

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

ЭКОЛОГИЯ



ЧЕЛОВЕКА

**EKOLOGIYA CHELOVEKA
(HUMAN ECOLOGY)**

Volume 30, Issue 9, 2023

9

Том 30

2023


ЭКО • ВЕКТОР

УЧРЕДИТЕЛИ:

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

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

ИЗДАТЕЛЬ:

ООО «Эко-Вектор»

Адрес: 191186, г. Санкт-Петербург, Аптекарский переулок, д. 3, литера А, помещение 1Н

E-mail: info@eco-vector.com

WEB: https://eco-vector.com

РЕДАКЦИЯ:

Адрес: 163069, г. Архангельск,

пр. Троицкий, д. 51.

Тел. +7 (818) 220 6563;

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

ИНДЕКСАЦИЯ:

– SCOPUS

– Google Scholar

– Ulrich's Periodicals directory

– ядро РИНЦ

– Russian Science Citation Index

– Norwegian National Center for Research Data

– реферативный журнал и база данных

ВИНИТИ

– Global Health

– CAB Abstracts

– ProQuest

– InfoBase Index

– EBSCO Publishing (на платформе EBSCOhost)

– КиберЛенинка

Оригинал-макет подготовлен в издательстве

«Эко-Вектор».

Литературный редактор: Н.А. Лебедева

Корректор: Н.А. Лебедева

Верстка: О.В. Устинкова

Перевод: А.А. Богачев

Сдано в набор 08.02.2024.

Подписано в печать 16.02.2024.

Выход в свет 05.03.2024.

Формат 60 × 88%. Печать офсетная.

Заказ 4-1428-1v. Цена свободная.

Печ. л. 9,5. Уч.-изд. л. 8,8. Усл. печ. л. 5,2.

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

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 содержа-

ние 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. 2023. Т. 30, № 9.

ISSN 1728-0869 (Print)

ISSN 2949-1444 (Online)

ЭКОЛОГИЯ

Ч Е Л О В Е К А

Ежемесячный научный рецензируемый журнал

Том 30 • № 9 • 2023

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.

Профили, по которым журнал включён в «Перечень ВАК»:

03.00.00. Биологические науки, 03.02.00. Общая биология,

03.03.00. Физиология, 14.00.00. Медицинские науки,

14.01.00. Клиническая медицина, 14.02.00. Профилактическая

медицина, 05.00.00. Технические науки,

05.26.00. Безопасность деятельности человека.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Заместители главного редактора:

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

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

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

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

И. Н. Болотов (Архангельск), Р. В. Бузинов (Архангельск), П. Вейхе (Фарерские острова), М. Гисслер (Финляндия/Швеция), Л. Н. Горбатова (Архангельск),

Р. Джонсон (США), Н. В. Доршакова (Петрозаводск), П. С. Журавлев (Архангельск),

Н. В. Зайцева (Пермь), А. Ингве (Швеция), Р. Каледене (Литва),

В. А. Карпин (Сургут), П. Магнус (Норвегия), В. И. Макарова (Архангельск),

А. Л. Максимов (Магадан), А. О. Марьяндышев (Архангельск),

И. Г. Мосягин (Санкт-Петербург), Э. Нибоер (Канада), Г. Г. Онищенко (Москва),

К. Пярна (Эстония), А. Раутио (Финляндия), Ю. А. Рахманин (Москва),

Г. Роллин (ЮАР), М. Рудге (Бразилия), Й. Руис (Испания),

А. Г. Соловьев (Архангельск), Г. А. Софронов (Санкт-Петербург),

В. И. Торшин (Москва), Т. Н. Унгурияну (Архангельск),

В. П. Чащин (Санкт-Петербург), В. А. Черешнев (Москва),

З. Ши (Катар), К. Ю (Китай), К. Янг (Канада)



ЭКО • ВЕКТОР

FOUNDERS:

- Northern State Medical University;
- Eco-Vector

PUBLISHER:

Eco-Vector

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

191186 Saint Petersburg, 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.A. Bogachev

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 30 • Issue 9 • 2023

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

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

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

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

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

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

Deputy Editors-in-Chief:

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

Оригинальные исследования

И.Б. Ушаков, В.К. Шамрей, В.А. Башарин, А.И. Колчев, Л.С. Шпиленя, А.А. Ховпачев

Применение психоактивных веществ в боевых условиях армиями зарубежных стран 659

Е.Ю. Шашкова, Е.В. Поповская, О.Е. Филиппова, Л.С. Щёголева

Соотношение иммунокомпетентных клеток, иммуноглобулинов и цитокинов у лиц с коморбидным фоном после COVID-19 в арктическом регионе 671

Т.Е. Данова

Волны жары и холода на территории Крымского полуострова и здоровье населения 681

А.В. Брусенцова, Д.В. Турчанинов, Н.В. Гозадзе, В.А. Зуева, Е.А. Вильмс

Гигиеническая оценка пищевого поступления алюминия в организм у взрослого населения региона Западной Сибири. 695

Д.С. Новиков, Н.И. Латышевская

Прогнозирование риска здоровью населения юга России с применением спутниковых и климатических показателей засушливости. 707

Протоколы исследований

А.А. Симакова, А.В. Кудрявцев, М.А. Горбатова, С.Н. Драчев, Т.Н. Юшманова,

А.В. Подрезова, А.М. Гржибовский, Л.Н. Горбатова

Стоматологическое здоровье взрослого населения г. Архангельска: профиль исследования 721

CONTENTS

Original Study Articles

I.B. Ushakov, V.K. Shamrey, V.A. Basharin, A.I. Kolchev, L.S. Shpilenya, A.A. Khovpachev
Use of psychoactive substances by foreign armed forces in combat situations 659

E.Yu. Shashkova, E.V. Popovskaya, O.E. Philippova, L.S. Shchegoleva
The ratio of immunocompetent cells, immunoglobulins and cytokines in individuals
with a comorbid background after COVID-19 in the Arctic region. 671

T.E. Danova
Heat and cold waves on the Crimean Peninsula and their impact on population health. 681

A.V. Brusentsova, D.V. Turchaninov, N.V. Gogadze, V.A. Zueva, E.A. Vilms
Hygienic assessment of aluminum intake in the adult population of Western Siberia 695

D.S. Novikov, N.I. Latyshevskaya
Forecasting the health risk to the south of Russia population using satellite
and climate indicators of aridity. 707

Clinical Trial Protocol

*A.A. Simakova, A.V. Kudryavtsev, M.A. Gorbatova, S.N. Drachev, T.N. Yushmanova,
A.V. Podrezova, A.M. Grijbovski, L.N. Gorbatova*
Dental health in the adult population of Arkhangelsk: a study protocol. 721

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco601826>

Применение психоактивных веществ в боевых условиях армиями зарубежных стран

И.Б. Ушаков², В.К. Шамрей¹, В.А. Башарин¹, А.И. Колчев¹, Л.С. Шпиленя¹, А.А. Ховпачев¹¹ Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия² Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обобщение опыта использования психоактивных соединений армиями зарубежных стран в боевой обстановке актуально, поскольку эффективное решение медицинских последствий затронутой проблемы возможно лишь после изучения исторического аспекта и предпосылок их применения. В настоящем обзоре проанализирован исторический опыт использования психоактивных соединений в боевых условиях армиями зарубежных стран. Проведён поиск научных литературных источников, опубликованных в базе PubMed и на платформе Научной электронной библиотеки eLIBRARY.ru. Анализ литературных данных о применении психоактивных веществ армиями зарубежных стран во время различных войн и вооружённых конфликтов показал их широкое использование в качестве боевых психостимуляторов и токсичных химических веществ, а также терапевтических и наркотических средств. Последние, вне зависимости от цели их применения, обладая высоким аддиктивным потенциалом, нередко способствовали вспышкам наркомании как среди войск, так и среди мирного населения. Широкое использование психоактивных веществ в условиях современных «цветных революций» и гибридных войн обостряет проблему сохранения психического здоровья не только текущего, но и будущих поколений.

Ключевые слова: психоактивные вещества; психостимуляторы; токсические вещества; наркотические средства; инкапаситанты; эрготизм; боевой стресс.

Как цитировать:

Ушаков И.Б., Шамрей В.К., Башарин В.А., Колчев А.И., Шпиленя Л.С., Ховпачев А.А. Применение психоактивных веществ в боевых условиях армиями зарубежных стран // Экология человека. 2023. Т. 30, № 9. С. 659–669. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco601826>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco601826>

Use of psychoactive substances by foreign armed forces in combat situations

Igor B. Ushakov², Vladislav K. Shamrey¹, Vadim A. Basharin¹, Alexander I. Kolchev¹, Leonid S. Shpilenny¹, Aleksey A. Khovpachev¹

¹ S.M. Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

² A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

ABSTRACT

Systematization of the experience of using psychoactive compounds by foreign armed forces in combat situations is important and relevant since effective solutions to the medical consequences of the issue is possible to address only through the understanding the historical aspects and prerequisites for their use. We analyzed the historical experience of the use of psychoactive compounds in combat situations by foreign armed forces. Articles published in scientific literature was searched using the PubMed database and the Scientific Electronic Library at www.eLIBRARY.ru. The analysis of the identified literature has shown that psychoactive substances have been frequently used by the armies of foreign countries in wars and armed conflicts as combat psychostimulants and toxic chemicals, as well as therapeutic and narcotic drugs. The latter, regardless of the purpose of their use, have a substantial addictive potential, often contributed to increases in drug addiction among both the military and the civilians. The widespread use of psychoactive substances in the conditions of modern “color revolutions” and hybrid wars threatens the goal of preserving mental health of the present and future generations.

Keywords: psychoactive substances; psychostimulants; toxic substances; narcotic drugs; incapacitants; ergotism; combat stress.

To cite this article:

Ushakov IB, Shamrey VK, Basharin VA, Kolchev AI, Shpilenny LS, Khovpachev AA. Use of psychoactive substances by foreign armed forces in combat situations. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(9):659–669. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco601826>

Received: 02.10.2023

Accepted: 24.11.2023

Published online: 14.12.2023

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время особую актуальность приобретает обобщение опыта использования психоактивных соединений в различных войнах и вооруженных конфликтах, в том числе новых гибридных войнах [1, 2], так как эффективное решение медицинских последствий этой проблемы возможно лишь после изучения истории развития представлений о рассматриваемых соединениях и перспективы их применения в условиях боевых действий.

Начиная с древнейших времен, вещества подобного рода занимали, как минимум, четыре области, сопряжённые с их применением:

- в качестве боевых психостимуляторов и терапевтических средств;
- в качестве наркотических средств;
- в виде боевых токсичных химических веществ;
- в качестве средств «подавления воли» при допросах военнопленных.

Вместе с тем перечисленные области не исчерпывают весь спектр психоактивных веществ (ПАВ), используемых в период боевых действий, в том числе, исходя из выгоды их производства и торговли для финансирования военной деятельности [3].

Анализ истории прошедших войн убедительно доказывает, что объектом противоборства в бою выступают не только особенности боевых действий, характер используемого вооружения, военной и специальной техники, но и профессиональные и морально-психологические качества личного состава (их боеспособность, мотивационная готовность, стрессоустойчивость и т.д.). Не случайно, что в большинстве армий мира психоактивные соединения занимают особое место в профилактике и коррекции боевого стресса и в целом стресс-ассоциированных психических расстройств [4]. Исторически вещества подобного рода использовались в качестве психостимуляторов (средств введения в «боевой транс»). В настоящее время они представляют довольно обширную группу лекарственных препаратов, повышающих скорость реакции, настроение, психическую и физическую работоспособность (боеспособность), вызывая чувство бодрости, снижая усталость и потребность во сне. При этом зарубежные концепции их применения в исторической перспективе существенно отличаются своей радикальностью от отечественной школы боевой фармакологии, для которой характерен максимально щадящий подход за счёт применения акропротекторов, ноотропов и других средств с низким аддиктивным потенциалом, метаболического («неистощающего») типа действия [5].

Подавление страха и введение себя в «оптимальное» состояние, в том числе с целью купирования острого стрессового состояния, нередко ведут к самопроизвольному (немедицинскому) потреблению психоактивных средств (для снятия эмоционального напряжения, тяжёлых боевых переживаний и т.д.) и, как следствие, к росту

аддиктивного поведения среди военнослужащих (алкоголизации, наркотизации, других форм зависимости). Достаточно даже беглого анализа, чтобы убедиться в том, что увеличение заболеваемости алкоголизмом и наркоманиями у комбатантов тесно связано с прошедшими войнами [6], а появление и распространение на нелегальном наркорынке целого ряда наркотических и психотропных средств, во многом, обусловлены всё теми же военными действиями.

Помимо вышеизложенного, многие психоактивные соединения обладают свойствами подавления воли и блокирования механизмов самоконтроля, в связи с чем в армиях зарубежных стран их нередко используют в качестве средств повышения внушаемости («наркотики допроса»). Наряду с этим психоактивные вещества также позиционируют как средства подрыва боевой готовности и морального духа противника с целью снижения боеготовности противника, временного выведения его из строя. В этом отношении следует отметить, что риск применения оружия массового поражения, в том числе потенциальное использование отравляющих веществ, особенно в условиях современных информационных технологий, оказывает сильнейшее негативное психологическое действие на военнослужащих, провоцируя тем самым немедикаментозное употребление ПАВ. В этой связи важно отметить, что наиболее ранние, выводящие из строя эффекты любого вида химического и ядерного средства поражения в значительной степени сопряжены с воздействием на психику человека, будь то отравление фосфорорганическими отравляющими веществами, поражение ипритами или ионизирующими излучениями. Вместе с тем среди боевых токсических химических веществ существует и отдельная категория, направленная преимущественно на изменение психического состояния — средства психотомиметического действия. Погоня за оружием подобного рода также имеет долгую историю, уходящую своими корнями в практики шаманов и эпидемии эрготизма.

В настоящем обзоре проанализирован исторический опыт использования психоактивных соединений в боевых условиях армиями зарубежных стран.

Поиск первоисточников

Проведён поиск научных исследований, опубликованных в последние годы и представленных в библиографической базе данных PubMed и на платформе Научной электронной библиотеки eLIBRARY.ru.

ДРЕВНИЙ МИР И СРЕДНИЕ ВЕКА

Первым упоминаемым растением с психоактивными свойствами считают Мак снотворный (*Papaver somniferum L.*), история потребления которого восходит к цивилизации древних шумеров. В раскопках поселений шумеров, датированных 5 тыс. лет до н. э., найдены письменные свидетельства об одурманивающих свойствах дыма горящего

мака. Ряд исследователей считает, что это свойство находило свое применение при осаде крепостей [3].

Психоактивные свойства мака активно применяли древние греки, римляне и арабы. Именно греческая культура дала название препарату млечного сока коробочек мака — опиум (опий). Морфин — основной алкалоид мака (опиат), реализуя агонизм к μ -опиодным рецепторам, приводит к выраженной анальгезии, анксиолизису и эйфории. В эпоху раннего Средневековья во время завоеваний арабов, для которых опиум служил суррогатом запрещённого исламом вина, культура опиийного мака проникла дальше на Восток.

В Европу опиум проникает как лекарственное средство в эпоху крестовых походов на Палестину. В те же времена в Европе начинается культивирование мака. Так Карл Великий (748–814 гг.) в своих капитуляриях приказал возделывать мак в каждом крестьянском саду и дал возможность платить налоги его семенами [7]. Считали, что опиум наделён как целебной силой, так и токсическими свойствами, поэтому он был основным компонентом териакон — универсальных антидотов. Из опия готовили комбинированные рецептуры различного назначения: филиониум, диоскоридиум, парегорик, доверов порошок, ланкастерские капли, которые также использовали как средства снижения страха в бою [8].

В качестве боевых токсикантов первое эффективное военное применение психотропных средств отождествляют с подавлением Магарбалом, офицером карфагенской армии Ганнибала, восстания африканских племен около 200 г. до н. э. Зная, что племя противника страстно любило вино, Магарбал смешал его с перетёртым корнем Мандрагоры лекарственной (*Mandragora officinarum* L.). Последняя, как и многие другие растения семейства паслёновых (*Solanaceae*), продуцирует тропановые алкалоиды — скополамин и гиосциамин, — которые обладают центральным М-холиноблокирующим влиянием и приводят к амнезии, психозу и делирию, переходящему в наркотический сон. После незначительной стычки полководец симулировал бегство, оставив в удерживаемом лагере часть имущества и все бочки с вином. Когда африканцы захватили лагерь и жадно выпили одурманенное вино, отряд карфагенян вернулся и вырезал опьянённого противника [9]. Известна менее успешная попытка применения производных тропана уже в Средние века, во время третьей англо-голландской войны 1672–1674 гг.

Среди психоактивных соединений особняком стоят алкалоиды спорыньи. Считают, что эпидемии отравлений спорыньёй, или эрготизма (фр. *ergot* — «рожки»), по масштабам были сравнимы с чумой. Их использование напрямую связывают с началом крестовых походов, бесноватыми описаниями «встреч с нечистью» и «видений конца света», охотой на ведьм и еретиков [10]. В Средние века эрготизм в Европе приобрел характер пандемии [11, 12].

К алкалоидам спорыньи относят семейство эрготоксинов, вызывающих острые и хронические формы

эрготизма. Эрготизм представляет микотоксикоз, который характеризуется попаданием в организм токсинов грибов-паразитов. Данное состояние в наибольшей степени ассоциировано со Спорыньёй пурпурной (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) и чёрной (*C. nigricans* Tul.).

Токсический процесс эрготизма связан с пероральными интоксикациями заражёнными хлебобулочными изделиями из злаковых. Однако для водорастворимых эргометрина и эргометринина, на долю которых, как правило, приходится до 20% от экстрагируемой суммы алкалоидов, возможен и ингаляционный механизм доставки. Последнее считают прямой причиной массовой встречаемости психозов, рассматриваемых рядом исследователей как серотониновый синдром при судорожной форме эрготизма, обусловленный центральной катехоламинергической стимуляцией, в особенности 5HT_{2A/2C}-рецепторов [13, 14]. Отличительными признаками данного состояния считают дергающиеся движения, походящие на «дикую пляску», иногда встречаемую под названием «пляска святого Вита» [10]. Существенно, что массовый характер вспышек подобного рода наблюдали после выхода рек из пойм и подтапливания прибрежных полей злаковых культур, заражённых спорыньёй, что, по всей видимости, сопровождалось образованием эргометринсодержащих испарений [7].

Обычай введения в состояние боевого транса, как уже отмечалось, известны с древних времён. Применение с этой целью природных средств осуществляли скандинавские воины-берсерки, а также солдаты других европейских армий, например, древнеримские *furor heroicus*. Наиболее известно использование берсерками настоев Мухомора красного (*Amanita muscaria* (L.) Lam.) и пантерного (*A. pantherina* (DC.) Krombh.) [6]. Данные виды грибов приводят к развитию психотонического пантерного синдрома, обусловленного совместным действием изоксазоловых алкалоидов — мусцимола, иботеновой кислоты и мусказона. Несмотря на то, что эти соединения имеют различные механизмы центрального действия: иботеновая кислота — агонист NMDA-ионофорных и mGluR1,2,3,5-метаботропных рецепторов, а мусцимол и мусказон — ГАМКА-агонисты, они находятся в пределах плодовых тел в соотношении, которое способствует растормаживанию и возбуждению нервной системы. После приёма настоев мухомора берсерки начинали отождествлять себя с волками и медведями, надевали на голое тело шкуры животных и, завывая по-звериному, рвались в бой, безжалостно круша всё на своём пути [6]. У древних греков также встречается описание воинов-ликантропов. Ликантропия, среди прочих видов «оборотничества», наиболее часто встречалась в средневековой Европе, особенно во Франции [15].

Впрочем, не все исследователи, изучающие феномены берсерков и ликантропии, считают, что они связаны именно с мухоморами. Есть предположение о том, что берсерки потребляли Белену чёрную (*Hyoscyamus*

niger L.). Примечательно, что в европейских языках сохранилось этимологические отголоски применения паслёновых с целью повышения боевого духа. Например, в сербском и хорватском языках глагол *buniti*, произошедший от местного названия белены *bunika*, означает «сражаться, протестовать», а выражение, которое переводится «они как будто съели белены», используют для описания людей в состоянии гнева. В русском языке также существует бытовое выражение — «белены объелся». Кроме того, в спутанном сознании, вызванном алкалоидами паслёновых, зачастую не различают лиц — и это может объяснять, почему, согласно поверьям, берсерки в бою не отличали своих от чужих [6].

Начиная с первой половины XII в., встречаются описания использования в армиях Ближнего Востока гашиша — наркотического продукта растений семейства Коноплевые (*Cannabaceae*). Самыми сильными из суммы алкалоидов конопли считают дельта-9- и дельта-8-тетрагидроканнабинолы. Даже этимологию названия особой категории воинов-назаритов — ассасинов, связывают с арабским словом «гашишин» — «поедатель гашиша». Несмотря на превалирующий седативный эффект каннабиноидов, ряд исследователей считает, что гашиш применяли перед боем, преследуя его эйфорические и анальгетические эффекты как психотомиметическое действие [8].

НОВОЕ ВРЕМЯ (XVI–XIX ВВ.)

Период Нового времени был связан с эпохами великих географических открытий и Ренессанса. Освоение европейцами континентов познакомило цивилизованный мир с целым рядом новых ПАВ. Только открытие Америки дало миру кофе, кокаин, гашиш, растительные и грибные галлюциногены, табак [3]. Не случайно, что к периоду Нового времени относят первую массовую вспышку наркомании в Европе. Существенными событиями считают открытие эфирного и хлороформного наркоза и ряда психоактивных алкалоидов в чистом виде. Так, в 1803 г. ганноверский аптекарь Ф. Сертюрнер фракционировал опиум и выделил белый кристаллический порошок, названный им морфиумом, который оказался в 10 раз сильнее опиума. Изобретение шприца для инъекций, сделанное в 1853 г. Ш.-Г. Правазом, открыло следующий этап в истории использования ПАВ — появление парентеральных наркоманов. В 1855 г. Ф. Гедке выделил в чистом виде кокаин, названный им эритроксилином, в 1859–1860 гг. фармацевт А. Ниманн установил его структуру, а в 1897 г. другой немецкий учёный Р. Вильштеттер осуществил его полный синтез. В 1874 г. получен А. Райтом, а в 1898 г. исследован и внедрён в обращение Г. Дрезером героин — полусинтетическое вещество в 10 раз более сильное по сравнению с морфином и поначалу с воодушевлением воспринятое как безопасное средство с широким спектром терапевтических возможностей. В 1896 г. А. Хаффтер выделил из мексиканского кактуса мескалин.

Британцы на территориях своих колониальных владений в Индии в конце XVIII в. добились особых успехов в культивировании мака и принялись в огромных количествах производить опиум для вывоза в соседние мусульманские страны и в Китай [6]. Активные действия англичан в Китае привели к тому, что китайский император был вынужден начать в торговом порту г. Гуанчжоу массированную операцию по конфискации и уничтожению запасов опиума. Попытка силой защитить страну от ввоза опиума привела к так называемым опиумным войнам Китая с Англией, позже — и с Францией, длившимся в общей сложности с 1839 по 1860 гг. Поражение Китая в этих войнах привело к тому, что он вынужден был предоставить право ввоза опиума иностранным державам, после чего опиокурение приобрело в стране катастрофические размеры.

