K, Socha K, Nowakowski P, et al. Health risk assessment of exposure to toxic elements resulting from consumption of dried wild-grown mushrooms available for sale. *PLoS One*. 2021;16(6):e0252834. doi: 10.1371/journal.pone.0252834
25. Širić I, Kumar P, Eid EM, et al. Occurrence and health risk assessment of cadmium accumulation in three tricholoma mushroom species collected from wild habitats of Central and Coastal Croatia. *J Fungi (Basel)*. 2022;8(7):685. doi: 10.3390/jof8070685
26. Fu Z, Liu G, Wang L. Assessment of potential human health risk of trace element in wild edible mushroom species collected from Yunnan Province, China. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2020;27(23):29218–29227. doi: 10.1007/s11356-020-09242-w
27. Zsigmond AR, Varga K, Harangi S, et al. Elemental profile of edible mushrooms from a forest near a major Romanian city. *Acta Universitatis Sapientiae, Agriculture and Environment*. 2015;7:98–107. doi: 10.1515/ausae-2015-0009
28. Dudarev AA, Chupakhin VS, Vlasov SV, Yamin-Pasternak S. Traditional diet and environmental contaminants in coastal Chukotka III: metals. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(5):699. doi: 10.3390/ijerph16050699

## ОБ АВТОРАХ

### \*Степовая Дарья Алексеевна;

адрес: Россия, 163000, Архангельск, пр. Троицкий, 51;

ORCID: 0000-0003-1512-9838;

eLibrary SPIN: 8759-1012;

e-mail: stepovaia.d.a@gmail.com

### Унгуряну Татьяна Николаевна, д-р мед. наук, доцент;

ORCID: 0000-0001-8936-7324;

eLibrary SPIN: 7358-1674;

e-mail: ungunyanu\_tn@mail.ru

## AUTHORS' INFO

### \*Daria A. Stepovaia;

address: 51 Troitsky avenue, 163000, Arkhangelsk, Russia;

ORCID: 0000-0003-1512-9838;

eLibrary SPIN: 8759-1012;

e-mail: stepovaia.d.a@gmail.com

### Tatiana N. Unguryanu, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor;

ORCID: 0000-0001-8936-7324;

eLibrary SPIN: 7358-1674;

E-mail: ungunyanu\_tn@mail.ru

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author