Употребление опиума в Англии в 1859 г. составляло приблизительно 27,5 т. Цифра большая, однако настоящему эпидемический характер курения опиума и морфинизма на Западе связывают с Франко-Прусской войной 1870–1871 гг. Широкое применение морфия как анальгетика во время наркоза, в раннем послеоперационном периоде, а также для купирования фантомных болей способствовало его популярности, особенно в военной среде [16].

В Северную Америку морфинизм пришел в 1820–1830 гг. и сразу же стал популярен в первую очередь в медицинских кругах, когда морфин был объявлен универсальным лекарством и панацеей от всех болезней. В ходе гражданской войны в США (1861–1865 гг.) морфин использовали как для облегчения страдания раненых, так и для купирования явлений дизентерии, малярии, ревматизма, сифилиса, бессонницы и т.д. Только в 1865 г. в ходе оказания помощи солдатам северных штатов было использовано 10 млн опиумных пилюль, 80 т порошкообразного и жидкого опия, 850 кг морфина. В южных штатах, в отличие от северных, широкое распространение приобрело потребление кокаин-содержащих компонентов растений рода Эритроксилум (*Erythroxylum*), прежде всего — листьев Кокаинового куста (*Erythroxylum coca* Lam.) [6].

В начале XIX в. солдаты экспедиционного корпуса Наполеона, вторгшегося в Египет, познакомились с гашишем. Наполеон уже тогда был обеспокоен проблемой злоупотребления в войсках и всячески пытался его запретить. Примерно к тому же времени относятся упоминания в исторических архивах Британского адмиралтейства о жалобах адмирала Нельсона, что его матросы курят корабельные канаты из конопли [3].

Кроме гашиша популярность стремительно завоевывал абсент — спиртовой экстракт Полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.), изобретённый французским доктором-эмигрантом П. Ординером, скрывавшимся от Французской революции в Швейцарии. Этот напиток, содержащий большое количество туйона, был весьма популярен и использовался французской колониальной

армией как стимулирующее средство во время войн в Северной Африке, которые начались в 1830 г. [6].

НОВЕЙШЕЕ ВРЕМЯ (XX–XXI ВВ.)

Период военных действий новейшего времени характеризовался несколькими значимыми этапами использования ПАВ в боевых условиях. В отличие от Первой мировой войны, которая закончилась широким медицинским (неконтролируемым) применением кокаина, морфина и героина, Вторая мировая война послужила толчком для формирования концепции контролируемого использования психостимуляторов. Наконец, современный этап локальных войн и «цветных революций» ознаменовался появлением, разработкой и применением боевых токсичных химических веществ психотомиметического действия, а также беспрецедентной по своим масштабам распространённостью наркомании среди военнослужащих армий целого ряда зарубежных стран.

Распространению аддиктивной патологии в годы Первой мировой войны способствовало не только разрушительное действие социальных катаклизмов, которые она принесла, но и практически бесконтрольное использование кокаина и героина в военных госпиталях. Существенной причиной роста числа наркозависимых в этот период было также введение в воюющих державах «сухого закона» [6, 16]. Следует при этом отметить, что в начале XX в. сбыт опиатов и кокаина ещё не был криминализован, и их можно было свободно приобретать в аптеках. Так, например, кокаин лежал в основе «Кока-колы», препарата для лечения обычного насморка «Ryno's Hay Fever». Близкий по составу препарат выпускали для восстановления голоса у певцов и ораторов. Вместе с тем после начала боевых действий интерес к подобному рода средствам существенно возрос. В Великобритании даже появились в открытой продаже небольшие наборы с порошком кокаина или таблетками опиума. Не случайно, что по результатам Первой мировой войны опиум, кокаин и гашиш были повсеместно объявлены вне закона в связи с тяжелейшими последствиями их применения.

Вместе с тем в целом ряде военных ведомств актуальность вопроса о возможности контролируемого применения ПАВ у военнослужащих для повышения их боеспособности только возросла. Уже к началу 1930 г. были сформулированы требования, предъявляемые к ПАВ боевого назначения, и созданы синтетические психостимуляторы первого поколения — производные фенилалкиламинов (амфетамин, метамфетамин), облегчающие пресинаптическое высвобождение катехоламинов. К основным недостаткам их применения были отнесены: высокий риск формирования аддикции; значительная вариабельность индивидуальных эффектов от степени утомления; необходимость длительного и полноценного отдыха (сна) после их приёма; индукция гипоксии и гипертермии; избыточная активация симпатического

отдела вегетативной нервной системы и, как следствие, риск развития жизнеугрожающих побочных эффектов [5]. Помимо этого они нередко приводили к серьёзной профессиональной дисфункции, что особенно важно при выполнении операторской деятельности, особенно на стратегических объектах.

Несмотря на это, амфетамин активно использовался немецкими войсками, в том числе, во время Великой Отечественной войны. Впервые он был синтезирован в 1887 г. немецким химиком Л. Еделяну в виде рацемической смеси энантиомеров. В 1912 г. в качестве промежуточного продукта был синтезирован метилendioксиметамфетамин (МДМА). В 1937 г. фармацевт Ф. Хаусчайлд разработал и запатентовал метамфетамин, который под торговой маркой первитин (Pervitin) уже через два года поступил на снабжение в войска. После Польской кампании, подтвердившей высокую эффективность препарата, началось его массовое применение в немецкой армии. Так, только лишь для операции «Вестфельдцуг» (по захвату стран Бенилюкса и Франции в апреле 1940 г.) вермахт израсходовал 35 млн таблеток первитина. Накануне начала Великой Отечественной войны в полевой индивидуальный «рацион питания» вошли первитинсодержащие шоколадные плитки «Panzerschokolade» (нем. «танковый шоколад»), которые выдавали во всех родах войск [6].

До 1941 г. считалось, что первитин влияет на организм менее пагубно, чем кофе, вследствие чего увлечение первитином распространилось и на гражданское население. Так, в свободной продаже появился не только «танковый шоколад», но и препарат «Energiepille», позиционируемый как тонизирующее средство. В фашистской Германии до окончания войны было произведено в общей сложности около 200 млн таблеток первитина. Осенью 1944 г. в концлагере Заксенхаузен были проведены испытания препарата «Д-9», состоящего из комбинации кокаина, первитина и опиоидного анальгетика оксикодона. При апробации действия «Д-9» заключённые совершали многодневные маршброски, преодолевая с отягощением за сутки до 90–100 км. Препарат использовался экипажами сверхмалых диверсионных подводных лодок, которым нужно было непрерывно выполнять боевые задачи в сложных боевых условиях (депривация сна, крайняя теснота, холод и т.д.) [6].

Подводя итоги применения психостимуляторов в Германии, следует отметить, что ожидаемого чудодейственного влияния на ход войны они не оказали: сверхчеловека и универсального солдата создать не удалось, хотя в отдельных краткосрочных операциях немецкие войска, в том числе благодаря психостимуляторам, добивались определённых успехов. Так, например, при бомбардировках Лондона немецкие лётчики могли совершать по шесть боевых вылетов в сутки, что почти в два раза превышало обычные человеческие возможности. В свою очередь, танкисты преодолели Францию за трое суток, экипажи подводных лодок, порой, находились в автономном походе по сто суток. Однако в конечном итоге действие

таких препаратов приводило к существенным негативным последствиям, когда реабилитация военнослужащих (для восстановления своего психического и физического состояния) в дальнейшем занимала несколько недель, а то и месяцев. Причём существенное число военнослужащих, принимавших психостимуляторы, становились зависимыми от них, требуя постоянного медицинского наблюдения [8].

В армиях США и Великобритании того периода использовали амфетамин под торговой маркой бензедрин (Benedrin). По линии медицинской службы бензедрин распространяли для индивидуального использования в авиации (в наборах неотложной помощи). Так же, как и в Германии, его продавали населению в качестве безрецептурного стимулятора и антидепрессанта. В люфтваффе существовали методические рекомендации по приему первитина, аналогичный документ был и в армии США. Несмотря на то, что эти рекомендации имели целью не допустить формирования наркотической зависимости, солдаты чаще игнорировали их и использовали амфетамины по собственному усмотрению. Согласно проведённым в тот период анонимным опросам, до 90% военнослужащих армии США завышали регламентированные дозы бензедрина и использовали его вне выполнения служебных задач [6].

В свою очередь, командование Японии также внедряло метамфетамин в своих частях и соединениях, промышленный синтез которого был налажен в 1930 гг. Препарат хиропон (Hiropon) использовали в армии, на флоте и в авиации как в виде инъекций, так и в таблетированной форме. За свойство метамфетамина вызывать субъективные ощущения повышения остроты и красочности зрения он получил обиходное название «кошачьи глазки». В дальнейшем особенности действующего вещества были применены в отношении работников ночных смен на военных предприятиях.

Развивая собственную линейку боевой фармакологии, США после войны разработали новые производные амфетаминового ряда и их очищенные изомеры (в частности, декседрин — Dexedrine, или «Go Pills»), которыми снабжали свои войска во время войн в Корее и Вьетнаме [6, 17]. Наряду с разработкой психостимуляторов сначала в фашистской Германии, а затем и в США была выполнена серия исследований по влиянию на когнитивные функции, рассматриваемых с позиции «сыворотки правды», скополамина, МДМА, производных мескалина, буфотенина и диэтиламида лизергиновой кислоты.

Очередной всплеск массового применения ПАВ в странах Европы и Америки относят к 1960 гг., что было обусловлено особенностями развития субкультур, открытием новых галлюциногенов и бесконтрольным их использованием военнослужащими. Наиболее ярким примером в этом отношении является беспрецедентная вспышка наркоманий среди американских военнослужащих во время войны во Вьетнаме в 1960–70 гг., когда военной полицией только в 1969 г. за потребление наркотических средств было

задержано 8440 военнослужащих (1,57% от американского контингента в Индокитае), а в 1970 г. — уже 11 058 человек (2,73%, соответственно). При этом число преступлений, связанных с наркотиками, в следующем году возросло в 7 раз (1146 случаев — в 1970 г., 7026 — в 1971 г.), несмотря на то, что контингент американских военнослужащих за этот год был сокращен с 404 до 225 тыс. человек. При этом, согласно неофициальной статистике, до 50% личного состава морской пехоты имели опыт потребления наркотических средств в боевой обстановке [18, 19].

Вместе с тем распространение наркотической зависимости среди американских военнослужащих не ограничивалось рамками выполнения специальных задач в Юго-Восточной Азии. Как свидетельствуют результаты исследований 1980 гг., до 16% военнослужащих армии США ежедневно принимали психоактивные вещества. Так, в ходе медицинского освидетельствования на авианосце «Форрестол» у 60% личного состава (на тот период — около 550 офицеров, 5000 матросов) были выявлены признаки злоупотребления психоактивными веществами [19].

Наряду с использованием «табельных» психотропных средств особое внимание в зарубежных армиях уделялось изучению ПАВ в качестве боевых токсических веществ галлюциногенного (диэтиламид лизергиновой кислоты) и делириогенного (3-хинуклидинил бензилат — BZ) действия. Интерес к галлюциногенным инкапаситантам уходит корнями в эпидемии эрготоксикозов, когда в 1938 г. швейцарский химик А. Хофман синтезировал из эргоалкалоидов амиды лизергиновой кислоты, чьи психотропные свойства были обнаружены несколько позже (в 1943 г.), а в 1954 г. им был осуществлён полный синтез диэтиламида лизергиновой кислоты. Известно, что диэтиламид исследовали на добровольцах с позиции инкапаситанта и средства, повышающего эффективность допросов военнопленных [9, 20]. Также А. Хофман осуществил синтез псилоцина и буфотенина — галлюциногенных токсинов грибов и жаб, соответственно, позиционируемых одно время как психодислептики военного назначения.

Концепция делириогенных поражающих агентов вытекает из истории их диверсионного применения, в особенности периода конца XIX — начала XX вв. Иллюстрацией этого является случай, произошедший в 1881 г. в отношении французских войск в Алжире. При совершении длительного марша по пустыне французские легионеры приобрели у представителя местного племени туарегов сухие плоды, названные финиками, после чего потеряли маршрут в пустыне и половину своего отряда. Позже съеденные плоды были идентифицированы как ягоды паслёнового растения *Hyoscyamus falezlez Coss.* Не менее показательным является случай, имевший место 27 июня 1908 г. в ходе экспансии французами вьетнамского г. Ханой. В этот день до 200 солдат были отравлены на ужине диверсионным способом путём добавления дурмана в основное блюдо, после чего в течение суток пребывали в агрессивном беспамятстве [9].

В 1952 г. в ходе поисков потенциального антидота для лечения отравлений нервно-паралитическими отравляющими веществами швейцарским химиком Д. Биллом на предприятии «Hoffmann-La Roche» был осуществлен синтез хинуклидиловых эфиров дифенилгликолевой кислоты, обладающих выраженным центральным антихолинергическим действием [9]. В 1958 г. Эджвудский арсенал США получил от швейцарской фармацевтической компании наиболее сильный из них — 3-хинуклидил бензилат, тогда же ему присвоили условное наименование BZ, вероятно, сокращение от «бензилат». На территории арсенала практически сразу начали систематические эксперименты по воздействию BZ на человека. В рамках данного исследования, направленного на поиск более эффективных гликолятов, в арсенале было получено 17 его структурных аналогов [9]. При этом с 1959 по 1975 гг. действие BZ было испытано на 2800 добровольцах [21].

В 1966 г. кассетные боеприпасы и пиротехнические аэрозолегенераторы с BZ производства арсенала Пайн-Блафф были приняты на табельное снабжение армии США и нашли свое боевое применение во Вьетнаме в ходе операции под кодовым названием «Белое Крыло». Известно, по крайней мере, о трёх случаях использования BZ против вьетнамской армии: май 1968 г., февраль 1969 г. и февраль 1979 г. При этом результаты применения BZ признаны Пентагоном эффективными [9, 17]. С конца 1980 гг. Минобороны США активно лоббирует концепцию «боевых биорегуляторов» — физиологически активных веществ, способных массово приводить к изменению когнитивных и вегетативных функций. С позиции данной концепции рассматриваются соединения, инициирующие психозы без существенных первичных изменений организма [17].

Судя по ряду статей о зависимости между сменой структуры использования ПАВ и характером очередного военного конфликта, особое внимание военными специалистами зарубежных армий стало уделяться психостимуляторам, действие которых позволяет последовательно (поэтапно) достигать френопрактического и эйфориогенного эффектов подавления воли и повышения агрессивности. Так, за два-три года до начала локальных военных конфликтов и государственных переворотов в странах Северной Африки и Аравийского полуострова (Тунис, Египт, Греция, Сирия), где ранее первое место по потреблению ПАВ традиционно занимала опиоидная наркомания, на лидирующую позицию стало выходить потребление фенетиллина — соединения амфетаминового ряда, ранее известного под торговым названием каптагон (Captopon). Данное соединение было исключено из клинической практики в 1986 г. (одной из причин вывода из оборота послужило потенцирование его активными метаболитами немотивированной агрессии). Считают, что такого рода «премедикация» большого количества людей, находящихся в одном месте, выводит их в режим когерентного функционирования, существенно облегчая тем самым процесс управления толпой [22, 23].

Наряду с разработкой психостимуляторов нового поколения, начиная с 1960 гг., в США инициированы работы по синтезу и испытаниям допинговых препаратов (адрафинила, аддералла и меридила), а также возможностей использования психометаболических стимуляторов без заметных психотических сдвигов — рацетама и бромантана. В течение последних 20 лет интересы Управления перспективных исследовательских проектов Минобороны США (DARPA) и военных ведомств стран Североатлантического альянса ещё больше сосредоточились на селективных α 1-адреномиметиках центрального действия. Так, в частности в рамках «Программы повышения производительности военнослужащих» (Peak soldier performance program) выполнены военно-прикладные исследования модафинила (Modafinil, Vigil, Provigil) и адрафинила (Adrafinil) в условиях повышенной операторской напряжённости и депривации сна [5]. При этом модафинил применялся американскими пехотинцами и лётчиками в Ираке и Афганистане как боевой психостимулятор [23]. Большое число официальных сведений свидетельствует о его использовании в армиях Великобритании, Германии и Франции. Несмотря на его так называемую эффективность, данный препарат обладает негативными свойствами психостимуляторов первого поколения, приводя в терапевтической дозе к эмоциональной лабильности и раздражительности, сохраняя при этом высокий риск аддикции [8].

В новейший период широкое распространение приобрели различные психоактивные и наркотические средства среди военнослужащих украинской армии (ВСУ) [24]. На оставленных ими позициях постоянно находят свидетельства активного использования ПАВ, обладающих анксиолитическим, седативным и наркотическим действием. Довольно активно распространяется каптагон, который особенно популярен среди боевиков, так как вызывает эйфорию и практически отключает чувство боли. Военнопленные ВСУ неоднократно заявляли, что им поставляли специальные наркотики, которые они принимали перед боем, отчего у них пропадал страх и снижался болевой порог.

По данным Управления Организации Объединённых наций по наркотикам и преступности, на Украине, в том числе и в армии, создана целая сеть онлайн-поставок наркотических и других психоактивных веществ [25]. Через Львов, Одессу и Киев налажены поставки метадона, героина, кокаина. Организованы централизованные пути поставок для украинской армии МДМА, метамфетамина, амфетамина, а также различных дизайнерских наркотиков и их смесей. Их распространению способствует принятие ряда постановлений Верховной Рады в части, касающейся облегчения распространения прекурсоров и производных индийской конопли [22]. Не случайно, что всё это сопровождается всплеском грубого насилия, агрессии, жестокости и преступности. В конечном итоге, армия Украины стала настоящим полигоном для стран Североатлантического альянса по апробации на военнослужащих других стран традиционных и новых ПАВ в боевой обстановке.

Необходимо подчеркнуть, что в последние десятилетия число используемых ПАВ существенно расширилось, согласно концепции «drug design», когда создание новых веществ и их широкое распространение происходит со скоростью, позволяющей уклоняться от средств объективной верификации и, как следствие, от юридической ответственности. Многообразию создаваемого таким образом арсенала новых психоактивных соединений и трудность их индикации на ранних этапах, а также неопределённость медицинских последствий их токсического действия будет только обострять данную проблему как среди военнослужащих, так и среди гражданского населения (особенно молодёжи).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

История применения ПАВ во время боевых действий насчитывает несколько тысячелетий, что нашло свое отражение во многих литературных источниках. Вместе с тем целенаправленное изучение возможности их использования в боевой обстановке армиями зарубежных стран началось в XX в. Уже к началу 1930 гг. были сформулированы требования, предъявляемые к ПАВ боевого назначения, и были созданы синтетические психостимуляторы первого поколения. Несмотря на то, что применение психостимуляторов, имеющих высокий аддитивный потенциал, повсеместно запрещалось, тем не менее, практически во всех войнах и вооружённых конфликтах минувшего столетия они находили активное применение. Начиная с 1960 гг., наряду с разработкой психостимуляторов нового поколения, в ряде зарубежных стран были инициированы работы по синтезу и испытаниям так называемых допинговых препаратов, а также целого ряда контролируемых ПАВ и линейки психометаболических стимуляторов, не приводящих к заметным психическим расстройствам (последствиям). Однако опыт их использования показал, что в большинстве своём они обладают всеми негативными свойствами психостимуляторов первого поколения, нередко приводя даже при непродолжительном использовании в терапевтических дозах к различным психическим расстройствам, психосоматической патологии и нарушениям нейроэндокринной дисфункции военнослужащих. Особое внимание в зарубежных армиях

в последние десятилетия уделяется изучению ПАВ, направленных на постепенное подавление воли и повышение агрессивности людей, с целью возможности манипулирования ими в кризисные периоды (во время гибридных войн, «цветных революций» и т.д.). В конечном итоге, подобные эксперименты приводят к всплеску распространённости злоупотребления ПАВ как среди военнослужащих (в том числе после возвращения их к мирной жизни), так и среди гражданского населения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. И.Б. Ушаков — разработка концепции и утверждение окончательного варианта статьи для публикации; В.К. Шамрей — разработка концепции, анализ литературных источников и редакция окончательного варианта; В.А. Башарин — анализ литературных источников и редакция окончательного варианта; А.И. Колчев — анализ литературных источников, написание первичного варианта статьи и подготовка её в редакцию; Л.С. Шпиленя — анализ литературных источников и методическое сопровождение; А.А. Ховпачев — анализ литературных источников и написание первичного варианта статьи.

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

Источники финансирования. Поисково-аналитическая работа, подготовка и публикация статьи осуществлены без спонсорской поддержки.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contributions. I.B. Ushakov — development of the concept and approval of the final version of the article for publication; V.K. Shamrey — concept development, analysis of literary sources and editing of the final version; V.A. Basharin — analysis of literary sources and editing of the final version; A.I. Kolchev — analysis of literary sources, writing the initial version of the article and preparing it for the editor; L.S. Shpilena — analysis of literary sources and methodological support; A.A. Khovpachev — analysis of literary sources and writing of the primary version of the article.

Competing interests. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest related to the publication of the article.

Funding sources. No external funding for any of the parts of this research.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Герасимов В.В. Организация обороны Российской Федерации в условиях применения противником «традиционных» и «гибридных» методов ведения войны // Вестник Академии военных наук. 2016. № 2. С. 19–23.
- Фисун А.Я. Гибридная война и медицина: от единого понимания сути к межведомственному взаимодействию // Медицина катастроф. 2022. № 3. С. 12–16. doi: 10.33266/2070-1004-2022-3-12-16
- Золотов Я.А. Наркотики: историческая ретроспектива // Экономика образования. 2013. № 1. С. 174–177.
- Шамрей В.К., Марченко А.А., Юсупов В.В. и др. Особенности оказания психолого-психиатрической помощи военнослужащим в условиях современных вооружённых конфликтов // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2022. № 2. С. 60–71. doi: 10.25016/2541-7487-2022-0-2-60-71
- Чепур С.В., Фатеев И.В., Шустов Е.Б., и др. Локсидан — психостимулятор нового поколения // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2021. Т. 84, № 2. С. 84–90. doi: 10.30906/0869-2092-2021-84-2-84-90

6. Bergen-Cico D.K. War and drugs: The role of military conflict in the development of substance abuse. New York : Routledge, 2015. 199 p.
7. Ле Гофф Ж. Цивилизация средневекового Запада. Москва : Прогресс, Прогресс-Академия, 1992. 376 с.
8. Kamienski L. Shooting up: A short history of drugs and war. New York: Oxford University Press, 2016. 417 p.
9. Ketchum J.S., Sidell F.R. Chapter 11: Incapacitating agents. In: Sidell F.R., Takafuji E.T., Franz D.R., editors. *Medical aspects of chemical and biological warfare: Textbook of military medicine*. Washington, DC : US Government Printing Office, 1997. P. 287–305.
10. Опарин А.А. Крестовые походы и история медицины // Восточноевропейский журнал внутренней и семейной медицины. 2019. № 1. С. 74–99. doi: 10.15407/internalmed2019.01.074
11. Gabbai J., Lisbonne L., Pourquier F. Ergot poisoning at Pont St. Esprit // *BMJ*. 1951. Vol. 2, N 4732. P. 650–651.
12. Nemes C. Goerig M. The medical and surgical management of the pilgrims of the Jacobean Roads in medieval times. Part 2. Traces of ergotism and pictures of human suffering in the medieval fine arts // *International Congress Series*. 2002. Vol. 1242. P. 487–494. doi: 10.1016/S0531-5131(02)01097-X
13. Eadie M.J. Convulsive ergotism: epidemics of the serotonin syndrome? // *The Lancet. Neurology*. 2003. Vol. 2, N 7. P. 429–434. doi: 10.1016/s1474-4422(03)00439-3
14. Ramos A., Sanchis V., Marin S. The prehistory of mycotoxins: related cases from ancient times to the discovery of aflatoxins // *World Mycotoxin Journal*. 2011. Vol. 4, N 2. P. 101–112. doi: 10.3920/WMJ2010.1268
15. Шервуд Е.А. Ведьмы, оборотни и другие. Москва : Изд-во ИЗА РАН, 1996. 187 с.
16. Табаков А.В. Причины и условия распространения наркомании среди военнослужащих – участников войн и вооруженных конфликтов // Ученые записки Санкт-Петербургского имени В.Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии. 2002. № 2. С. 159–201.
17. Human Experimentation: An Overview on Cold War Era Programs Statement of Frank C. Conahan, Assistant Comptroller General, National Security and International Affairs Division, Before the Legislation and National Security Subcommittee, U.S. House of Representatives. Committee on Government Operations [дата обращения: 15.03.2023]. 1994. Режим доступа: <https://documents.theblackvault.com/documents/mindcontrol/152601.pdf>
18. Воропаев А.А. Борьба с наркоманией, алкоголизмом и курением в вооруженных силах США // Зарубежное военное обозрение. 1990. № 2. С. 25.
19. Эминов В.Е., Мацкевич И.М. Преступность военнослужащих: Исторический, криминологический, социально-правовой анализ. Москва : Пенатес-Пенаты, 1999. 260 с.
20. Passie T., Benzenhöfer U. MDA, MDMA, and other «mescaline-like» substances in the US military’s search for a truth drug (1940s to 1960s) // *Drug Testing and Analysis*. 2018. V. 10, N 1. P. 72–80. doi: 10.1002/dta.2292
21. Ketchum J.S. The Human Assessment of BZ. Chemical Research and Development Laboratory, Edgewood Arsenal, MD, 1963. 51 p.
22. Закон Украины от 08.07.1999 № 863-XIV. «О внесении изменений в Закон Украины «Об обороте в Украине наркотических средств, психотропных веществ, их аналогов и прекурсоров»» Режим доступа: <https://ips.ligazakon.net/document/T990863?an=272> Дата обращения: 15.03.2023.
23. Van Hout M.C., Wells J. Is Captagon (fenethylamine) helping to fuel the Syrian conflict? // *Addiction*. 2016. Vol. 111, N 4. P. 748–749. doi: 10.1111/add.13262
24. International Hemp Association [Internet]. Hemp research and growing in Ukraine [дата обращения: 15.03.2023]. 2021. Доступ по ссылке: <http://www.internationalhempassociation.org/jiha/iha02113.html>
25. Управление ООН по наркотикам и преступности. Краткая история новых психоактивных веществ на Украине. Украина : United nations, 2020.

REFERENCES

1. Gerasimov VV. The Russian Federation defense organization in the conditions of the enemy application the traditional and “hybrid” methods of the war fighting. *Vestnik Akademii voennykh nauk*. 2016;(2):19–23. (In Russ).
2. Fisun AY. Hybrid warfare and medicine: from common understanding to interagency interaction. *Disaster medicine*. 2022;(3):12–16. (In Russ). doi: 10.33266/2070-1004-2022-3-12-16
3. Zolotov YaA. Drugs: a historical retrospective. *Ekonomika obrazovaniâ*. 2013;(1):174–177. (In Russ).
4. Shamrej VK, Marchenko AA, Jusupov VV, et al. Characteristic features of psychological and psychiatric care for military personnel in modern armed conflicts. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2022;(2):60–71. doi: 10.25016/2541-7487-2022-0-2-60-71
5. Chepur SV, Fateev IV, Shustov EB, et al. Loksidan: psychostimulant of new generation. *Èksperimentalnaya i Klinicheskaya Farmakologiya*. 2021;84(2):84–90. (In Russ). doi: 10.30906/0869-2092-2021-84-2-84-90
6. Bergen-Cico DK. *War and drugs: The role of military conflict in the development of substance abuse*. New York: Routledge; 2015. 199 p.
7. Le Goff Zh. *Civilizacija srednevekovogo Zapada*. Moscow: Progress, Progress-Akademija; 1992. 376 p. (In Russ).
8. Kamienski L. *Shooting up: A short history of drugs and war*. New York: Oxford University Press; 2016. 417 p.
9. Ketchum JS, Sidell FR. Chapter 11: Incapacitating agents. In: Sidell FR, Takafuji ET, Franz DR, editors. *Medical aspects of chemical and biological warfare: Textbook of military medicine*. Washington, DC: US Government Printing Office; 1997:287–305.
10. Опарин А.А. Крестовые походы и история медицины. *Vostočnoevropejskij žurnal vnutrennej i semejnoj mediciny*. 2019;(1):74–99. (In Russ). doi: 10.15407/internalmed2019.01.074
11. Gabbai J, Lisbonne L, Pourquier F. Ergot poisoning at Pont St. Esprit. *BMJ*. 1951;2(4732):650–651.
12. Nemes C, Goerig M. The medical and surgical management of the pilgrims of the Jacobean Roads in medieval times. Part 2. Traces of ergotism and pictures of human suffering in the medieval

- fine arts. *International Congress Series*. 2002;1242:487–494. doi: 10.1016/S0531-5131(02)01097-X
13. Eadie MJ. Convulsive ergotism: epidemics of the serotonin syndrome? *The Lancet. Neurology*. 2003;2(7):429–434. doi: 10.1016/S1474-4422(03)00439-3
14. Ramos A, Sanchis V, Marin S. The prehistory of mycotoxins: related cases from ancient times to the discovery of aflatoxins. *World Mycotoxin Journal*. 2011;4(2):101–112. doi: 10.3920/WMJ2010.1268
15. Shervud EA. *Ved'my, oborotni i drugie*. Moscow: Izdatel'stvo IEA RAS, 1996. 187 p. (In Russ).
16. Tabakov AV. Prichiny i uslovija rasprostraneniya narkomanii sredi voennosluzhashchih – uchastnikov vojn i vooruzhennykh konfliktov. *Uchenye zapiski Sankt-Peterburgskogo imeni V.B. Bobkova filiala Rossijskoj tamozhennoj akademii*. 2002;(2):159–200. (In Russ).
17. Human Experimentation: An Overview on Cold War Era Programs Statement of Frank C. Conahan, Assistant Comptroller General, National Security and International Affairs Division, Before the Legislation and National Security Subcommittee, U.S. House of Representatives. Committee on Government Operations. 1994. Available from: <https://documents.theblackvault.com/documents/mindcontrol/152601.pdf>
18. Voropaev AA. Bor'ba s narkomaniej, alkoholizmom i kurenijem v vooruzhennykh silah SShA. *Zarubezhnoe voennoe obozrenie*. 1990;(2):25. (In Russ).
19. Eminov VE, Mackevich IM. *Prestupnost' voennosluzhashchih: Istoricheskij, kriminologicheskij, social'no-pravovoj analiz*. Moscow: Penates-Penaty; 1999. 260 p.
20. Passie T, Benzenhöfer U. MDA, MDMA, and other «mescaline-like» substances in the US military's search for a truth drug (1940s to 1960s). *Drug Testing and Analysis*. 2018;10(1):72–80. doi: 10.1002/dta.2292
21. Ketchum JS. *The Human Assessment of BZ*. Chemical Research and Development Laboratory, Edgewood Arsenal, MD; 1963. 51 p.
22. The Law of Ukraine of 08.07.1999 N 863-XIV. «O vnesenii izmenenij v Zakon Ukrainy "Ob oborote v Ukraine narkoticheskikh sredstv, psihotropnykh veshchestv, ih analogov i prekursorov"». Available from: <https://ips.ligazakon.net/document/T990863?an=272> (In Russ).
23. Van Hout MC, Wells J. Is Captagon (fenethylamine) helping to fuel the Syrian conflict? *Addiction*. 2016;111(4):748–749. doi: 10.1111/add.13262
24. International Hemp Association [Internet]. *Hemp research and growing in Ukraine* [cited 2023 Mar 15]. 2021. Available from: <http://www.internationalhempassociation.org/jiha/iha02113.html>
25. United Nations Office on Drugs and Crime. *The short history of New Psychoactive substances in Ukraine*. Ukraine: United Nations; 2020.

ОБ АВТОРАХ

* **Ушаков Игорь Борисович**, д-р мед. наук, профессор, академик РАН;
адрес: Россия, 123098, Москва, ул. Живописная, д. 46;
eLibrary SPIN: 7120-1771;
ORCID: 0000-0002-0270-8622;
e-mail: ibushakov@gmail.com

Шамрей Владислав Казимирович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-1165-6465;
e-mail: prof.shamrey@yandex.ru

Башарин Вадим Александрович, д-р мед. наук, профессор;
eLibrary SPIN: 4671-8386;
ORCID: 0000-0001-8548-6836;
e-mail: vtmz@vmeda.org

Колчев Александр Иванович, д-р мед. наук, профессор;
eLibrary SPIN: 4128-7377;
ORCID: 0000-0002-4749-2562;
e-mail: a.kolchev@mail.ru

Шпиленя Леонид Семёнович, д-р мед. наук, профессор;
eLibrary SPIN: 4489-4651;
e-mail: Shpilenja_LS@mail.ru

Ховпачев Алексей Андреевич, канд. мед. наук;
eLibrary SPIN: 6189-3624;
ORCID: 0009-0002-5780-1557;
e-mail: vtmz@vmeda.org

AUTHORS' INFO

* **Igor B. Ushakov**, MD, Dr. Sci. (Medicine), professor, RAS member;
address: 46 Zhivopisnaya st., Moscow, 123098, Russia;
eLibrary SPIN: 7120-1771;
ORCID: 0000-0002-0270-8622;
e-mail: ibushakov@gmail.com

Vladislav K. Shamrey, MD, Dr. Sci. (Medicine), professor;
ORCID: 0000-0002-1165-6465;
e-mail: prof.shamrey@yandex.ru

Vadim A. Basharin, MD, Dr. Sci. (Medicine), professor;
eLibrary SPIN: 4671-8386;
ORCID: 0000-0001-8548-6836;
e-mail: vtmz@vmeda.org

Alexander I. Kolchev, MD, Dr. Sci. (Medicine), professor;
eLibrary SPIN: 4128-7377;
ORCID: 0000-0002-4749-2562;
e-mail: a.kolchev@mail.ru

Leonid S. Shpilenya, MD, Dr. Sci. (Medicine), professor;
eLibrary SPIN: 4489-4651;
e-mail: Shpilenja_LS@mail.ru

Aleksey A. Khovpachev, MD, Cand. Sci. (Medicine);
eLibrary SPIN: 6189-3624;
ORCID: 0009-0002-5780-1557;
e-mail: vtmz@vmeda.org

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624170>

Соотношение иммунокомпетентных клеток, иммуноглобулинов и цитокинов у лиц с коморбидным фоном после COVID-19 в арктическом регионе

Е.Ю. Шашкова, Е.В. Поповская, О.Е. Филиппова, Л.С. Щёголева

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Уровень устойчивости организма человека, проживающего на Севере, к воздействию различных повреждающих факторов существенно ниже по причине затормаживания созревания иммунитета у детей и понижения резервных возможностей иммунных реакций у взрослых, что особенно важно в условиях новой коронавирусной инфекции. На Севере широко распространена «краевая патология» — болезни бронхолёгочной системы. В настоящий момент нет сведений о состоянии иммунного гомеостаза после COVID-19 у жителей Арктического региона с коморбидным фоном в анамнезе.

Цель. Выявить соотношение иммунокомпетентных клеток, иммуноглобулинов и цитокинов после COVID-19 у лиц с коморбидным фоном.

Материал и методы. Обследовано 45 человек 18–40 лет, из них 25 женщин и 20 мужчин, жителей г. Архангельска, перенёсших COVID-19 лёгкой и/или средней степени тяжести, подтверждённый лабораторно (U07.1). У всех обследованных северян в анамнезе имелось сопутствующее хроническое заболевание краевой патологии (хронический бронхит).

Результаты. Частота встречаемости повышенных значений клеточных иммунологических показателей CD8⁺ и CD95⁺, а также иммуноглобулинов IgM, IgG, IgE у молодых женщин после COVID-19 с хроническим бронхитом в анамнезе ассоциирована с повышенными значениями цитокина IL-1β в 17–45% случаев в зависимости от показателя ($p < 0,01$) и только в 10% случаев взаимосвязана с повышенным содержанием IL-10 и TNF-α. У молодых мужчин после COVID-19 с хроническим бронхитом в анамнезе высокие концентрации клеток CD8⁺ и CD95⁺ взаимосвязаны с повышенным содержанием IgA (5%), IgM, IgG, IgE (13–25%) и ассоциируются в 17% случаев с высоким уровнем содержания IL-10 и TNF-α (15%).

Заключение. У молодых северян с хроническим бронхитом в анамнезе после COVID-19 лёгкой и/или средней степени тяжести сохраняется высокая концентрация клеток CD8⁺ и CD95⁺, IgM, IgG, IgE, IL-10 и TNF-α на фоне низкой концентрации клеток CD10⁺ и IL-4.

Ключевые слова: COVID-19; SARS-CoV-2; цитокины; Север; коморбидный фон; бронхит; иммуноглобулины; иммунокомпетентные клетки.

Как цитировать:

Шашкова Е.Ю., Поповская Е.В., Филиппова О.Е., Щёголева Л.С. Соотношение иммунокомпетентных клеток, иммуноглобулинов и цитокинов у лиц с коморбидным фоном после COVID-19 в арктическом регионе // Экология человека. 2023. Т. 30, № 9. С. 671–680.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624170>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624170>

The ratio of immunocompetent cells, immunoglobulins and cytokines in individuals with a comorbid background after COVID-19 in the Arctic region

Elizaveta Yu. Shashkova, Ekaterina V. Popovskaya, Oxana E. Philippova, Lyubov S. Shchegoleva

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Science, Arkhangelsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The level of resistance to the effects of the environmental factors among people living in the North is significantly reduced due to slower development of the immune system in children and a lower reserve capabilities of immune reactions among adults. This is important in the context of a new coronavirus infection. Respiratory diseases are the main causes of morbidity among the residents of the North. Little is known about the state of immune homeostasis after COVID-19 among residents of the Arctic with a history of chronic respiratory diseases.

AIM: To identify concentrations of immunocompetent cells, immunoglobulins, and cytokines after COVID-19 in individuals with a comorbid background.

MATERIAL AND METHODS: In total, 45 residents of Arkhangelsk including 25 women and 20 men, aged 18–40 with a history of laboratory confirmed COVID-19 (U07.1) of mild or moderate severity comprised the sample. All the study participants had a history of concomitant chronic bronchitis.

RESULTS: In women, high values of cellular immunological parameters CD8⁺ and CD95⁺, as well as immunoglobulins IgM, IgG, IgE were associated with elevated values of cytokine IL-1 β in 17–45% of cases, depending on the indicator (all $p < 0.01$). Only in 10% of cases we observed increased content of IL-10 and TNF- α . In men, high concentrations of CD8⁺ and CD95⁺ cells were associated with increased levels of IgA (5%), IgM, IgG, IgE (13–25%). Seventeen percent of cases had high levels of IL-10 and 15% had high concentrations of TNF- α .

CONCLUSIONS: Young residents of the North with a history of chronic bronchitis after Covid-19 of mild or moderate severity have high concentrations of CD8⁺ and CD95⁺ cells, IgM, IgG, IgE, IL-10 and TNF- α c low concentrations combined with CD10⁺ and IL-4 cells.

Keywords: COVID-19; SARS-CoV-2; cytokines; North; comorbid background; bronchitis; immunoglobulins; immunocompetent cells.

To cite this article:

Shashkova EYu, Popovskaya EV, Philippova OE, Shchegoleva LS. The ratio of immunocompetent cells, immunoglobulins and cytokines in individuals with a comorbid background after COVID-19 in the Arctic region. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(9):671–680.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624170>

Received: 02.12.2023

Accepted: 07.12.2023

Published online: 11.12.2023

ОБОСНОВАНИЕ

Комплекс неблагоприятных климатогеографических, геофизических, экологических факторов Севера в совокупности с социально-профессиональными условиями жизни влияет на функциональные системы организма человека, в том числе на иммунную, приводит к расходу адаптационных возможностей организма, вызывает развитие краевой патологии (заболевания дыхательных путей), преждевременное старение и сокращение продолжительности жизни [1, 2]. Климатические условия жизни жителей Севера, неблагоприятное экологическое состояние становятся реальными причинами появления различных повреждений иммунной системы [3, 4], что важно в условиях новой коронавирусной инфекции, особенно в Арктическом (Приарктическом) регионе. Уровень устойчивости организма человека, проживающего на Севере, к воздействию различных повреждающих факторов существенно ниже по причине затормаживания созревания иммунитета у детей и понижения резервных возможностей иммунных реакций у взрослых [3, 5].

Новая коронавирусная инфекция (COVID-19), которая в 2020 г. распространилась в масштабе пандемии, вызвана оболочечным РНК вирусом SARS-CoV-2, принадлежащим к семейству *Coronaviridae*, род бета-коронавирус. Структурные и вспомогательные белки вируса участвуют в проникновении в клетку и влияют на иммунный ответ заражённого [6]. Научные данные свидетельствуют, что иммунный ответ на вирусную инфекцию способствует развитию тяжёлых форм таких инфекций, как MERS-CoV, SARS-CoV и SARS-CoV-2 [7]. Кроме того, известно, что иммунные реакции при тяжёлой форме COVID-19 представляют собой такое явление как «цитокиновый шторм» — массивное и неконтролируемое высвобождение цитокинов, которое наблюдается при некоторых инфекционных и неинфекционных заболеваниях, приводящее к гипервоспалительной реакции организма, связанной с неблагоприятным клиническим прогнозом. Указывается, что гипериммунная реакция коррелирует с высокой частотой госпитализаций в отделения реанимации и интенсивной терапии и частой смертностью от COVID-19. [8]. Коронавирусная болезнь, вспыхнувшая в декабре 2019 г. в г. Ухане, — COVID-19 — спровоцировала весьма тяжёлую эпидемическую ситуацию, став всемирной проблемой. Поскольку новая коронавирусная инфекция чаще, чем ранее циркулировавшие респираторные вирусы, может приводить к пневмонии и острому респираторному дистресс-синдрому, уже при первых сведениях о ней стали предполагать, что именно у пациентов с хроническими болезнями органов дыхания (ХБОД) могут развиваться более тяжёлые варианты течения. Позднее оказалось, что среди пациентов с ХБОД наиболее высокий риск при COVID-19 отмечается у больных хронической обструктивной болезнью лёгких (ХОБЛ), при бронхиальной астме (БА) риск сохраняется только у определенной категории больных [9].

В литературе на сегодняшний день чаще рассматриваются способы лечения и варианты течения заболевания COVID-19, особенно при тяжёлой форме. Нет комплексных данных по изучению клеточного и гуморального иммунитета, ассоциированных с цитокиновой активностью у лиц, перенёсших COVID-19 с коморбидным фоном в анамнезе без постковидных осложнений, проживающих в экстремальных климатических условиях Арктического региона. Представляло интерес оценить состояние иммунного гомеостаза у молодых северян, перенёсших COVID-19 лёгкой и/или средней степени тяжести при наличии сопутствующей патологии в анамнезе до заболевания COVID-19.

Цель исследования. Выявить соотношение иммунокомпетентных клеток, иммуноглобулинов и цитокинов после COVID-19 у лиц с коморбидным фоном.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В рамках исследования (РНФ № 22-25-20143, <https://rscf.ru/project/22-25-20143/>), проходившего в апреле-мае 2022 г., обследовано 45 человек 18–40 лет, из них 25 женщин и 20 мужчин, жителей г. Архангельска, перенёсших COVID-19 лёгкой и/или средней степени тяжести, подтверждённый лабораторно (U07.1). У всех обследованных северян в анамнезе имелось сопутствующее хроническое заболевание краевой патологии (хронический бронхит). Обследование проводили с письменного согласия респондентов с соблюдением основных норм биомедицинской этики в соответствии с документом «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов исследования» (Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации, 1964 г.) [10].

Критериями отбора обследованных лиц были диагноз COVID-19 лёгкой и/или среднетяжёлой степени тяжести в 2021 г., а также одновременная патология (заболевания бронхолегочной системы) в анамнезе до заражения COVID-19.

Критерии исключения: беременность, период лактации, тяжёлая форма COVID-19, активная ВИЧ-инфекция, гепатит С, гепатит В, опоясывающий лишай и туберкулез.

Комплексное иммунологическое обследование людей включало оценку лейкоцитов, лимфоцитов и их фенотипов (CD3⁺, CD4⁺, CD8⁺, CD10⁺, CD95⁺) в периферической крови. В сыворотке крови определяли содержание иммуноглобулинов IgA, IgM, IgG, IgE, интерлейкинов IL-1 β , IL-4, IL-6, IL-10 и TNF- α .

Концентрации иммуноглобулинов IgA, IgM, IgG и IgE определяли с помощью набора для иммуноферментного анализа фирмы «Вектор-Бест» (Россия). Количественное содержание IL-1 β , IL-4, IL-6, IL-10 и TNF- α определяли с помощью набора для иммуноферментного анализа фирмы eBioscience® (Вена, Австрия).

Кровь для исследования брали из локтевой вены в объёме 6 мл натощак. Определение фенотипов

лимфоцитов выполняли в лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики Уральского отделения РАН. Абсолютное содержание субпопуляций Т-лимфоцитов определяли методом непрямой иммунопероксидазной реакции с использованием моноклональных антител («МедБиоСпектр», Россия) на препаратах лимфоцитов типа «высушенная капля», подсчёт проводили на микроскопе Nikon Eclipse 50i.

Результаты исследования были статистически проанализированы с использованием программных пакетов Microsoft Excel и Statistica 6.0 (StatSoft, США). Данные были представлены в виде среднего арифметического и ошибки среднего значения ($M \pm m$). Частота регистрации повышенных и пониженных значений по сравнению с нормативными границами физиологической нормы использовалась для оценки распространённости отклонений иммунологических параметров (в процентах). Был проведён корреляционный анализ с определением непараметрического коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r) и оценкой его достоверности (p). Уровень статистической значимости был установлен на уровне $p=0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ показал, что в среднем содержание лейкоцитов у всех обследуемых находится в пределах известной физиологической нормы независимо от пола ($6,26 \pm 0,28$ клеток/л у женщин и $6,62 \pm 0,52 \times 10^9$ клеток/л у мужчин). При этом у 15,0% женщин и 16,7% мужчин отмечается незначительная лейкопения. У женщин лейкоцитоз не выявлен, в то время как у мужчин лейкоцитоз регистрировался в 8,3% случаев (табл. 1).

Таблица 1. Клеточный иммунитет лиц с сопутствующей патологией в возрасте 18–40 лет ($n=45$) после COVID-19, проживающих в г. Архангельске, Россия

Table 1. Cellular immunity of individuals with comorbidities aged 18–40 years ($n=45$) after COVID-19 living in the city of Arkhangelsk, Russia

Параметры Parameters	Женщины, $n=25$ Females, $n=25$			Мужчины, $n=20$ Males, $n=20$			Референсный диапазон Reference range
	Мало, % Low, %	Много, % High, %	Среднее ($M \pm m$), $\times 10^9$ клеток/л Mean count ($M \pm m$), $\times 10^9$ cell/l	Мало, % Low, %	Много, % High, %	Среднее ($M \pm m$), $\times 10^9$ клеток/л Mean count ($M \pm m$), $\times 10^9$ cell/l	
Лейкоциты Leukocytes	$6,26 \pm 0,28$	16,0	0,0	$6,62 \pm 0,52$	15,0	10,0	4,0–8,8
Лимфоциты Lymphocytes	$2,16 \pm 0,10$	8,0	5,0	$2,18 \pm 0,11$	0,0	0,0	1,5–3,5
CD3 ⁺	$1,02 \pm 0,04$	44,0	4,0	$1,05 \pm 0,05$	40,0	0,0	1,0–1,5
CD4 ⁺	$0,47 \pm 0,01$	0,0	0,0	$0,49 \pm 0,03$	0,0	0,0	0,4–0,8
CD8 ⁺	$0,42 \pm 0,01$	0,0	32,0	$0,40 \pm 0,02$	0,0	35,0	0,2–0,4
CD10 ⁺	$0,39 \pm 0,02$	4,0	0,0	$0,43 \pm 0,02$	25,0	0,0	0,05–0,6
CD95 ⁺	$0,56 \pm 0,01$	20,0	44,0	$0,52 \pm 0,02$	10,0	25,0	0,45–0,55

Среднее количество лимфоцитов составляет $2,16 \pm 0,10$ и $2,18 \pm 0,11 \times 10^9$ клеток/л у женщин и мужчин, соответственно, что находится в пределах контрольных значений. В то же время у женщин в 8,0% случаев наблюдалась лимфопения и в 5,0% — лимфоцитоз. У мужчин случаев нарушения баланса выявлено не было.

Концентрации зрелых, функционально активных, дифференцированных Т-клеток, независимо от пола, определяются у участников в пределах физиологической нормы. В 44,0% случаев у женщин содержание субпопуляции CD3⁺ лимфоцитов было низким, тогда как в 4,0% случаев этот уровень был высоким. У мужчин дефицит содержания клеток с маркером CD3⁺ был обнаружен в 40,0% случаев, тогда как состояние избытка этих клеток обнаружено не было.

Количество Т-хелперных лимфоцитов (CD4⁺) ближе к нижнему диапазону нормы и составляет $0,47 \pm 0,01$ клеток/л у женщин и $0,49 \pm 0,03 \times 10^9$ клеток/л у мужчин. Среди обследованных лиц не было выявлено дисбаланса в содержании этой субпопуляции.

Одновременно содержание Т-цитотоксических лимфоцитов (CD8⁺) относительно высокое у всех обследуемых, с повышением в 32,0 и 35,0% случаев у женщин и мужчин, соответственно. Кроме того, коэффициент хелпера-супрессора составил 1,11 у женщин и 1,22 у мужчин, при контрольном значении 1,5–2,5, что связано с повышенной концентрацией CD8⁺ клеток.

Согласно нормальным значениям, концентрация клеток, экспрессирующих маркер CD10⁺, который выявляет уровень лимфопролиферации, в целом умеренный как у женщин, так и у мужчин ($0,39 \pm 0,02$ клеток/л и $0,43 \pm 0,02 \times 10^9$ клеток/л, соответственно). Важно подчеркнуть, что исследованные случаи не проявляли более высокой лимфопролиферативной активности независимо

от пола; однако 4,0% женщин и 25,0% мужчин имеют относительный дефицит клеток с маркером лимфопрлиферации CD10⁺.

У женщин и мужчин количество клеток с рецептором апоптоза (CD95⁺) составляет 0,56±0,01 клеток/л и 0,52±0,02×10⁹ клеток/л, соответственно. Кроме того, клетки с апоптотическим рецептором (CD95⁺) были обнаружены в высоких концентрациях у 44,0% женщин, что в 1,8 раза реже встречается у мужчин. В то же время у 20,0% женщин и 10% мужчин наблюдался дефицит этих клеток.

Таким образом, состояние адаптивного клеточного иммунитета у молодых женщин, проживающих в Арктическом регионе, после лёгкой и/или среднетяжёлой формы COVID-19 на фоне сопутствующей патологии характеризуется повышенной клеточно-опосредованной цитотоксической активностью (CD8⁺) у 32,0% и повышенной активностью клеток с рецепторами апоптоза (CD95⁺) у 44,0% на фоне дефицита зрелой популяции Т-клеток и низкого уровня активности клеток с рецепторами лимфопрлиферации.

Важно отметить, что у обследованных женщин в 4,0% случаев повышенное содержание зрелых, функционально активных, дифференцированных Т-клеток (CD3⁺) связано с относительно низким содержанием Т-хелперных клеток (CD4⁺).

Особенностью адаптивного клеточного иммунного ответа у молодых мужчин после COVID-19 лёгкой и/или среднетяжёлой степени тяжести с сопутствующей патологией, проживающих в Арктическом регионе, является лейкоцитоз в 10,0% случаев, повышенная цитотоксическая активность CD8⁺ в 35,0%, повышенное содержание клеток с рецепторами апоптоза (CD95⁺) (25,0%), на фоне относительно недостаточных процессов лимфопрлиферации (CD10⁺) (25,0%) и дефицита популяции зрелых Т-клеток (CD3⁺) (40,0%).

Представляло интерес изучить содержание иммуноглобулинов у людей, перенёсших COVID-19, имевших в анамнезе сопутствующие заболевания (хронический

бронхит). Среднее содержание иммуноглобулинов всех классов у женщин существенно ниже, чем у мужчин (табл. 2).

С другой стороны, у 16,0% женщин наблюдался значительный дефицит IgA, тогда как у 5,0% мужчин — избыток. Стоит отметить, что за исключением IgA при всех дисбалансах иммуноглобулинов наблюдались в основном высокие уровни. В нашем исследовании высокие концентрации IgM были обнаружены у 16,0 и 15,0% женщин и мужчин, соответственно; повышенные концентрации IgG были обнаружены у 12,0 и 15,0% женщин и мужчин, соответственно; а избыток IgE был обнаружен у 20,0% женщин и 25,0% мужчин.

Таким образом, гуморальный адаптивный иммунный ответ характеризуется у мужчин по всем классам иммуноглобулинов более высоким средним содержанием и сопоставимой распространённостью этого содержания по сравнению с женщинами того же возраста с сопутствующим фоном (хронический бронхит).

Так, в нашем исследовании цитокиновой активности у молодых людей с лёгкой и/или умеренной степенью COVID-19 и сопутствующей патологией (хронический бронхит), проживающих в Арктическом регионе, было выявлено, что уровень оцениваемых классов цитокинов (IL-1β, IL-4, IL-6, IL-10 и TNF-α) достаточно высок. Как у мужчин, так и у женщин, которые были обследованы, были высокие уровни цитокина IL-1β, со средними уровнями 5,17±0,52 и 5,01±0,59 пг/мл, соответственно. Кроме того, ни в одном из случаев не было обнаружено признаков дефицита IL-1β, и 16,0% женщин и 10,0% мужчин имели высокий уровень IL-1β (табл. 3).

В нашем исследовании средняя концентрация IL-4 находится в пределах физиологической нормы и составляет 2,37±0,17 — 2,36±0,24 пг/мл у женщин и мужчин, соответственно. Дисбаланса в концентрации IL-4 у участников выявлено не было, независимо от пола.

Уровень IL-6 у женщин составляет 11,45±0,67 пг/мл, а у мужчин — 14,27±1,15 пг/мл, что ближе к верхней

Таблица 2. Гуморальный иммунитет лиц с сопутствующей патологией в возрасте 18–40 лет (n=45) после COVID-19, проживающих в г. Архангельске, Россия

Table 2. Humoral immunity of individuals with comorbidities aged 18–40 years (n=45) after COVID-19 living in the city of Arkhangelsk, Russia

Параметры Parameters	Женщины, n=25 Females, n=25			Мужчины, n=20 Males, n=20			Референсный диапазон Reference range
	Средняя концентрация Mean concentration	Низкая, % Low, %	Высокая, % High, %	Средняя концентрация Mean concentration	Низкая, % Low, %	Высокая, % High, %	
IgA, g/l	2,44±0,05	16,0	0,0	2,75±0,07	0,0	5,0	1,2–5,4
IgM, g/l	0,89±0,02*	0,0	16,0	1,2±0,06	0,0	15,0	0,7–1,8
IgG, g/l	19,3±0,21*	0,0	12,0	22,0±0,11	0,0	15,0	7,0–24,0
IgE, IU/ml	88,64±0,15	0,0	20,0	91,0±0,19	0,0	25,0	1,0–100,0

* p < 0,05.

Таблица 3. Среднее содержание цитокинов у лиц с сопутствующей патологией в возрасте 18–40 лет ($n=45$) после COVID-19, проживающих в г. Архангельске, Россия

Table 3. Average cytokine concentrations in individuals with concomitant pathology aged 18–40 years ($n=45$) after COVID-19, living in the city of Arkhangelsk, Russia.

Параметры Parameters	Женщины, $n=25$ Females, $n=25$			Мужчины, $n=20$ Males, $n=20$			Референсный диапазон Reference range
	Средняя концентрация, пг/мл Mean concentration, pg/ml	Низкая, % Low, %	Высокая, % High, %	Средняя концентрация, пг/мл Mean concentration, pg/ml	Низкая, % Low, %	Высокая, % High, %	
IL-1 β	5,17 \pm 0,52	0,0	16,0	5,01 \pm 0,59	0,0	10,0	0,2–5,0
IL-4	2,37 \pm 0,17	0,0	0,0	2,36 \pm 0,24	0,0	0,0	1,0–5,0
IL-6	11,45 \pm 0,67	0,0	0,0	14,27 \pm 1,15	0,0	10,0	1,0–20,0
IL-10	10,57 \pm 0,72	0,0	20,0	10,46 \pm 1,28	0,0	20,0	1,0–10,0
TNF- α	12,48 \pm 0,73	0,0	12,0	12,74 \pm 1,06	0,0	15,0	0,5–20,0

границе нормы. В 10,0% случаев повышенные уровни этого показателя были обнаружены только у мужчин.

Средняя концентрация IL-10 у обследованных лиц выше нормы, без существенной разницы между мужчинами и женщинами: 10,57 \pm 0,72 и 10,46 \pm 1,28 пг/мл, соответственно. В то же время у 20,0% женщин и мужчин наблюдался дисбаланс в сторону избытка IL-10.

Средняя концентрация TNF- α у обследованных лиц ближе к верхней границе физиологической нормы и составляет 12,48 \pm 0,73 пг/мл у женщин и 12,74 \pm 1,06 пг/мл у мужчин. В то же время низких концентраций TNF- α не наблюдалось, а превышение наблюдалось в 12,0 и 15,0% случаев у женщин и мужчин, соответственно.

Таким образом, активность цитокинов у обследованных людей, проживающих в Арктической зоне после лёгкой и/или тяжёлой формы COVID-19 с сопутствующей патологией (хронический бронхит), оставалась умеренно высокой у 12,0–20,0% женщин (IL-1 β , IL-10, TNF- α) и 10,0–15,0% мужчин (IL-1 β , IL-6, IL-10, TNF- α), в зависимости от параметра.

Важно отметить, что более высокие значения, превышающие нормальные, наблюдались только в содержании IL-1 β и IL-10. Также важно уточнить, что концентрация IL-1 β у женщин и мужчин была установлена на 2,0–3,4% выше нормы. Как у мужчин, так и у женщин концентрация IL-10 была установлена на 5,7–4,6% выше нормы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка проблем со здоровьем населения имеет решающее значение в северных районах. В работах S. Donaldson и др., K. Sundseth и др., Л.К. Добродеевой и др., а также в наших предыдущих исследованиях [4, 11–13] было обнаружено, что экологические и климатические факторы в Арктической (Субарктической) зоне способствуют снижению резервных возможностей иммунного гомеостаза человека, которое формирует вторичные

экологически зависимые иммунные дисбалансы, проявляющиеся хронической патологией и частыми рецидивами заболеваний в анамнезе, в частности регионарной бронхолёгочной патологией.

Экстремальные климатические и экологические условия Крайнего Севера препятствуют развитию процессов саморегуляции, возвращающих системы организма к оптимальному состоянию функционирования, вызывая активацию и напряжение клеточного и гуморального иммунитета и, в конечном счёте, снижение резервных возможностей организма [11, 14].

Результаты нашего исследования подтверждают результаты С.С. Бондаря и соавт. [14], которые утверждают, что при бронхолёгочной патологии, например, внебольничной пневмонии (ВП), повышение уровня цитокинового сигнального супрессора SOCS2 в мононуклеарных клетках (МНК) способствует снижению продукции IL-1, IL-4, IL-5, IL-10, IL-17A, CCL5 и IFN- β .

Отмечено, что у реконвалесцентов CAP выработка важнейших цитокинов, определяющих активность адаптивного ответа, подавлена по сравнению с таковой у практически здоровых лиц. Это может быть потенциально неблагоприятным фактором в развитии рецидивирующей пневмонии [15]. Полученные нами данные о концентрации цитокинов у молодых северян с лёгкой и/или умеренной степенью COVID-19 и сопутствующей патологией в анамнезе до COVID-19 не противоречат предыдущим исследованиям.

И.В. Терехов и соавт. и С.С. Бондарь и соавт. [16, 17] наблюдали, что во время выздоровления от бронхолёгочного заболевания активность иммунной системы подавляется, значит, уменьшается количество моноцитов и макрофагов, а также Т-хелперов. Это можно рассматривать как проявления нарушения регуляции на фоне чрезмерного подавления иммунного ответа.

Данное наблюдение согласуется с нашими результатами, по крайней мере частично, поскольку содержание

CD4⁺-хелперов в среднем было ближе к нижнему пределу контрольных значений. Хотя у обследованных людей не был установлен дефицит содержания клеток CD4⁺, их относительно низкие концентрации косвенно указывают на подавление активности Т-хелперов, что приводит к подавлению адаптивного иммунного ответа.

В работах С.С. Бобковой и др. и P. Song и др. [18, 19] исследователи подтвердили, что новая коронавирусная инфекция, вызванная вирусом SARS-CoV-2, характеризуется системной гипертрофической реакцией с выраженным повышением содержания провоспалительных цитокинов, называемой «цитокиновым штормом». Между тем, S. Bhattacharya ясно демонстрирует в своей статье [20], что при вирусных инфекциях чрезмерная воспалительная реакция пропорциональна тяжести заболевания. Однако P. Sinha и др. [21] считают, что существующих данных недостаточно для окончательной оценки важности цитокинового ответа в прогнозировании тяжести COVID-19 у пациентов.

Таким образом, в нашем исследовании выявлено, что у молодых людей в Арктическом регионе с сопутствующим фоном (хронический бронхит) наблюдается незначительная дисрегуляция выработки про- и противовоспалительных цитокинов и иммуноглобулинов на фоне дефицита Т-клеток в течение первого года после заражения COVID-19.

Важно подчеркнуть, что провоспалительные цитокины (IL-1, IL-6, IL-12; фактор некроза опухоли (TNF-α)) и др. продуцируются и воздействуют на иммунокомпетентные клетки, запуская воспалительную реакцию [22].

Согласно K. Gulati и соавт. [23], высокий уровень этих цитокинов отражает активность и тяжесть патологического процесса. Хорошо известно, что IL-4, IL-10 и другие цитокины контролируют определенные иммунные реакции и ограничивают прогрессирование воспаления. Регуляторы клеточного и гуморального иммунитета выполняют свои собственные эффекторные функции (противовирусные, цитотоксические). Цитокины ответственны за выработку местных защитных реакций в тканях, которые включают различные типы клеток крови, эндотелий, эпителий и соединительную ткань. Цитокины модулируют все фазы развития воспаления и адекватность реакции на внедрение патогена на местном уровне. Существенным критерием продления защитной роли воспалительной реакции является соответствие воспалительной реакции уровню повреждения.

Повышенная регуляция цитотоксических лимфоцитов CD8⁺ в нашем исследовании связана со снижением продукции IL-4 на фоне повышенных уровней IL-10, IL-1β и TNF-α, что не противоречит предыдущим выводам в работах K. Gulati и соавт., C.F. Chang и соавт., T.R. Mosmann и соавт., M. Gilliams и др.

Данные показывают, что нарушение регуляции цитокинового ответа является одним из механизмов, лежащих

в основе прогрессирования COVID-19 и развития органической недостаточности. Однако тяжесть этих расстройств у наблюдаемого человека статистически не значима, но коррелирует с относительно высокими уровнями IgE и IgG. У всех наблюдаемых лиц не было осложнений ни из-за основного заболевания, ни после перенесенного COVID-19, независимо от пола.

Выявленная в работе сильная корреляция цитотоксических клеток CD8⁺ с анализируемыми цитокинами позволяет предположить, что их высокий уровень способствует ограничению продукции провоспалительных цитокинов, продуцируемых Т-хелперами, и стимулирует повышение чувствительности иммунных клеток с рецепторами к апоптозу CD95⁺, независимо от пола. Этот вывод также согласуется с ранее опубликованными данными S. Kapu и соавт. [24].

В случае хелперно-супрессорного коэффициента ($k=2$), обусловленного хелперной активностью (CD4⁺) и снижением клеточно-опосредованной цитотоксичности (CD8⁺), мы склонны рассматривать это как компенсаторный адаптивный иммунный ответ, который может служить положительным прогнозом исхода основного заболевания, что совпадает с мнением H. Zhang и T. Wu [25].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У молодых женщин после COVID-19 с хроническим бронхитом в анамнезе частота встречаемости повышенных значений клеточных иммунологических показателей CD8⁺ и CD95⁺, а также иммуноглобулинов IgM, IgG, IgE связана с повышенными значениями цитокина IL-1β в 16,0–44,0% случаев, в зависимости от показателя ($p < 0,01$) и только в 12,0% случаев связана с повышенным содержанием IL-10 и TNF-α.

У молодых мужчин после COVID-19 с хроническим бронхитом в анамнезе высокие концентрации CD8⁺ и CD95⁺ клеток связаны с повышенными уровнями IgA (5,0%), IgM, IgG, IgE (15,0–25,0%) и в 20% случаев связаны с высокими уровнями IL-10 и TNF-α (15,0%). В то же время меняется их разнообразие и вовлечение в адаптивный иммунный ответ более широкого спектра показателей.

Таким образом, результаты исследований молодых людей с сопутствующей патологией (хронический бронхит) в Арктической зоне демонстрируют умеренное нарушение регуляции выработки про- и противовоспалительных цитокинов и иммуноглобулинов на фоне дефицита Т-клеток в течение первого года после заражения COVID-19.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Л.С. Щёголева — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи; Е.Ю. Шашкова — обзор литературы, сбор и обработка данных, анализ литературных источников,

подготовка и написание текста статьи; О.Е. Филиппова — сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; Е.В. Поповская — сбор и обработка данных, анализ литературных источников, написание текста. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Источник финансирования. Научное исследование проведено при поддержке Российского научного фонда (Грант РНФ № 22-25-20143, <https://rscf.ru/project/22-25-20143/>).

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

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

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. L.S. Shchegoleva — literature review, collection and analysis of literary sources, writing and editing of the article; E.Yu. Shashkova — literature review, collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the text of the article; O.E. Filippova — collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the text of the article; E.V. Popovskaya — collection and analysis of literary sources, writing of the text. 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 source. This research was supported by the Russian Science Foundation (grant No. 22-25-20143, <https://rscf.ru/project/22-25-20143/>).

Patients' consent. All study participants signed informed consent. The study protocol was approved by the local ethic committee.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дёмин А.В., Попова О.Н., Гудков А.Б. Физиологические риски здоровья женщин старших возрастных групп в условиях демографического старения общества // *Общественное здоровье и здравоохранение: демографические проблемы и пути их решения*. 2019. С. 33–35.
2. Щёголева Л.С., Сергеева Т.Б., Шашкова Е.Ю., и др. Особенности иммунологической активности периферической крови у лиц разных возрастных групп приполярного региона // *Экология человека*. 2016. Т. 23, № 8. С. 15–20. doi: 10.33396/1728-0869-2016-8-15-20
3. La Voy E.C.P., Mc Farlin B.K., Simpson R.J. Immune Responses to Exercising in a Cold Environment // *Wilderness & Environmental Medicine*. 2011. Vol. 22, N 4. P. 343–351. doi: 10.1016/j.wem.2011.08.005
4. Добродеева Л.К., Патракеева В.П. Влияние миграционных и пролиферативных процессов лимфоцитов на состояние иммунного фона человека, проживающего в условиях высоких широт. Екатеринбург : УрО РАН, 2018. 203 с.
5. Добродеева Л.К., Филиппова О.Е., Балашова С.Н. Соотношение содержания иммунокомпетентных клеток в регуляции иммунного статуса человека, проживающего на Севере // *Вестник Уральской медицинской академической науки*. 2014. № 2. С. 132–134.
6. Chen Y., Liu Q., Guo D. Emerging coronaviruses: Genome structure, replication, and pathogenesis // *Journal of Medical Virology*. 2020. Vol. 92, N 4. P. 418–423. doi: 10.1002/jmv.25681
7. Huang C., Wang Y., Li X., et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China // *Lancet*. 2020. Vol. 395, N 10223. P. 497–506. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5
8. Tisoncik J.R., Korth M.J., Simmons C.P., et al. Into the eye of the cytokine storm // *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 2012. Vol. 76, N 1. P. 16–32. doi: 10.1128/MMBR.05015-11
9. Смирнова М.И., Антипушина Д.Н., Курехян А.С. Бронхиальная астма и аллергический ринит в эпоху COVID-19: данные публикаций первой весны пандемии и рекомендации экспертов // *Профилактическая медицина*. 2021. Т. 24, № 4. С. 105–112. doi: 10.17116/profmed202124041105
10. World Medical Association. World Medical Association. Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects // *JAMA*. 2013. Vol. 310, N 20. P. 2191–2194. doi: 10.1001/jama.2013.281053
11. Donaldson S., Adlard B., Odland J.Ø. Overview of human health in the Arctic: conclusions and recommendations // *International journal of circumpolar health*. 2016. Vol. 75. P. 33807. doi: 10.3402/ijch.v75.33807
12. Donaldson S.G., Van Oostdam J., Tikhonov C., et al. Environmental contaminants and human health in the Canadian Arctic // *Science of the Total Environment*. 2010. Vol. 408, N 22. P. 5165–5234. doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.04.059
13. Sundseth K., Pacyna J.M., Banel A., et al. Climate Change Impacts on Environmental and Human Exposure to Mercury in the Arctic // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2015. Vol. 12, N 4. P. 3579–3599. doi: 10.3390/ijerph120403579
14. Бондарь С.С., Терехов И.В., Никифоров В.С., и др. Роль супрессора цитокиновой сигнализации SOCS2 в регуляции провоспалительной активности клеток цельной крови после перенесенной инфекции нижних отделов респираторного тракта // *Архив внутренней медицины*. 2022. № 3. С. 212–220. doi: 10.20514/2226-6704-2022-12-3-212-220
15. Durham G.A., Williams J.J.L., Nasim M.T., Palmer T.M. Targeting SOCS Proteins to Control JAK-STAT Signalling in Disease // *Trends in pharmacological sciences*. 2019. Vol. 40, N 5. P. 298–308. doi: 10.1016/j.tips.2019.03.001
16. Бондарь С.С., Терехов И.В., Никифоров В.С., и др. Роль супрессора цитокиновой сигнализации SOCS7 в регуляции

- фосфорилирования ингибитора ядерного фактора транскрипции NF-κB в мононуклеарных лейкоцитах и продукции цитокинов у реконвалесцентов внебольничной пневмонии // Медицинский совет. 2018. № 15. С. 138–140. doi: 10.21518/2079-701X-2018-15-138-140
17. Терехов И.В., Никифоров В.С., Бондарь С.С., и др. Состояние RIG-I- и NF-κB-сигнальных путей в мононуклеарных клетках цельной крови практически здоровых лиц и реконвалесцентов пневмонии, подвергнутых митогенной стимуляции // Гены и Клетки. 2019. Т. 14, № 3. С. 131–136. doi: 10.23868/201906023
18. Бобкова С.С., Жуков А.А., Проценко Д.Н., и др. Критический анализ концепции «цитокиновой бури» у пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19. Обзор литературы // Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. 2021. № 1. С. 57–68. doi: 10.21320/1818-474X-2021-1-57-68
19. Song P., Li W., Xie J., et al. Cytokine storm induced by SARS-CoV-2 // Clinica chimica acta: international journal of clinical chemistry. 2020. Vol. 509. P. 280–287. doi: 10.1016/j.cca.2020.06.017
20. Bhattacharyya S. Inflammation During Virus Infection: Swings and Roundabouts // Dynamics of Immune Activation in Viral Diseases. 2019. P. 43–59. doi: 10.1007/978-981-15-1045-8_3
21. Sinha P., Matthay M.A., Calfee C.S. Is a “Cytokine Storm” Relevant to COVID-19? // JAMA internal medicine. 2020. Vol. 180, N 9. P. 1152–1154. doi: 10.1001/jamainternmed.2020.3313
22. Darif D., Hammi I., Kihel A., et al. The pro-inflammatory cytokines in COVID-19 pathogenesis: What goes wrong? // Microbial pathogenesis. 2021. Vol. 153. P. 104799. doi: 10.1016/j.micpath.2021.104799
23. Ray A., Gulati K., Joshi J., et al. Cytokines and their Role in Health and Disease: A Brief Overview // MOJ Immunol. 2016. Vol. 4, N 2. P. 00121. doi: 10.15406/moji.2016.04.00121
24. Kany S., Vollrath J.T., Relja B. Cytokines in Inflammatory Disease // International journal of molecular sciences. 2019. Vol. 20, N 23. P. 6008. doi: 10.3390/ijms20236008
25. Zhang H., Wu T. CD4⁺T, CD8⁺T counts and severe COVID-19: A meta-analysis // The Journal of infection. 2020. Vol. 81, N 3. P. e82–e84. doi: 10.1016/j.jinf.2020.06.036

REFERENCES

1. Demin AV, Popova ON, Gudkov AB. Fiziologicheskie riski zdorov'ya zhenshchin starshih vozrastnyh grupp v usloviyah demograficheskogo postareniya obshchestva. *Obshchestvennoe zdorov'e i zdavoohranenie: demograficheskie problemy i puti ih resheniya* 2019;33–35. (In Russ).
2. Shchegoleva LS, Sergeeva TB, Shashkova EYu, et al. Peculiarity of immunological activity of peripheral blood in persons of different age groups in polar regions. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2016;23(8):15–20. doi: 10.33396/1728-0869-2016-8-15-20
3. La Voy ECP, Mc Farlin BK, Simpson RJ. Immune Responses to Exercising in a Cold Environment. *Wilderness & Environmental Medicine*. 2011;22(4):343–351. doi: 10.1016/j.wem.2011.08.005
4. Dobrodeeva LK, Patrakeeva VP. *Vliyanie migracionnyh i proliferativnyh processov limfocitov na sostoyanie immunnogo fona cheloveka, prozhivayushchego v usloviyah vysokih shirot*. Yekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 2018. 203 p.
5. Dobrodeeva LK, Filippova OE, Balashova SN. The ratio of the content of immunocompetent cells in the regulation of the immune status of a person living in the North. *Vestnik Ural'skoi meditsinskoi akademicheskoi nauki*. 2014;(2):132–134. (In Russ).
6. Chen Y, Liu Q, Guo D. Emerging coronaviruses: Genome structure, replication, and pathogenesis. *Journal of Medical Virology*. 2020;92(4): 418–423. doi: 10.1002/jmv.25681
7. Huang C, Wang Y, Li X, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*. 2020;395(10223):497–506. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5
8. Tisoncik JR, Korth MJ, Simmons CP, et al. Into the eye of the cytokine storm. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 2012;76(1):16–32. doi: 10.1128/MMBR.05015-11
9. Smirnova MI, Antipushina DN, Kurekhyan AS. Asthma and allergic rhinitis in the COVID-19 era: data from publications of the first spring of the pandemic and expert recommendations. *The Russian Journal of Preventive Medicine*. 2021;24(4):105–112. doi: 10.17116/profmed202124041105
10. World Medical Association. World Medical Association. Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA*. 2013;310(20):2191–2194. doi: 10.1001/jama.2013.281053
11. Donaldson S, Adlard B, Odland JØ. Overview of human health in the Arctic: conclusions and recommendations. *International journal of circumpolar health*. 2016;75:33807. doi: 10.3402/ijch.v75.33807
12. Donaldson SG, Van Oostdam J, Tikhonov C, et al. Environmental contaminants and human health in the Canadian Arctic. *Science of the Total Environment*. 2010;408(22):5165–5234. doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.04.059
13. Sundseth K, Pacyna JM, Banel A, et al. Climate Change Impacts on Environmental and Human Exposure to Mercury in the Arctic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2015;12(4): 3579–3599. doi: 10.3390/ijerph120403579
14. Bondar SS, Terekhov IV, Nikiforov VS, et al. The Role of SOCS2 Cytokine Signaling Suppressor in the Regulation of Proinflammatory Activity of Whole Blood Cells after Lower Respiratory Tract Infection. *The Russian Archives of Internal Medicine*. 2022;(3):212–220. doi: 10.20514/2226-6704-2022-12-3-212-220
15. Durham GA, Williams JJJ, Nasim MT, Palmer TM. Targeting SOCS Proteins to Control JAK-STAT Signalling in Disease. *Trends in pharmacological sciences*. 2019;40(5):298–308. doi: 10.1016/j.tips.2019.03.001
16. Bondar SS, Terekhov IV, Nikiforov VS, et al. The role of suppressor of cytokine signaling SOCS7 in the regulation of the phosphorylation of inhibitor of nuclear transcription factor NF-κB in mononuclear leukocytes and production of cytokines in community-acquired bacterial pneumonia. *Meditsinskiy sovet = Medical Council*. 2018;(15):138–140. doi: 10.21518/2079-701X-2018-15-138-140
17. Terekhov IV, Nikiforov VS, Bondar SS, et al. State of RIG-I and NF-κB signaling pathways in whole blood mononuclear cells of

- apparently healthy individuals and pneumonia convalescents subjected to mitogenic stimulation. *Genes and Cells*. 2019;14(3):131–136. doi: 10.23868/201906023
18. Bobkova SS, Zhukov AA, Protsenko DN, et al. Critical analysis of the concept of “cytokine storm” in patients with novel coronavirus infection COVID-19. Literature review. *Annals of Critical Care*. 2021;1:57–68. doi: 10.21320/1818-474X-2021-1-57-68
 19. Song P, Li W, Xie J, et al. Cytokine storm induced by SARS-CoV-2. *Clinica chimica acta; international journal of clinical chemistry*. 2020;509:280–287. doi: 10.1016/j.cca.2020.06.017
 20. Bhattacharyya S. Inflammation During Virus Infection: Swings and Roundabouts. *Dynamics of Immune Activation in Viral Diseases*. 2019:43–59. doi: 10.1007/978-981-15-1045-8_3
 21. Sinha P, Matthay MA, Calfee CS. Is a “Cytokine Storm” Relevant to COVID-19? *JAMA internal medicine*. 2020;180(9):1152–1154. doi: 10.1001/jamainternmed.2020.3313
 22. Darif D, Hammi I, Kihel A, et al. The pro-inflammatory cytokines in COVID-19 pathogenesis: What goes wrong?. *Microbial pathogenesis*. 2021;153:104799. doi: 10.1016/j.micpath.2021.104799
 23. Ray A, Gulati K, Joshi J, et al. Cytokines and their Role in Health and Disease: A Brief Overview. *MOJ Immunol*. 2016;4(2):00121. doi: 10.15406/moji.2016.04.00121
 24. Kany S, Vollrath JT, Relja B. Cytokines in Inflammatory Disease. *International journal of molecular sciences*. 2019;20(23):6008. doi: 10.3390/ijms20236008
 25. Zhang H, Wu T. CD4⁺T, CD8⁺T counts and severe COVID-19: A meta-analysis. *The Journal of infection*. 2020;81(3):e82–e84. doi: 10.1016/j.jinf.2020.06.036

ОБ АВТОРАХ

* **Шашкова Елизавета Юрьевна**, канд. биол. наук;
адрес: Россия, 163000, Архангельск, пр-т Ломоносова, д. 249;
ORCID: 0000-0002-1735-6690;
eLibrary SPIN: 8137-0571;
e-mail: eli1255@ya.ru

Поповская Екатерина Васильевна;
ORCID: 0000-0002-6306-1068
eLibrary SPIN: 4890-4668
e-mail: miakati15@gmail.com

Филиппова Оксана Евгеньевна, канд. биол. наук;
ORCID: 0000-0001-6117-0562;
eLibrary SPIN: 8507-7525;
e-mail: eli1255@ya.ru

Щёголева Любовь Станиславовна, д-р биол. наук, профессор;
ORCID: 0000-0003-4900-4021;
eLibrary SPIN: 6859-2123;
e-mail: shchegoleva60@mail.ru

AUTHORS' INFO

* **Elizaveta Yu. Shashkova**, Cand. Sci. (Biology);
address: 249 Lomonosov avenue, 163000, Arkhangelsk, Russia;
ORCID: 0000-0002-1735-6690;
eLibrary SPIN: 8137-0571;
e-mail: eli1255@ya.ru

Ekaterina V. Popovskaya;
ORCID: 0000-0002-6306-1068;
eLibrary SPIN: 4890-4668
e-mail: miakati15@gmail.com

Oxana E. Philippova, Cand. Sci. (Biology);
ORCID: 0000-0001-6117-0562;
eLibrary SPIN: 8507-7525;
e-mail: eli1255@ya.ru

Lyubov S. Shchegoleva, Dr. Sci. (Biology), professor;
ORCID: 0000-0003-4900-4021;
eLibrary SPIN: 6859-2123;
e-mail: shchegoleva60@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco604353>

Волны жары и холода на территории Крымского полуострова и здоровье населения

Т.Е. Данова

Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Климатические изменения оказывают значительное влияние на здоровье населения, уровень заболеваемости и смертности. Представленные исследования посвящены современным характеристикам волн жары и холода на территории Крымского полуострова.

Цель. Оценка характеристик волн жары и холода, выявление различий в характеристиках волн, связанных с береговым и материковым расположением центров климатотерапии, на территории Крымского полуострова.

Материал и методы. В ходе исследования использованы стандартные статистические методы обработки. Визуализация полученных результатов позволила выявить зоны максимальных значений. Для определения волн жары и холода использованы среднесуточные температуры воздуха круглогодичного распределения, рассчитанные на основании на 3%-го и 97%-го перцентилей. Подобный подход позволяет учитывать интенсивность и продолжительность исследуемых событий.

Предметом исследования являются срочные значения приземной температуры воздуха, на основе которых были рассчитаны среднесуточные значения температуры воздуха по 19 станциям Крымского полуострова за период 2006–2021 гг. По данным Росстата проведена оценка по гендерному и возрастному составу постоянно проживающего населения на территории Крыма и г. Севастополя.

Результаты. Показано, что около половины жителей на территории полуострова (43,5%) относятся к группе повышенного риска здоровью при экстремальных температурах воздуха. Применение порогового значения 3%-го и 97%-го перцентилей ко всему году позволило выделить периоды последовательных волн, отмеченных на каждой станции. Несмотря на то, что Крымский полуостров характеризуется тёплым и влажным климатом, ежегодно на станциях Крымского полуострова формируются от 1 до 4 волн холода и жары, при этом суммарная интенсивность волн холода более чем в два раза превышает суммарную интенсивность волн жары.

Заключение. Представленная современная оценка характеристик волн жары и холода с использованием 3%-го и 97%-го перцентилей многолетнего распределения среднесуточной температуры воздуха позволит обосновать ряд мер по уменьшению негативного воздействия экстремальных температур на здоровье населения на территории Крымского полуострова.

Ключевые слова: волны жары и холода; здоровье населения; Крымский полуостров.

Как цитировать:

Данова Т.Е. Волны жары и холода на территории Крымского полуострова и здоровье населения // Экология человека. 2023. Т. 30, № 9. С. 681–694.
DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco604353>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco604353>

Heat and cold waves on the Crimean Peninsula and their impact on population health

Tatiana E. Danova

Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Climate change has a significant impact on the population health including morbidity and mortality. The studies presented in this paper present characteristics of heat and cold waves on the Crimean Peninsula.

AIM: To assess the heat and cold wave characteristics, identify differences in the wave characteristics depending on the coastal and mainland location of climatotherapeutic centers on the Crimean Peninsula.

MATERIAL AND METHODS: In our research we used standard statistical data treatment methods. Moreover, data visualization techniques allowed identifying zones of maximum temperature values. Heat and cold waves were defined using the 3rd and the 97th percentiles of the average daily air temperatures. This approach allows considering the intensity and duration of the events under study. Measurements of the surface air temperature included eight observations per day at 19 stations on the Crimean Peninsula for the period from 2006 to 2021. Distribution of the permanently residing population in the Crimea and the city of Sevastopol by age and gender was analyzed using the Rosstat data.

RESULTS: As many as 43.5% of the population of the Crimean Peninsula have increased risk of exposure to extreme air temperatures. Having applied the threshold values of the 3rd and the 97th percentiles of the temperature, we identified the periods of heat and cold waves at each station. Even though the Crimean Peninsula has a warm and humid climate, 1 to 4 cold and heat waves have been observed at each station per year. At the same time, the total intensity of cold waves was more than twice the total intensity of heat waves.

CONCLUSION: The presented assessment of heat and cold wave characteristics on the Crimean Peninsula, using 3% and 97% percentiles of the distribution of the average daily air temperature over several years, provides the evidence for developing the measures to reduce the negative impact of extreme temperatures on human health on the Crimean Peninsula.

Keywords: heat and cold waves; population health; Crimean Peninsula.

To cite this article:

Danova TE. Heat and cold waves on the Crimean Peninsula and their impact on population health. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(9): 681–694. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco604353>

Received: 05.10.2023

Accepted: 24.12.2023

Published online: 24.01.2024

ВВЕДЕНИЕ

Современные климатические изменения характеризуются значительной скоростью и оказывают огромное влияние на деятельность различных отраслей народного хозяйства. Усиливающаяся нестабильность глобальной климатической системы, характеризуется увеличением повторяемости и интенсивности экстремальных температур и проявляется в политической, социальной, экологической и медико-санитарной сферах [1–3].

Воздействие климатических факторов на систему здравоохранения на территории Российской Федерации включает влияние на состояние здоровья населения, уровень заболеваемости и смертности (негативное воздействие на течение сердечно-сосудистых, респираторных и иных заболеваний), на эпидемиологическую обстановку (расширение ареала распространения инфекционных и паразитарных заболеваний, особенно в годы с тёплыми зимами), на инфраструктуру системы здравоохранения (разрушающее воздействие на объекты температурно-влажностных деформаций, деградации многолетней (вечной) мерзлоты, необходимость дополнительного охлаждения помещений в летний период), на оказание медицинской помощи в экстренной форме (обеспечение быстрого реагирования и мобилизации материально-технических средств и личного состава). Сопоставление средних годовых оценок изменения приземной температуры воздуха по всей территории Российской Федерации в XXI в., рассчитанных по ансамблю моделей CMIP5, сценарии RCP (Росгидромет, 2014), с соответствующими оценками по ансамблю CMIP6, сценарии SSP, указывает на систематически более тёплый будущий климат по оценкам моделей последнего поколения при некотором увеличении межмодельного разброса [4]. В этой связи, принятый в России Национальный план по адаптации к климатическим рискам определяет меры по снижению избыточной смертности от воздействия волн жары и холода [5]. Учитывая, что оценку эффективности мер, принимаемых на разных уровнях для адаптации к изменениям климата, предстоит осуществить в ближайшие годы, разработка отраслевых планов адаптации федеральными органами исполнительной власти, а затем и региональных планов адаптации субъектами Российской Федерации требует формулирования общих научно-методических основ такого планирования [6].

На протяжении многих десятилетий Крымский полуостров рассматривался как здравница для огромного количества пациентов с различными патологиями. Тёплый и влажный климат Крымского полуострова обладает целебными свойствами и способствует формированию устойчивого лечебного эффекта (регенеративного, каталитического (энергетического)) в следующих сферах: заболевания органов дыхания; заболевания сердечно-сосудистой системы; заболевания желудочно-кишечного тракта; заболевания ЛОР-органов; заболевания нервной

системы; заболевания эндокринной системы; заболевания системы крови. Кроме того, в связи с полноценным интегрированием полуострова в санаторно-курортную карту России, всё большие масштабы приобретает процесс рекреационного освоения территорий, фиксируется устойчивый рост туристического потока. Основные этапы развития региона изложены в Постановлении Правительства РФ от 11 августа 2014 г. № 790 «Об утверждении федеральной целевой программы "Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2025 года"», где туристский потенциал, комфортные климатические условия для рекреации и лечения, наличие действующей туристско-рекреационной инфраструктуры названы в качестве конкурентных преимуществ и ключевых факторов развития макрорегиона [7]. Необходимо понимать, что для постоянно проживающих на территории полуострова около 2,5 млн жителей Республики Крым и г. Севастополя современные климатические изменения также могут носить экстремальный характер.

Основным показателем климатических изменений является динамика многолетних суточных и среднемесячных значений приземной температуры воздуха. Рассчитанные на основании срочных данных приземной температуры воздуха волны жары и холода являются факторами высокой нагрузки на биологические системы, при которых наиболее уязвимыми становятся представители пожилого и молодого населения [8]. Как известно, акклиматизация включает в себя широкий спектр физиологических адаптационных процессов, в том числе: изменения частоты сердечных сокращений, ударного объёма, увеличения объёма плазмы, увеличения потоотделения и изменения температуры тела [9]. Несмотря на то, что организм человека способен достаточно эффективно адаптироваться к условиям окружающей среды, необходимо учитывать, что процесс акклиматизации является длительным, и внезапные экстремальные высокие или низкие температуры вполне могут вызвать серьёзные проблемы со здоровьем или даже смерть [10]. В то же время экстремальные изменения температуры воздуха могут привести к тепловым ударам, острым нарушениям мозгового кровообращения, способствовать тромбообразованию и усугублять хронические заболевания сердца и лёгких, почечную недостаточность, гипертермию, гипотермию и другие заболевания [10, 11]. Ряд проведённых ранее исследований позволил выявить высокую корреляцию между определёнными экстремальными температурами и смертностью [12, 13]. Для территории Крымского полуострова проведённые исследования [14–17] показали зависимость рекреационного потенциала от современных климатических изменений, а также позволили выявить современную динамику комплексных биоклиматических показателей, в том числе индекса жары, рассчитанных на основании ряда метеорологических показателей для курортного сезона. Исследование, посвящённое современной динамике температурного и ветрового режимов береговой части

российской территории Черноморского региона, было выполнено в [18].

Цель исследования. Определение качественных и количественных показателей волн жары и холода на территории Крымского полуострова. Проведённые исследования позволят восполнить существующие пробелы в информации по характеристикам волн жары и холода на данной территории.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Климатический режим территории Крымского полуострова характеризуется, в первую очередь, динамикой многолетних суточных, среднемесячных значений приземной температуры воздуха. Предметом исследования являются срочные значения приземной температуры воздуха, которые включают в себя восемь наблюдений в сутки через каждые три часа. На базе срочных наблюдений были рассчитаны среднесуточные значения температуры воздуха. В качестве исходных данных использована климатическая база данных «Расписание погоды» (<http://rp5.ru>) по 19 станциям Крымского полуострова (рис. 1) за 16-летний период (2006–2021 гг.). Выбранный для анализа период времени 2006–2021 гг. характеризует современный температурный режим Крымского полуострова.

Необходимо уточнить, что в связи с энергетической блокадой полуострова большинство станций вынуждены были прекратить работу до полного восстановления энергоснабжения, в результате из всего набора данных были изъят период с 01.04.2015 до 31.05.2017.

Данные «Росстата» (<https://82.rosstat.gov.ru>) показывают, что на 1 января 2023 г. в Крыму постоянно проживает 1 916,8 тыс. граждан, при этом в г. Севастополе около 558,3 тыс. жителей. Количество сельских и городских жителей примерно равно, так, в Крыму городское население составляет около 50,3%, сельское

население — около 49,7%, в г. Севастополе городское население составляет 92,5%, сельское население — около 7,5% от общего количества. На территории полуострова постоянно проживает примерно одинаковое количество мужчин и женщин. Средняя продолжительность жизни равняется 73–74 годам, тогда как средний возраст составляет 40,7–40,8 лет. Количество лиц пенсионного возраста составляет в процентном соотношении около 27%, несколько меньше детей до 16 лет — 16,5%. Таким образом, около половины жителей на территории полуострова (43,5%) относятся к группе повышенного риска при экстремальных температурах воздуха.

Методика определения волн жары и холода

Для принятия заблаговременных мер по снижению негативного воздействия экстремальных температур воздуха на здоровье человека необходимо использовать информацию о пороговых уровнях температуры воздуха, выше (ниже) которых смертность населения статистически достоверно возрастает, для этих целей надо определиться, что понимать под волнами жары или холода. Обычно тепловые волны определяются как период исключительно жаркой погоды. Однако существует различие между *теплыми волнами* как периодами, которые являются «чрезвычайно жаркими», и *тёплыми периодами* как периодами, которые являются жаркими в относительном смысле. Так, периоды можно называть периодами потепления, и они могут возникать в любое время года, даже в середине зимы, тогда как волны жары обязательно ограничены летним полугодием [19].

В международных исследованиях экстремальные холод и жара часто определяются на уровне 2,5-го и 97,5-го процентилей [20]. При этом методические вопросы, посвящённые подходам к вычислению рисков температурных волн для здоровья, изложены в [21]. В отдельных исследованиях порог холода устанавливается на уровне



Рис. 1. Метеорологические станции Крымского полуострова, данные которых использованы в исследовании.
Fig. 1. Meteorological stations of the Crimean Peninsula providing the data for the study.

5-го процентиля распределения температуры в холодный сезон с ноября по март [22] или декабрь–март [23], что было близко к 3-му процентилю круглогодичного распределения. Рассчитанные таким образом пороги являются аналогом гигиенических нормативов и зависят от климатической зоны. Значения 3%-го и 97%-го процентов распределения среднесуточной температуры предложены как ориентировочные показатели наступления волны холода (жары), опасной для здоровья населения, по достижении которых необходимо проведение соответствующих профилактических мероприятий [23]. При этом предусмотрено, что такие планы должны быть разработаны по всем субъектам Российской Федерации.

В представленной работе для определения волн жары и холода использованы среднесуточные температуры воздуха круглогодичного распределения, основанные на процентилях, подобный подход позволяет учитывать интенсивность и продолжительность исследуемых событий. Для определения наиболее интенсивных волн, а следовательно, для достижения статистической значимости результатов, определение порога похолодания проведено на основе 3-го процентиля круглогодичного распределения суточных температур. Учитывая, что пороговые значения рассчитывались по отношению ко всей выборке, в результате получены волны жары и холода. Таким образом, в расчётах волн жары и холода для территории Крымского полуострова использовались следующие градации:

- волна холода — это последовательность ≥ 3 дней со среднесуточными температурами ≤ 3 -го процентиля круглогодичного распределения среднесуточных температур в период с 2006 по 2021 гг.
- волна жары — последовательность ≥ 3 дней со среднесуточными температурами ≥ 97 -го процентиля круглогодичного распределения среднесуточных температур в период с 2006 по 2021 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Применение порогового значения 3%-го и 97%-го процентов ко всему году позволило выделить периоды последовательных волн, отмеченных на каждой станции; также были изучены характеристики отдельных волн. Анализ полученных результатов показал, что значения 97%-го процентиля находятся в диапазоне от 20,9 до 28,1 °С; значения 3%-го процентиля варьируются от -7,7 до 1,4 °С. Самые низкие значения характерны для высотных станций, самые высокие значения наблюдаются на станциях южного побережья Крымского полуострова.

За 16-летний период исследования (2006–2021 гг.) на территории Крымского полуострова зафиксировано 88–134 дня с температурой ≤ 3 -го процентиля (волн холода) и 102–129 волн жары. Средняя продолжительность волн холода составляет от 4 до 5,9 дней, волн тепла — от 5 до 6,6 дней. Наименьшая средняя продолжительность

волн холода наблюдается на высотных станциях: Ай-Петри (4,0 дней), Ангарский перевал (4,4), а также на самых южных станциях: Алушта (4,2) и Херсонесский маяк (4,0), наибольшая средняя продолжительность волн холода характерна для станции Нижнегорский (5,9). Наименьшая средняя продолжительность волн жары характерна для станции Алушта (5,0), наибольшая средняя продолжительность волн жары наблюдается для станций Нижнегорский (6,1), Херсонесский маяк (6,2) и Феодосия (6,6) (табл. 1).

Выявлено, что на территории Крымского полуострова наибольшая повторяемость (%) у волн холода и волн жары до 7 дней (табл. 2, 3). Подобная длительность волн соответствует продолжительности процессов синоптического масштаба и косвенно указывает на причины возникновения этого явления. Кроме того, площадь территории, которую занимает волна жары или холода, в свою очередь зависит от размера барического образования, формирующего эту волну. Как правило, волны жары формируются в антициклональном поле, а волны холода связаны с затоком арктической воздушной массы, нередко с влиянием сибирского антициклона. Также волны холода чаще всего связаны с холодными фронтальными разделами, в этом случае волна холода сопровождается усилением ветра и осадками, что может увеличить риск сердечно-респираторных заболеваний и преждевременной смерти, особенно среди уязвимых групп населения с ограниченными возможностями [20]. Суммарно на градации (3–7) дней приходится от 80% волн жары до 85% для волн холода от общего числа волн. При этом на волны холода продолжительностью 3 дня приходится около 42%, 4 дня — 19,8% и 5 дней — 12,1%; на волны жары продолжительностью 3 дня приходится 29,6%, 4 дня — 18,9% и 5 дней — 15,2% от всего числа случаев. Волны холода длительностью ≥ 11 дней не наблюдаются на высотных станциях Ай-Петри, Ангарский перевал, а также на станциях Почтовое, Херсонесский маяк, Ялта. Оценка процентного соотношения изменения смертности в результате волн холода разной длительности показала, что после 2-дневной холодной волны оно близко к нулю, тогда как после 4-дневной волны холода наблюдается увеличение смертности на 1,7%. В большей степени это связано непосредственно с городским населением, а также с представителями группы пенсионного возраста [24].

Максимальная продолжительность волн холода и жары составляет от 10 до 25 дней, что соответствует около 10% от всех случаев (табл. 2, 3). Самая продолжительная волна холода (19 дней) отмечалась с 20 чисел января по середину февраля 2012 г. практически на всей территории Крымского полуострова. В период самой продолжительной волны холода 02.02.2012 на территории полуострова зафиксировано минимальное значение среднесуточной температуры воздуха -33,6 °С (станция Нижнегорский). Волны холода длительностью 10 дней отмечались также в южной части Крымского полуострова,

при этом минимальные значения среднесуточной температуры воздуха зафиксированы 23.01.2006 на станции Херсонесский маяк ($-15,9$ °C); и 25.01.2006 на станции Ялта ($-10,2$ °C).

Самая продолжительная волна жары отмечалась в июле–августе 2010 г. на всей территории Крымского полуострова. Эта волна является экстремальной по продолжительности, температурным аномалиям и географической протяжённости над густонаселёнными районами Восточной Европы, поэтому таким событиям справедливо присваивают название «мегаволны жары» [26]. Причины и следствия аномальной жары в июле–августе 2010 г. детально оценены в ряде работ [27, 28].

Максимальная продолжительность на территории Крымского полуострова этой волны жары (25 дней)

зафиксирована на станции Херсонесский маяк (табл. 3). При этом на станции Ялта максимальное значение среднесуточной температуры воздуха $38,6$ °C наблюдалось 08.08.2010; на станции Херсонесский маяк максимальное значение среднесуточной температуры воздуха зафиксировано 17.08.2010 и составило $34,9$ °C.

По данным Министерства здравоохранения и социального развития России, в ряде регионов в июле 2010 г., по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, из-за аномальной жары существенно вырос уровень смертности — на $8,6\%$.

Кроме продолжительности волны анализировались также и некоторые другие характеристики:

- амплитуда волны, которая представляет собой разность между максимальным значением темпе-

Таблица 1. Характеристики волн жары и холода (2006–2021 гг.)

Table 1. Characteristics of heat and cold waves (2006–2021)

Станции Stations	Волны холода Cold waves				Волны жары Heat waves			
	Порог холода, °C Cold threshold, °C	Количество волн Number of waves	Количество дней Number of days	Средняя продолжительность волн, дни Average wave duration, days	Порог тепла, °C Cold threshold, °C	Количество волн Number of waves	Количество дней Number of days	Средняя продолжительность волн, дни Average wave duration, days
Ай-Петри Ai-Petri	-7,7	20	88	4,0	20,9	20	113	6,0
Алушта Alushta	1,4	25	106	4,2	28,1	19	104	5,0
Ангарский перевал Angarsk Pass	-5,8	21	92	4,4	22,8	19	117	6,2
Белогорск Belogorsk	-4,9	23	119	5,2	25,4	19	104	5,5
Владиславовка Vladislavovka	-3,3	22	127	5,8	27,0	19	111	5,8
Джанкой Dzhankoy	-3,4	22	126	5,7	27,0	19	109	5,7
Евпатория Eupatoria	-2,2	22	121	5,5	27,5	22	127	5,8
Ишунь Ishun	-4,9	21	122	5,8	27,1	18	102	5,7
Казантип Kazantip	-3,0	22	126	5,7	27,5	19	113	5,9
Керчь Kerch	-3,7	22	124	5,6	27,2	18	106	5,9
Клепинино Klepinino	-4,5	25	134	5,0	26,9	21	117	5,6
Курортное Kurortnoye	-1,9	23	118	5,1	28,0	21	115	5,5
Нижнегорский Nizhnegorskiy	-4,7	20	117	5,9	26,3	20	121	6,1
Никита Nikita	0,6	25	119	4,8	26,3	20	114	5,7
Почтовое Pochtovoje	-3,0	26	117	4,5	25,8	21	113	5,4
Феодосия Feodosia	-2,7	23	131	5,7	27,9	18	119	6,6
Херсонесский маяк Chersonesos Lighthouse	0,6	24	96	4,0	26,3	20	123	6,2
Черноморское Chernomorskoye	-3,2	18	101	5,6	26,0	20	120	6,0
Ялта Yalta	1,2	25	113	4,5	27,8	22	129	5,9
Среднее Mean	-3,0	23	116	5,0	26,0	20	115	6,0

ратуры волны жары, а также минимальным значением температуры волны холода и пороговым значением;

- интенсивность волны, определяемая как суммарное количество градусов ниже (в случае волны холода) или выше порогового значения (в случае волны жары);
- фактор избыточного холода или жары, полученный как осреднённая за период волны суммарная разность температуры от порогового значения.

Проведённый анализ амплитуды волны показал, что волны жары и холода для каждой станции подчиняются следующим закономерностям: самые длинные волны жары обычно имеют наибольшую амплитуду, при этом её значение варьируется в пределах (3,2–6,6) °С, так же, как и самые длинные волны холода тоже имеют наибольшую амплитуду в пределах (9,7–20,1) °С. Волны жары с максимальными амплитудами чаще всего наблюдаются в районе южного берега Крыма и Арабатской Стрелки.

Так, максимальная амплитуда среднесуточной температуры воздуха в волне жары длительностью 15 дней составила 6,6 °С и наблюдалась на станции Никита 08.08.2010 (рис. 2, а). Эта волна жары имела два пика максимумов (8 и 15 августа 2010 г.), которые достигали 34,2 и 32,2 °С, соответственно.

Для амплитуды волн холода характерно широкое распределение с максимальными амплитудами в центральной части Крымского полуострова. Максимальная амплитуда среднесуточной температуры воздуха в волне холода наблюдалась на станции Нижнегорский 20,1 °С (рис. 2, б). Волна холода, зафиксированная в период с 20 по 29 января 2006 г. (10 дней), в первый день характеризовалась резким падением температуры воздуха на 11,4 °С. Минимальная среднесуточная температура воздуха наблюдалась на 4 день волны (23.01.2006) и составила –24,8 °С.

Максимальная интенсивность отдельной волны жары на полуострове колеблется в пределах 17,2–51,3 °С,

Таблица 2. Повторяемость различной продолжительности волн холода (2006–2021 гг.), %

Table 2. Frequency and duration of cold waves (2006–2021) (%)

Станции Stations	Продолжительность, дни Duration, days			Число случаев Number of cases	Максимальная продолжительность волны Maximum wave duration
	3–7	8–10	≥11		
Ай-Петри Ai-Petri	19 (95,0%)	1 (5,0%)	–	20 (100%)	8 дней (2021)
Алушта Alushta	23 (92,0%)	1 (4,0%)	1 (4,0%)	25 (100%)	12 дней (2012)
Ангарский перевал Angarsk Pass	20 (95,2%)	1 (4,8%)	–	21 (100%)	12 дней (2012)
Белогорск Belogorsk	19 (82,7%)	2 (8,6%)	2 (8,6%)	23 (100%)	18 дней (2012)
Владиславовка Vladislavovka	17 (77,3%)	3 (13,6%)	2 (9,1%)	22 (100%)	19 дней (2012)
Джанкой Dzhankoy	18 (81,8%)	2 (9,1%)	2 (9,1%)	22 (100%)	19 дней (2012)
Евпатория Eupatoria	18 (81,8%)	2 (9,1%)	2 (9,1%)	22 (100%)	19 дней (2012)
Ишунь Ishun	16 (76,1%)	3 (14,3%)	2 (9,5%)	21 (100%)	19 дней (2012)
Казантип Kazantip	18 (81,8%)	3(13,6%)	1 (4,6%)	22 (100%)	19 дней (2012)
Керчь Kerch	18 (81,8%)	2 (9,5%)	2 (9,5%)	22 (100%)	19 дней (2012)
Клепинино Klepinino	20 (80,0%)	4 (16,0%)	1 (4,0%)	25 (100%)	19 дней (2012)
Курортное Kurortnoye	19 (82,6%)	2 (8,6%)	2 (8,8%)	23 (100%)	18 дней (2012)
Нижнегорский Nizhnegorskiy	16 (80,0%)	2 (10,0%)	2 (10,0%)	20 (100%)	19 дней (2012)
Никита Nikita	21 (84,0%)	3 (12,0%)	1 (4,0%)	25 (100%)	10 дней (2008)
Почтовое Pochtovoje	22 (53,9%)	4 (15,4%)	–	26 (100%)	10 дней (2008)
Феодосия Feodosia	18 (78,2%)	3 (13,0%)	2 (8,8%)	23 (100%)	19 дней (2012)
Херсонесский маяк Chersonesos Lighthouse	23 (95,8%)	1 (4,2%)	–	24 (100%)	10 дней (2006)
Черноморское Chernomorskoye	14 (77,7%)	3(16,7%)	1 (5,6%)	18 (100%)	19 дней (2012)
Ялта Yalta	22 (88,0%)	3 (12,0%)	–	25 (100%)	10 дней (2006)
Сумма Sum	361 (84,2%)	45 (5,8%)	23 (10,0%)	429 (100%)	19 дней (2012)

волны холода: $-29,3$ – $(-153,8)$ °C. На рис. 3 представлена максимальная интенсивность волн жары и холода для каждой станции за весь период исследования. Установлено, что волны жары с максимальной интенсивностью характерны для высотных станций западного побережья полуострова, для волн холода максимальной интенсивности характерно широтное распределение с максимумом в центральной части Крымского полуострова (рис. 3, *a, b*). Наиболее продолжительные волны жары с максимальной интенсивностью характерны для береговых зон, а для волн холода с максимальной интенсивностью свойственно широтное распределение: чем севернее, тем продолжительнее волны (рис. 3, *c, d*).

Учитывая, что такой показатель, как «интенсивность волны», определяется как суммарное количество градусов ниже или выше порогового значения и не учитывает продолжительность волны, следовательно, он показывает только суммарное превышение или понижение температуры в волне по отношению к пороговым значениям. Для проведения сравнительного анализа волн различной

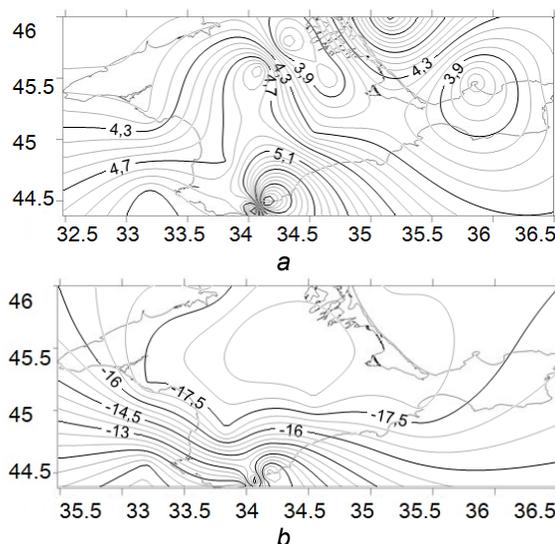


Рис. 2. Пространственное распределение максимальных значений амплитуд волн жары (*a*) и холода (*b*).

Fig. 2. Spatial distribution of the maximum values of the amplitude of heat (*a*) and cold (*b*) waves.

Таблица 3. Повторяемость различной продолжительности волн жары (2006–2021 гг.),%

Table 3. Frequency and duration of heat waves (2006–2021) (%)

Станции Stations	Продолжительность, дни Duration, days			Число случаев Number of cases	Максимальная продолжительность волны Maximum wave duration
	3–7	8–10	≥11		
Ай-Петри Ai-Petri	17 (85,0%)	1 (5,0%)	2 (10,0%)	20 (100%)	18 дней (2010)
Алушта Alushta	14 (73,7%)	3 (15,8%)	2 (10,5%)	19 (100%)	15 дней (2010)
Ангарский перевал Angarsk Pass	15 (79,0%)	2 (10,5%)	2 (10,5%)	19 (100%)	18 дней (2010)
Белогорск Belogorsk	16 (84,3%)	1 (5,3%)	2 (10,5%)	19 (100%)	16 дней (2010)
Владиславовка Vladislavovka	15 (79,0%)	2 (10,5%)	2 (10,5%)	19 (100%)	18 дней (2010)
Джанкой Dzhankoy	16 (84,3%)	1 (5,3%)	2 (10,5%)	19 (100%)	18 дней (2010)
Евпатория Eupatoria	18 (81,8%)	2 (9,0%)	2 (9,0%)	22 (100%)	23 дней (2010)
Ишунь Ishun	14 (77,9%)	3 (16,6%)	1 (5,5%)	18 (100%)	17 дней (2010)
Казантип Kazantip	15 (78,9%)	2 (10,5%)	2 (10,5%)	19 (100%)	22 дней (2010)
Керчь Kerch	15 (83,3%)	1 (5,6%)	2 (11,1%)	18 (100%)	18 дней (2010)
Клепинино Klepinino	17 (81,0%)	2 (9,5%)	2 (9,5%)	21 (100%)	17 дней (2010)
Курортное Kurortnoye	16 (76,2%)	3 (14,3%)	2 (9,5%)	21 (100%)	14 дней (2010)
Нижнегорский Nizhnegorskiy	16 (80,0%)	2 (10,0%)	2 (10%)	20 (100%)	14 дней (2010)
Никита Nikita	15 (75,0%)	4 (20,0%)	1 (5,0%)	20 (100%)	15 дней (2010)
Почтовое Pochtovoje	18 (85,7%)	1 (4,8%)	2 (9,5%)	21 (100%)	17 дней (2010)
Феодосия Feodosia	13 (72,1%)	3 (16,7%)	2 (11,2%)	18 (100%)	22 дней (2010)
Херсонесский маяк Chersonesos Lighthouse	16 (80,0%)	3 (15,0%)	1 (5,0%)	20 (100%)	25 дней (2010)
Черноморское Chernomorskoye	15 (75,0%)	4 (20,0%)	1 (5,0%)	20 (100%)	20 дней (2010)
Ялта Yalta	17 (77,3%)	3 (13,6%)	2 (9,1%)	22 (100%)	20 дней (2010)
Всего Total	298 (79,5%)	41 (10,9%)	36 (9,6%)	375 (100%)	25 дней (2010)

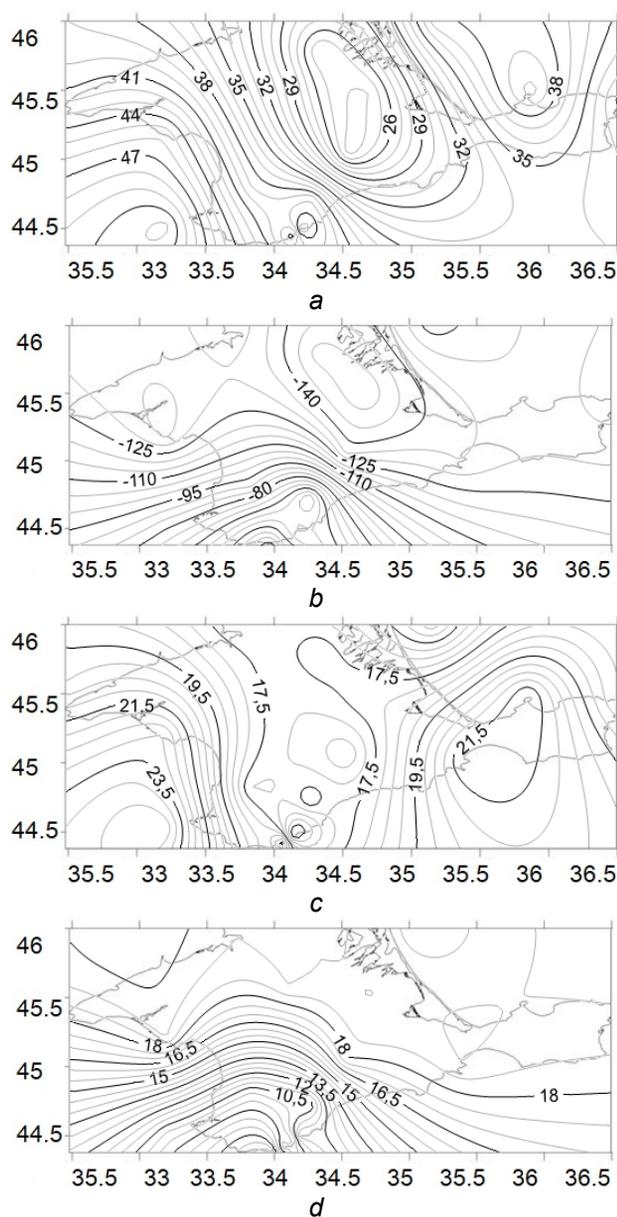


Рис. 3. Пространственное распределение максимальных значений интенсивности волн жары (а) и холода (б); продолжительность волн жары (с) и холода (д) с максимальной интенсивностью.

Fig. 3. Spatial distribution of the maximum intensity values of heat (a) and cold (b) waves; duration of heat (c) and cold (d) waves with maximum intensity.

продолжительности мы используем фактор избыточного холода или жары, рассчитывая его как осреднённую за период волны суммарную разность температуры от порогового значения.

Максимальные значения фактора избыточной жары колеблются в пределах 1,8–4,0 °С/кол-во дней в волне, фактора избыточного холода: –5,1–(–11,5) °С/кол-во дней в волне. Волны с максимальными значения фактора избыточной жары характерны для станций южного побережья, для волн с максимальными значения фактора избыточного холода характерно широтное распределение

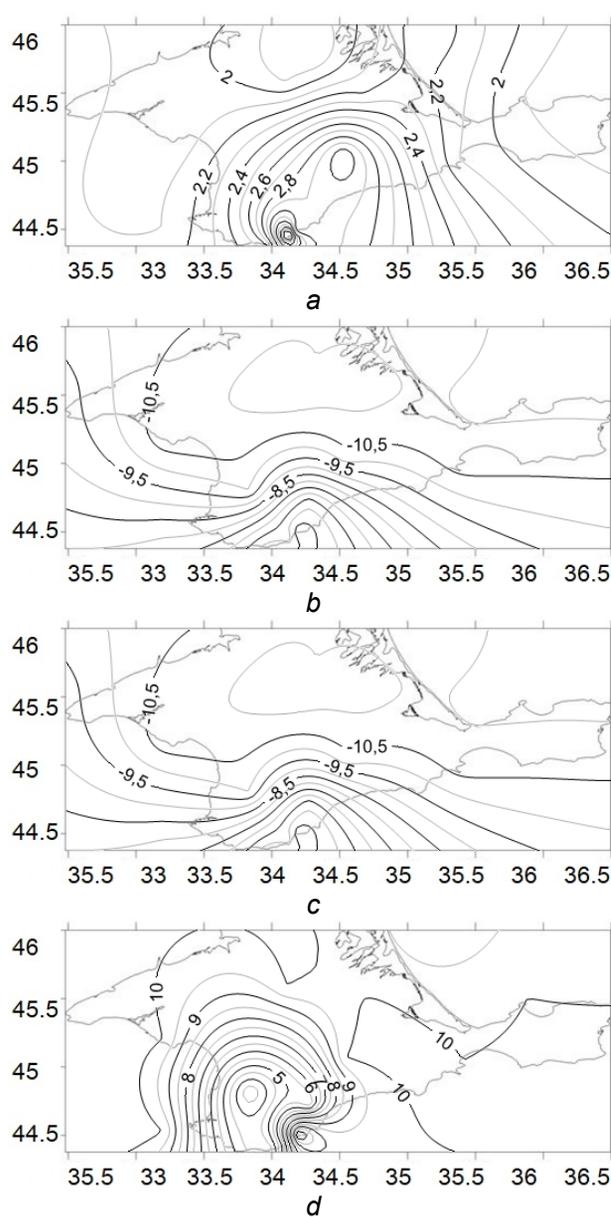


Рис. 4. Пространственное распределение максимальных значений фактора избыточной жары (а) и избыточного холода (б); продолжительность волн жары (с) и холода (д) с максимальными значениями фактора.

Fig. 4. Spatial distribution of the maximum values of the factor of excess heat (a) and excess cold (b); duration of heat (c) and cold (d) waves with maximum values of the factor.

с максимумом в центральной части Крымского полуострова (рис. 4, а, б).

Наиболее продолжительные волны с максимальными значения фактора избыточной жары характерны для западного побережья, для волн с максимальными значения фактора избыточного холода выделяется зона минимальных значений продолжительности волн в районе высотных станций, а также на самых южных станциях (рис. 4, с, д).

Относительно распределения волн в течение года можно отметить следующую закономерность: на территории Крымского полуострова волны холода наблюдаются

с декабря по март, волны жары — с июня по сентябрь (табл. 4).

Для территории Крымского полуострова весенние месяцы (начиная с апреля) являются наиболее комфортными, редкие волны жары фиксируются только в июне (11 случаев), имея за весь период небольшую суммарную интенсивность по всему Крымскому полуострову (55,9 °С). Наиболее жаркими месяцами в Крыму являются июль (157 случаев) и август (206 случаев), для которых характерна максимальная суммарная интенсивность (1007,1 и 1897,7 °С, соответственно). В сентябре за весь период наблюдения зафиксирован всего один случай волны жары на высотной станции Ай-Петри. Несмотря на то, что на Крымском полуострове низкие температуры кратковременны и не обладают устойчивостью, зимы здесь довольно холодные, особенно некомфортно в прибрежных районах с повышенной влажностью и сильными постоянными ветрами. Волны холода наблюдаются с декабря по март. При этом наибольшее число случаев с волнами холода за период 2006–2021 гг. зафиксировано в январе (164 случая) и в феврале (194 случая), наименьшее — в марте (7 случаев), максимальную суммарную для полуострова интенсивность волны холода имеют также в январе (–4518,1 °С) и феврале (–3884,0 °С), минимальную — в марте (–39,1 °С). Всего около 10% приходится на волны холода длительностью ≥ 11 дней, однако на всей территории региона отмечены волны холода продолжительностью около 20 дней с амплитудой волны до 20,0 °С.

ОБСУЖДЕНИЕ

Суммарно на волны длительностью более 4 дней приходится от 70% волн жары до 50% для волн холода от общего числа волн. Самые длинные волны обычно имеют наибольшую амплитуду, которая у волн жары более чем в три раза меньше, чем волн холода, и её значение варьируется в пределах (3,2–6,6 °С) для волн жары и в пределах (9,7–20,1 °С) для волн холода. Наиболее продолжительные волны жары с максимальной интенсивностью 17,2–51,3 °С характерны для западного побережья, для волн холода с максимальной интенсивностью –29,3–(–153,8) °С свойственно широтное распределение: чем севернее, тем продолжительнее волны. Волны с максимальными значениями фактора избыточной жары 1,8–4,0 °С/кол-во дней в волне характерны для станций южного побережья, для волн с максимальными значениями фактора избыточного холода характерно широтное распределение –5,1–(–11,5) °С/кол-во дней в волне. Распределения волн в течение года показывают следующую закономерность: на территории Крымского полуострова волны холода наблюдаются с декабря по март, волны жары — с июня по сентябрь, при этом суммарная интенсивность волн холода более чем в два раза больше волн жары.

Как показано в [24], достоверное повышение смертности установлено при среднесуточной температуре, превышающей 97–98%-й процентиля в течение 5–7 последовательных дней (короткие волны) или более 7 дней (длинные волны). В этой связи использование 97%-го процентиля позволяет не только установить достоверный порог, но и сравнить результаты для разных территорий. Значения 97%-го процентиля для станций Крымского полуострова доходят до 28,1 °С. Полученные значения несколько ниже пороговых значений для ряда южных городов европейской части России [24]: +29,0 °С в Волгограде, +28,6 °С в Астрахани, +28,2 °С в Краснодаре. Связано это, в первую очередь, с географическим положением Крымского полуострова, который изолирован от континентальной части акваториями Чёрного и Азовского морей, что оказывает смягчающее влияние на суточные, сезонные и годовые колебания приземной температуры воздуха.

При этом в этих городах дополнительная смертность — количество умерших на 100 тыс. населения — во время волн жары составила 7,6 (6,7–8,5) случаев в Волгограде; 8,5 (7,5–9,6) в Краснодаре и 10,8 (9,3–12,2) в Астрахани. Полученные результаты свидетельствуют о том, что длительные периоды аномальной жары являются чрезвычайно напряжёнными и стрессовыми периодами для организма, адаптация человека в этих условиях достигается путём большого напряжения и сложной перестройки систем всего организма.

Проводя сравнение полученных результатов с исследованиями, представленными в [24], необходимо учитывать, что длительность определённых в [24] волн жары (5–7 дней — короткие волны, более 7 дней — длинные волны) несколько отличается от использованных нами градаций: 3–7 дней, которым соответствует число случаев волн жары 298 (79,5%) и 8–10 дней с числом случаев 41 (10,9%). Связано это, в первую очередь, с необходимостью учёта 3- и 4-дневных волн жары, на которые в Крыму приходится 29,6% и 18,9%, соответственно, что составляет 48,5% от всех выявленных волн жары и 61,8% от всех выявленных волн холода. Используемая градация соответствует временной шкале синоптического масштаба и хорошо соотносится с горизонтальными размерами атмосферных образований, приводящих к формированию термических волн. В наибольшей степени это имеет отношение к 3–4-дневным волнам холода, которые чаще всего образуются на холодных фронтах II типа, в этом случае волна холода сопровождается значительным и быстрым падением атмосферного давления, резким усилением ветра, сильными осадками, что может существенно увеличить риск сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний.

При определении волны холода по 3%-му процентилю среднесуточной температуры воздуха показан относительный прирост смертности, равный 10% в расчёте на каждый день волны, что значительно меньше,

Таблица 4. Число волн жары, холода и их суммарная интенсивность (2006–2021 гг.), °С**Table 4.** Number of heat waves, cold waves and their total intensity (2006–2021) (°C)

Станции Stations	Волны холода Cold waves				Волны тепла Heat waves			
	декабрь Dec	январь Jan	февраль Feb	март Mar	июнь Jun	июль Jul	август Aug	сентябрь Sep
Ай-Петри Ai-Petri	4/–31,9	8/–123,4	7/–92,7	1/–12,5	–	7/51,9	12/121,7	1/2,2
Алушта Alushta	6/–51,8	6/–50,5	12/–201,2	1/–6,9	–	7/50,9	12/141,7	–
Ангарский перевал Angarsk Pass	4/–43,1	9/–173,5	7/–102,9	1/–6,2	–	7/62,2	12/150,5	–
Белогорск Belogorsk	4/–28,1	8/–288,9	11/–275,0	–	2/13,6	9/57,1	8/63,4	–
Владиславовка Vladislavovka	4/–33,7	7/–300,2	11/–295,0	–	–	10/60,5	9/64,9	–
Джанкой Dzhan koy	4/–31,9	7/–302,1	11/–285,5	–	–	10/60,5	9/64,9	–
Евпатория Eupatoria	3/–29,6	9/–301,3	10/–258,2	–	–	8/50,9	14/116,6	–
Ишунь Ishun	2/–25,1	9/–302,8	10/–237,7	–	2/6,3	7/52,7	9/74,3	–
Казантип Kazantip	2/–12,5	8/–236,9	10/–257,8	2/–10,4	1/3,0	9/57,6	9/70,6	–
Керчь Kerch	3/–21,0	8/–249,2	11/–272,2	–	–	6/45,5	12/75,4	–
Клепинино Klepinino	3/–25,0	9/–275,3	13/–294,8	–	2/3,6	10/64,7	9/77,4	–
Курортное Kurortnoye	4/–28,4	9/–231,9	10/–221,7	–	–	8/53,2	13/137,1	–
Нижнегорский Nizhnegorskiy	1/–18,6	8/–320,4	11/–284,7	–	1/9,3	11/69,9	8/61,1	–
Никита Nikita	3/–23,9	11/–174,9	10/–126,3	1/–1,6	–	8/69,7	12/159,3	–
Почтовое Pochtovoje	5/–51,2	12/–288,4	9/–134,3	–	1/7,9	9/67,7	11/90,5	–
Феодосия Feodosia	3/–20,2	8/–275,1	12/–269,1	–	–	8/54,0	10/88,8	–
Черноморское Chernomorskoye	2/–15,9	8/–239,9	8/–228,2	–	1/9,6	7/36,2	12/98,0	–
Ялта Yalta	4/–32,3	9/–147,7	11/–114,5	1/–1,6	1/2,6	8/56,7	13/147,9	–
Херсонесский маяк Chersonesos Lighthouse	3/–25,4	11/–235,6	10/–117,9	–	–	8/36,1	12/93,6	–
За период For the period	64*/ –549,4**	164/ –4518,1	194/ –3884,0	7/ –39,1	11/ 55,9	157/ 1007,1	206/ 1897,7	1/ 2,2

Примечание: в числителе * представлены число случаев; в знаменателе ** максимальная суммарная для полуострова интенсивность волны холода или жары.

Note: in the numerator * the number of cases is presented; in the denominator ** the maximum total intensity of a cold or heat wave on the peninsula.

чем при волнах жары [24]. Значения 3%-го перцентиля для территории Крымского полуострова варьируются от –7,7 до 1,4 °С. Около 42% волн холода приходятся на короткие волны (продолжительностью 3 дня), при этом наиболее сильное влияние на здоровье человека выявлено при коротких волнах по сравнению с длинными (отсроченное воздействие составляет 2–3 дня) [24]. В зоне высокого риска находятся лица старшей возрастной группы с болезнями системы кровообращения, когда волны холода способствуют появлению инфекционных респираторных заболеваний, что может усилить ранее существовавшие лёгочные заболевания, приводя к жертвам в краткосрочной и среднесрочной перспективе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исследования показали, что ежегодно на станциях Крымского полуострова формируются от 1 до 4 волн холода и жары. Несмотря на то, что территория Крымского полуострова характеризуется тёплым и влажным климатом, суммарная интенсивность волн холода более чем в два раза превышает суммарную интенсивность волн жары.

Несмотря на прогнозируемое снижение количества волн холода в результате современных климатических изменений, угрозы здоровью, связанные с волнами жары, вызывают значительно большую озабоченность, особенно

в южных районах. Адаптация к жаре может не быть достигнута в должной степени в связи с резкими изменениями температуры воздуха, либо адаптация организма может быть ограничена, особенно в случаях длительных волн жары, имеющих несколько максимумов.

Особенности географического расположения Крымского полуострова предопределили развитие здесь обширного туристско-рекреационного комплекса. Именно географические условия и их важнейшая составляющая — климатические факторы, определяющие параметры волн жары и холода и характеризующие экстремальные проявления термического режима, — требуют постоянного мониторинга. Современная оценка этих характеристик в районах основных центров климатотерапии, расположенных на территории Крымского полуострова, с использованием 3%-го и 97%-го процентилей многолетнего распределения среднесуточных температур в летний и зимний периоды позволяет контролировать изменение климатических рисков для здоровья населения.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости систематизации волн жары и холода, наблюдающихся на территории Крымского полуострова по различным параметрам. Это позволит внедрить систему раннего оповещения о наступлении температурных волн жары и холода с одновременным использованием комплекса профилактических мер для населения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Работа выполнена по теме Морского гидрофизического института № FNNN-2021-0002 «Фундаментальные исследования процессов взаимодействия в системе океан-атмосфера, определяющих региональную пространственно-временную изменчивость природной среды и климата» (Шифр «Взаимодействие океана и атмосферы»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J., et al., editors. Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge : Cambridge University Press, 2001. 893 p.
- Tank A.K., Wijngaard A., van Engelen A. Climate of Europe: assessment of observed daily temperature and precipitation extremes. Netherlands, Royal Dutch Meteorological Institute. 2002. 36 p.
- Rahmstorf S., Coumou D. Increase of extreme events in a warming world // PNAS. 2011. Vol. 108, N 44. P. 17905–17909. doi: 10.1073/pnas.1101766108
- Катцов В.М., Павлова Т.В., Говоркова В.А., и др. Сценарные прогнозы изменений климата на территории России в XXI веке на основе ансамблевых расчётов с моделями СМIP6 // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2022. Вып. 604. С. 5–54.
- Распоряжение Правительства РФ от 11 марта 2023 г. № 559-п «Об утверждении национального плана мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата на период до 2025 года». Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/DzVPGI7JgT7QYRoogphpW69KKQREGTB.pdf> Дата обращения: 03.09.2023.
- Акентьева Е.М., Хлебникова Е.М., Гаврилова С.Ю., Ефимов С.В. Доклад о научно-методических основах для разработки стратегий адаптации к изменениям климата в Российской Федерации (в области компетенции Росгидромета). Санкт-Петербург; Саратов : Амирит. 2020. 120 с.
- Постановление Правительства РФ от 11 августа 2014 г. № 790 «Об утверждении федеральной целевой программы «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2025 года»» Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420213682> Дата обращения: 03.09.2023.
- Hartz D.A., Golden J.S., Sister C., et al. Climate and heat-related emergencies in Chicago, Illinois (2003–2006) // International Journal of Biometeorology. 2012. Vol. 56, N 1. P. 71–83. doi: 10.1007/s00484-010-0398-x

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

Вклад авторов. Т.Е. Данова — постановка задачи, обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, проведение исследования, написание текста и редактирование статьи. Автор подтверждает соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, одобрение финальной версии перед публикацией).

Благодарности. Автор выражает благодарность коллективу электронного ресурса «Расписание погоды» (<http://rp5.ru>) за составление архива приземного анализа погоды, коллективу электронного ресурса «Росстат» (<https://82.rosstat.gov.ru>) за предоставление статистической информации по населению Крымского полуострова.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. The work was done within the framework of the topic of Marine Hydrophysical Institute No. FNNN-2021-0002 “Fundamental Studies of Processes of Interaction in the Ocean-Atmosphere System, Which Determine the Regional Spatial-Temporal Variability of the Natural Environment and Climate” (Code “Ocean-Atmosphere Interaction”).

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

Author contribution. T.E. Danova — problem statement, literature review, collection and analysis of literary sources, conducting research, preparation and writing of the text of the article. The author confirms that his authorship meets the international ICMJE criteria (significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, approval of the final version before publication).

Acknowledgments. The author expresses gratitude to the team of the electronic resource “Weather Schedule” (<http://rp5.ru>) for compiling an archive of surface weather analysis, and the team of the electronic resource “Rosstat” (<https://82.rosstat.gov.ru>) for providing statistical information on to the population of the Crimean Peninsula.

9. Scalley B.D., Spicer T., Jian L., et al. Responding to heatwaves intensity: excess heat factor is a superior predictor of health service utilisation and a trigger for heatwaves plans // *Australian and New Zealand Journal of Public Health*. 2015. Vol. 39, N 6. P. 582–587. doi: 10.1111/1753-6405.12421
10. Basarin B., Lukić T., Matzarakis A. Quantification and assessment of heat and cold waves in Novi Sad, Northern Serbia // *International Journal of Biometeorology*. 2016. Vol. 60, N 1. P. 139–150. doi: 10.1007/s00484-015-1012-z
11. World Health Organization. Preventing harmful health effects of heat-waves. Copenhagen. 2006.
12. Knowlton K., Rotkin-Ellman M., King G., et al. The 2006 California heat wave: impacts on hospitalization and emergency department visits // *Environmental Health Perspectives*. 2009. Vol. 117, N 1. P. 61–67. doi: 10.1289/ehp.11594
13. Barnett A.G., Hajat S., Gasparrini A., Rocklöv J. Cold and heat waves in the United States // *Environmental Research*. 2012. Vol. 112. P. 218–224. doi: 10.1016/j.envres.2011.12.010
14. Стефанович А.А., Воскресенская Е.Н. Изменения комплексных биоклиматических показателей в Крыму с середины XX века // *Экология человека*. 2023. Т. 30, № 1. С. 65–77. doi: 10.17816/humeco111767
15. Данова Т.Е., Никифорова М.П. Отклик рекреационных ресурсов Крымского полуострова на современные климатические изменения // *Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле*. 2016. Т. 26, № 2. С. 142–151.
16. Данова Т.Е. Причины тепловых заболеваний в туристических поездках и пути адаптации в условиях современных климатических изменений. В кн.: *Проблемы и перспективы развития туризма в Южном федеральном округе*. Симферополь: ООО «Издательство Типография «Ариал»; 2016. С. 133–137. EDN: WWVADB
17. Данова Т.Е., Никифорова М.П. Современная динамика комплексных биоклиматических показателей в курортный сезон на Крымском полуострове // *Экология человека*. 2018. Т. 25, № 1. С. 8–14. doi: 10.33396/1728-0869-2018-1-8-14
18. Ефимов В.В., Комаровская О.И., Баянкина Т.М. Временные характеристики и синоптические условия образования экстремальной новороссийской боры // *Морской гидрофизический журнал*. 2019. Т. 35, № 5. С. 409–422. doi: 10.22449/0233-7584-2019-5-409-422
19. Nairn J.R., Fawcett R.J.B. The Excess Heat Factor: A Metric for Heatwave Intensity and Its Use in Classifying Heatwave Severity // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2014. Vol. 12, N 1. P. 227–253. doi: 10.3390/ijerph120100227
20. Sheridan S.C., Allen M.J. Temporal trends in human vulnerability to excessive heat // *Environmental research letters*, 2018. Vol. 13, N 4. P. 043001. doi: 10.1088/1748-9326/aab214
21. Шапошников Д.А., Ревич Б.А. О некоторых подходах к вычислению рисков температурных волн для здоровья // *Анализ риска здоровью*. 2018. № 1. С. 22–31. doi: 10.21668/health.risk/2018.1.03
22. Wang L., Liu T., Hu M., et al. The impact of cold spells on mortality and effect modification by cold spell characteristics // *Scientific Reports*. 2016. Vol. 6. P. 38380. doi: 10.1038/srep38380
23. Zhou M.G., Wang L.J., Liu T., et al. Health impact of the 2008 cold spell on mortality in subtropical China: the climate and health impact national assessment study (CHINAs) // *Environmental Health*. 2014. Vol. 13. P. 60. doi: 10.1186/1476-069X-13-60
24. Ревич Б.А., Григорьева Е.А. Риски здоровью российского населения от погодных экстремумов в начале XXI в. Часть 1. Волны жары и холода // *Проблемы анализа риска*. 2021. Т. 18, № 2. С. 12–33. doi: 10.32686/1812-5220-2021-18-2-12-33
25. Díaz J., García R., López C., et al. Mortality impact of extreme winter temperatures // *International Journal of Biometeorology*. 2005. Vol. 49, N 3. P. 179–183. doi: 10.1007/s00484-004-0224-4
26. Barriopedro D., Fischer E.M., Luterbacher J., et al. The hot summer of 2010: Redrawing the temperature record map of Europe // *Science*. 2011. Vol. 332, N 6026. P. 220–224. doi: 10.1126/science.1201224
27. Ревич Б.А. Волны жары, качество атмосферного воздуха и смертность населения Европейской части России летом 2010 года: результаты предварительной оценки // *Экология человека*. 2011. № 7. С. 3–9.
28. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Першаген Г. Новая эпидемиологическая модель по оценке воздействия аномальной жары и загрязненного атмосферного воздуха на смертность населения (на примере Москвы 2010 г.) // *Профилактическая медицина*. 2015. Т. 18, № 5. С. 29–33. doi: 10.17116/profmed201518529-33

REFERENCES

1. Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, et al., editors. *Climate change 2001: the scientific basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press; 2001. 893 p.
2. Tank AK, Wijngaard A, van Engelen A. *Climate of Europe: assessment of observed daily temperature and precipitation extremes*. Netherlands, Royal Dutch Meteorological Institute. 2002. 36 p.
3. Rahmstorf S, Coumou D. Increase of extreme events in a warming world. *PNAS*. 2011;108(44):17905-9. doi: 10.1073/pnas.1101766108
4. Kattsov VM, Pavlova TV, Govorkova VA, et al. Climate change projections over the territory of Russia through the XXI century based on ensembles of CMIP6 models. *Voeikov Main Geophysical Observatory*. 2022;604:5–54.
5. Order of the Government of the Russian Federation of 11 March 2023 No 559-p "Ob utverzhdenii natsional'nogo plana meropriyatii vtorogo ehtapa adaptatsii k izmeneniyam klimata na period do 2025 goda" Available from: <http://static.government.ru/media/files/DzVPGli7JgT7QYRoogphpW69KKQREGTB.pdf> (In Russ).
6. Akent'eva EM, Hlebnikova EM, Gavrilova SYu, Efimov SV. *Doklad o nauchno-metodicheskikh osnovah dlya razrabotki strategij adaptatsii k izmeneniyam klimata v Rossijskoj Federacii (v oblasti kompetencii Rosgidrometa)*. Saint Petersburg; Saratov: Amirit. 2020. 120 p. (In Russ).
7. Decree of the Government of the Russian Federation of 11 August 2014 No. 790 "Ob utverzhdenii federal'noi tselevoi programmy "Sotsial'no-ehkonomicheskoe razvitie Respubliki Krym i g. Sevastopolya do 2025 goda" Available from: <https://docs.cntd.ru/document/420213682> (In Russ).

8. Hartz DA, Golden JS, Sister C, et al. Climate and heat-related emergencies in Chicago, Illinois (2003–2006). *International Journal of Biometeorology*. 2012;56:71–83. doi: 10.1007/s00484-010-0398-x
9. Scalley BD, Spicer T, Jian L, et al. Responding to heatwaves intensity: excess heat factor is a superior predictor of health service utilisation and a trigger for heatwaves plans. *Australian and New Zealand Journal of Public Health*. 2015;39(6):582–587. doi: 10.1111/1753-6405.12421
10. Basarin B, Lukić T, Matzarakis A. Quantification and assessment of heat and cold waves in Novi Sad, Northern Serbia. *International Journal of Biometeorology*. 2016;60(1):139–150. doi: 10.1007/s00484-015-1012-z
11. World Health Organization. *Preventing harmful health effects of heat-waves*. Copenhagen. 2006.
12. Knowlton K, Rotkin-Ellman M, King G, et al. The 2006 California heat wave: impacts on hospitalization and emergency department visits. *Environmental Health Perspectives*. 2009;117(1):61–67. doi: 10.1289/ehp.11594
13. Barnett AG, Hajat S, Gasparrini A, Rocklöv J. Cold and heat waves in the United States. *Environmental Research*. 2012;112:218–224. doi: 10.1016/j.envres.2011.12.010
14. Stefanovich AA, Voskresenskaya EN. Changes in complex bioclimatic indicators in Crimea since the middle of the 20th century. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(1):65–77. doi: 10.17816/humeco111767
15. Danova TE, Nikiforova MP. Otklik rekreatsionnykh resursov Krymskogo poluostrova na sovremennye klimaticheskie izmeneniya. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2016;26(2):142–151. (In Russ).
16. Danova TE. Causes thermal of diseases a tourist trips and ways of adapting in conditions of adapting in conditions of modern climate change. In: *Problems and prospects of tourism development in the Southern federal district*. Simferopol: Publishing House Arial; 2016. P: 133–137. EDN: WWVADB
17. Danova TE, Nikiforova MP. Contemporary dynamics of complex bioclimatic indices during resort season on Crimean Peninsula. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2018;25(1):8–14. doi: 10.33396/1728-0869-2018-1-8-14
18. Efimov VV, Komarovskaya OI, Bayankina TM. Temporal Characteristics and Synoptic Conditions of Extreme Bora Formation in Novorossiysk. *Physical Oceanography*. 2019;26(5):361–373. doi: 10.22449/1573-160X-2019-5-361-373
19. Nairn JR, Fawcett RJB. The Excess Heat Factor: A Metric for Heatwave Intensity and Its Use in Classifying Heatwave Severity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2014;12(1):227–253. doi: 10.3390/ijerph120100227
20. Sheridan SC, Allen MJ. Temporal trends in human vulnerability to excessive heat. *Environmental research letters*. 2018;13(4):043001. doi: 10.1088/1748-9326/aab214
21. Shaposhnikov DA, Revich BA. On some approaches to calculation of health risks caused by temperature waves. *Health Risk Analysis*. 2018;1:22–31. doi: 10.21668/health.risk/2018.1.03.eng
22. Wang L, Liu T, Hu M, et al. The impact of cold spells on mortality and effect modification by cold spell characteristics. *Scientific Reports*. 2016;6:38380 doi: 10.1038/srep38380
23. Zhou MG, Wang LJ, Liu T, et al. Health impact of the 2008 cold spell on mortality in subtropical China: the climate and health impact national assessment study (CHINAs). *Environmental Health*. 2014;13:60. doi: 10.1186/1476-069X-13-60
24. Revich BA, Grigorieva EA. Health Risks to the Russian Population from Weather Extremes in the Beginning of the XXI Century. Part 1. Heat and Cold Waves. *Issues of Risk Analysis*. 2021;18(2):12–33. doi: 10.32686/1812-5220-2021-18-2-12-33
25. Díaz J, García R, López C, et al. Mortality impact of extreme winter temperatures. *International Journal of Biometeorology*. 2005;49(3):179–183. doi: 10.1007/s00484-004-0224-4
26. Barriopedro D, Fischer EM, Luterbacher J, et al. The hot summer of 2010: Redrawing the temperature record map of Europe. *Science*. 2011;332(6026):220–224. doi: 10.1126/science.1201224
27. Revich BA. Volny zhary, kachestvo atmosfernogo vozduha i smertnost' naseleniya Evropejskoj chasti Rossii letom 2010 goda: rezul'taty predvaritel'noj ocenki. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2011;7:3–9. (In Russ).
28. Revich BA, Shaposhnikov DA, Pershagen G. New epidemiological model for assessment of the impact of extremely hot weather and air pollution on mortality (in case of the Moscow heat wave of 2010). *Profilakticheskaya Meditsina*. 2015;18(5):29–33. (In Russ). doi: 10.17116/profmed201518529-33

ОБ АВТОРАХ

* **Данова Татьяна Евгеньевна**, канд. геогр. наук, доцент; адрес: Россия, 299911, Севастополь, ул. Капитанская, д. 2; ORCID: 0000-0002-9660-8971; eLibrary SPIN: 7932-0070; e-mail: danova8@mail.ru

AUTHORS' INFO

* **Tatiana E. Danova**, Cand. Sci. (Geography), associate professor; address: 2 Kapitanskaya st., 299011, Sevastopol, Russia; ORCID: 0000-0002-9660-8971; eLibrary SPIN: 7932-0070; e-mail: danova8@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco321227>

Гигиеническая оценка пищевого поступления алюминия в организм у взрослого населения региона Западной Сибири

А.В. Брусенцова¹, Д.В. Турчанинов¹, Н.В. Гогодзе², В.А. Зуева², Е.А. Вильмс¹¹ Омский государственный медицинский университет, Омск, Россия;² Центр гигиены и эпидемиологии в Омской области, Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Проведённые в последние десятилетия работы по изучению влияния алюминия на здоровье человека свидетельствуют о возможности его неблагоприятного воздействия. До настоящего времени отсутствовала информация о поступлении алюминия с пищевыми продуктами в организм различных групп населения Омской области, что определило актуальность настоящего исследования.

Цель. Гигиеническая оценка пищевого поступления алюминия в организм у взрослого населения региона Западной Сибири.

Материал и методы. Исследования проводились в 2019–2020 гг. среди взрослого населения Омской области. Фактическое поступление алюминия с продуктами питания было оценено у 421 взрослого жителя региона (177 мужчин и 244 женщины) с использованием опросника частоты потребления пищи. Выборка не отличалась от генеральной совокупности по полу, возрасту, территориям проживания. Предварительно было определено содержание алюминия в 160 пробах пищевых продуктов.

Результаты. Медиана среднесуточного поступления алюминия составила 4,77 мг/сут. (3,679; 6,118). Статистически значимых различий в поступлении алюминия в организм между мужчинами и женщинами ($p=0,334$) и в различных возрастных группах ($p=0,619$) выявлено не было. Основной вклад в поступление алюминия с пищевыми продуктами внесли группы: «Напитки» (48,5%), «Овощи» (18,4%), «Хлебобулочные изделия» (11,1%), среди отдельных пищевых продуктов — чай (45,5%), хлеб (6,7%), огурцы свежие (5,3%). Отмечен рост вклада группы овощей и снижение вклада группы кондитерских изделий в поступление алюминия с увеличением возраста населения.

Заключение. Уровни поступления алюминия с пищевыми продуктами у большей части взрослого населения Омской области не превышали допустимых. Различий поступления с пищевыми продуктами алюминия между мужчинами и женщинами в различных возрастных группах выявлено не было. Основным источником «пищевого» алюминия у населения Омской области являлись пищевые продукты растительного происхождения.

Ключевые слова: алюминий; пищевое поступление; Западная Сибирь; взрослое население; гигиена питания.

Как цитировать:

Брусенцова А.В., Турчанинов Д.В., Гогодзе Н.В., Зуева В.А., Вильмс Е.А. Гигиеническая оценка пищевого поступления алюминия в организм у взрослого населения региона Западной Сибири // Экология человека. 2023. Т. 30, № 9. С. 695–706. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco321227>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco321227>

Hygienic assessment of aluminum intake in the adult population of Western Siberia

Anna V. Brusentsova¹, Denis V. Turchaninov¹, Natela V. Gogadze², Valeriya A. Zueva², Elena A. Wilms¹

¹ Omsk State Medical University, Omsk, Russia;

² Center of Hygiene and Epidemiology in the Omsk region, Omsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: In recent decades, research has demonstrated the potential for adverse effects of aluminium on human health. However, there has been a lack of information regarding aluminum intake among different population groups in Western Siberia, thus emphasizing the significance of this study.

AIM: To estimate aluminum intake by food consumption in the adult population of Western Siberia.

MATERIAL AND METHODS: The study was conducted in 2019–2020 in the Omsk region. Dietary aluminum intake was assessed in 421 adult residents (177 men and 244 women) of the region using a food frequency questionnaire. The sample was similar to the general population of the region in terms of gender, age, and place of residence. The aluminum content in 160 food samples was determined earlier.

RESULTS: The median daily intake of aluminum was 4.77 mg/day (3.679; 6.118). No differences in the aluminum intake was observed either by age ($p=0.619$) or by gender ($p=0.334$). The main dietary sources of aluminum were beverages (48.5%), vegetables (18.4%), and bakery (11.1%). Among single food products the main sources of aluminium were tea (45.5%), bread (6.7%) and cucumbers (5.3%).

The proportion of aluminum consumed through vegetables tends to increase with age, whereas the opposite trend is observed for confectionery consumption.

CONCLUSION: The dietary consumption of aluminum among the adult population in the Omsk region did not exceed the permissible levels. There were no variations in aluminum intake between men and women across different age groups. The primary source of aluminum in the diet of the Omsk region population is plant-based food.

Keywords: aluminum; food intake; Western Siberia; adult population; food hygiene.

To cite this article:

Brusentsova AV, Turchaninov DV, Gogadze NV, Zueva VA, Vilms EA. Hygienic assessment of aluminum intake in the adult population of Western Siberia. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(9):695–706. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco321227>

Received: 10.03.2023

Accepted: 11.01.2024

Published online: 19.01.2024

ВВЕДЕНИЕ

Длительное время считалось, что алюминий не может оказывать вредное воздействие на здоровье человека. Однако ряд исследований, проведённых во второй половине XX века, опроверг эту точку зрения.

В настоящее время алюминий считают токсичным микроэлементом [1] и относят к веществам 3 класса опасности. В ряде исследований было доказано негативное влияние алюминия на почки [2], нервную [3–5], репродуктивную [3, 4], дыхательную [6–8], костную [5, 9–11], сердечно-сосудистую [12] системы, кровь [13–15]. Есть данные о возможном развитии аллергических дерматитов после контакта с соединениями алюминия [2–5]. Ряд исследований свидетельствует о возможном влиянии алюминия на иммунитет [11, 16].

В организм алюминий может попадать с воздухом, водой, пищевыми продуктами, косметическими средствами (дезодоранты и антиперспиранты, средства для бритья, тональные основы, кремы, косметика для глаз, губ, ногтей и кожи, средства для снятия макияжа, краски для волос и другие продукты для ухода за зубами, полостью рта, кожей), лекарственными препаратами (антациды, фосфатсвязывающие средства и буферные анальгетики, вакцины) [4, 5, 17].

Абсорбция алюминия из воздуха в лёгких наиболее велика (1,5–3%) [4, 5], из воды в желудочно-кишечном тракте — 0,1–0,4% [2, 5, 18], по другим данным — до 0,8% [4], пищевых продуктов — 0,1% [2, 3], по другим данным — 2,0–4,0% [19]. Биодоступность алюминия при контакте с кожей средств личной гигиены составляет всего 0,00052% [4]. Абсорбция алюминия также зависит от ряда других факторов: типа соединения алюминия, pH (повышение pH снижает адсорбцию), растворимости соединений (нерастворимые соединения хуже адсорбируются), присутствия комплексообразующих лигандов (усиливают усвоение путём образования абсорбируемых (обычно водорастворимых) комплексов, например, с лимонной и молочной кислотами, либо снижают его путём образования нерастворимых соединений, например, с фосфатом или растворённым силикатом, конкурирующих ионов, например, железо, магний, кальций) [3–5, 18, 20]. При отсутствии профессионального контакта с алюминием наиболее существенный вклад в суммарную дозу вносят пищевые продукты и вода [4, 18]. Несмотря на то, что биодоступность алюминия из воды выше, значительно большее потребление пищевых продуктов, содержащих алюминий, делает пищу основным источником алюминия (более 95% от общего воздействия) [3, 4, 18, 21]. Растительные пищевые продукты являются основными источниками алюминия. В наибольшем количестве алюминий встречается в хлебобулочных изделиях, овощах, грибах, морепродуктах [2, 5, 18, 22, 23]. Мясо, рыба, молочнокислые изделия, яйца в 50–100 раз беднее по содержанию алюминия, чем овощи, фрукты,

ягоды. Значительное содержание алюминия выявлено в листовом и пакетированном чае, травах, какао и какао-продуктах, специях [18, 24, 25]. Содержание алюминия в овощах и фруктах зависит от сорта, места произрастания. Самые высокие концентрации были обнаружены в Испании на Канарских островах, где почва кислая из-за её вулканической природы. [26]

Помимо этого, алюминий содержится в красителях, пищевых добавках (E523, E541, E554, E556 и E559), дрожжах, консервах. Пищевые продукты, в которых используются пищевые добавки, содержащие алюминий, считаются основным источником воздействия алюминия (хлеб и хлебобулочные изделия). Применяемые в настоящее время пищевые добавки также вносят существенный вклад в общее поступление алюминия в организм человека [24].

Использование алюминиевой посуды, фольги, ёмкостей для приготовления и хранения пищевых продуктов также может приводить к росту пищевого поступления алюминия с продуктами питания [3, 5, 14, 27]. Количество алюминия, переходящего из тары/упаковки, зависит от ряда факторов: времени контакта, температуры, pH среды.

В среднем поступление алюминия в организм человека из всех возможных источников составляет от 11 до 136 мг/человека в неделю [5, 18, 24, 25]. Безопасный уровень поступления (TWI) алюминия из всех источников составляет 1 мг/кг массы тела в неделю, условно-переносимый уровень поступления алюминия за неделю (PTWI) — 0–2,0 мг/кг массы тела [18, 24].

До настоящего времени отсутствовала информация о поступлении алюминия с пищевыми продуктами в организм различных групп населения Омской области, данные в целом по Российской Федерации носят ориентировочный характер, что определило актуальность настоящего исследования.

Цель исследования. Гигиеническая оценка пищевого поступления алюминия в организм у взрослого населения региона Западной Сибири.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объект исследования: взрослое население Омской области. Исследование проводилось в период 2019–2020 гг.

Дизайн исследования: наблюдательное поперечное исследование.

Для обеспечения получения репрезентативных данных предварительно был произведён расчёт минимально необходимого количества респондентов с помощью приложения StatCalc программы EpiInfo (версия 7) с учётом численности генеральной совокупности взрослого населения Омской области (1 454 300 человек), ожидаемой распространённости недостаточного потребления нутриентов (50,0%), обеспечения 95% надежности исследования, статистической мощности исследования 80%. Минимально

необходимое число участников составило 384 человека. С учётом потенциальной выбраковки анкет (принятой на уровне 25%) был составлен план исследования, включавший 480 человек, распределённых по полу, возрасту, месту проживания (г. Омск, сельские муниципальные районы области) пропорционально структуре населения региона. Учитывалась численность каждой возрастной группы генеральной совокупности (18–29 (35,4 %), 30–44 (27,9 %), 45–64 (27,9 %), 65 лет и старше (8,8 %)), соотношение населения по месту проживания (сельское (26,0%), городское (74,0%)), полу (мужчины (42,0 %), женщины (58,0 %)). Критерии включения в исследование: наличие информированного согласия на участие в исследовании, соответствие характеристик потенциального респондента плану исследования (по полу, возрасту, территории и времени проживания (проживание на территории региона не менее 2 лет)).

После исключения неполных и сомнительных данных ($n=59$; основная причина — респонденты не могли точно вспомнить частоту употребления отдельных пищевых продуктов, затруднялись указать точный средний размер порции, при этом не было технической возможности заменить участника исследования в процессе опроса на другого, соответствующего плану исследования) выборка включала 421 взрослого жителя региона (177 мужчин и 244 женщины) в возрасте от 18 до 83 лет, медиана возраста — 37 (23; 57) лет.

Выборка являлась репрезентативной по отношению к населению Омской области, статистически значимо не отличаясь от такового по соотношению мужчин и женщин ($p=0,12$) и медиане возраста. В число респондентов вошли 118 человек, проживающих в 18 сельских муниципальных районах (из 32) всех четырёх природно-климатических зон региона.

С учётом необходимости оценки показателей в отдельных возрастно-половых группах их минимальная численность была не менее 39 человек, что соответствует рекомендациям (25–50 человек) [28].

Опрос респондентов проводили методом активного анкетирования (интервью) обученные интервьюеры. Для сбора данных о фактическом питании использован стандартный опросник частоты потребления пищи [29], включающий 67 видов продуктов питания, объединённых в 10 групп. Для уточнения размеров разовой порции использовался альбом размеров порций продуктов и блюд. Анализ потребления нутриентов проводили расчётным методом с использованием оригинальной, официально зарегистрированной базы данных химического состава пищевых продуктов, потребляемых населением Омской области [30]. Для проведения расчётов было необходимо предварительно установить содержание алюминия в 67 видах пищевых продуктов. Это было сделано как по данным специально организованных лабораторных исследований алюминия в пищевых продуктах, так и по сведениям общедоступных баз данных [31, 32].

Определение алюминия было проведено в 160 пробах пищевых продуктов: чай чёрный (раствор), кофе растворимый (раствор), сыр твёрдых сортов, батон белый, хлеб серый, печенье песочное, картофель (жареный), капуста белокочанная (сырая), морковь (варёная), макаронные изделия (отварные), колбаса варёная, пиво (в алюминиевой банке), бананы (без кожуры), консервы из сайры в масле (в жестяной таре), шоколад молочный. Отбирались 10–11 проб каждого вида продукции (по возможности разных производителей и наиболее популярных у покупателей). Исследования были проведены по методике М-02-1702-20 «Методика измерений содержания элементов в пищевых продуктах методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой» в аккредитованной лаборатории на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной аргонной плазмой ICPE-9820 фирмы Shimadzu с вакуумируемым спектральным блоком. Для каждой пробы использовали две параллельные навески. Одновременно с пробами готовили холостой раствор, повторяя всю последовательность действий, за исключением взятия навески пробы. Для калибровки по длинам волн не требовались стандартные образцы, она проводилась по используемому аргону.

Процедура пробоподготовки была следующей. Пластиковым шпателем отбирали в термостойкий фторопластовый стакан, предварительно установленный на аналитических весах, и взвешивали $1,00 \pm 0,01$ г предварительно измельчённой и гомогенизированной пробы, добавляли 8 см³ концентрированной азотной кислоты. Вращательными движениями стакана навеску осторожно смачивали, перемешивали. Выдерживали открытые стаканы в течение 20 минут на воздухе, затем помещали закрытые стаканы вентилируемого типа в микроволновую печь и проводили разложение образцов. После охлаждения до комнатной температуры аккуратно открывали стаканы в вытяжном шкафу, избегая разбрызгивания пробы, проверяли разложение образца. Растворы должны быть бесцветными, с желтоватым или зеленоватым оттенком, в растворах не должен присутствовать осадок или взвесь. После разложения содержимое стаканов количественно переносили в мерные колбы вместимостью 25 см³, промывая стаканы водой для лабораторного анализа. Затем доводили растворы до метки водой и перемешивали.

Измерения велись на трёх длинах волн: 167,081; 394,403; 396,153.

Градуировку прибора проводили перед началом измерений подготовленных проб. Для получения градуировочной характеристики не менее двух раз измеряли интенсивность атомного излучения у каждого градуировочного раствора. После получения градуировочных кривых проводили корректировку фона и разметку полученных профилей.

Дублированные образцы проб пищевых продуктов и холостая проба были подготовлены и проанализированы

с добавкой элемента в тех же условиях, что и исходные образцы проб.

Воспроизводимость рассчитывали как разность содержания алюминия в пробе с добавкой и его содержания в чистой пробе, отнесённую к известному содержанию алюминия в пробе с добавкой. Воспроизводимость образцов продуктов и холостой пробы оказалась в пределах 90–110%, что показало допустимость использования такого метода для определения содержания алюминия в пищевых продуктах.

Предел обнаружения (LOD) был рассчитан через измерение холостого образца: образец измеряли 10 раз в условиях воспроизводимости. Предел обнаружения был получен из следующего выражения: $LOD=3,29 \times S$, где S — значение стандартного отклонения измерений [33].

Предел количественного определения (LOQ) был рассчитан в соответствии с рекомендациями ИЮПАК (IUPAC — Международный союз теоретической и прикладной химии) как десятикратное стандартное отклонение (для 10 измерений): $LOQ=10 \times S$ [34].

Полученную информацию обрабатывали с помощью пакета Statistica 6. Нормальность распределения признаков проверяли с использованием критерия Шапиро–Уилка. В связи с отсутствием нормального распределения количественных признаков для определения статистической значимости различий в независимых выборках применяли U-критерий Манна–Уитни или H-критерий Краскела–Уоллиса. Различия между выборочными экстенсивными (структурными) показателями оценивали с помощью метода углового преобразования Фишера. Во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости p принимали равным 0,05.

Выражением вида $0,22 \pm 0,2\%$ обозначались показатель и стандартная ошибка показателя.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Расчёты, проведённые при оценке нутриентного состава рациона, показали, что медиана суточного пищевого

поступления алюминия в организм в репрезентативной выборке взрослого населения Омской области составила 4,77 (3,679; 6,118) мг/сут., что соответствует 33,47 (25,77–42,89) мг/нед. Максимальное значение среднесуточного поступления достигло 18,4 мг/сут., минимальное — 0,96 мг/сут.

Данные о поступлении алюминия с пищевыми продуктами по возрастным группам 18–29 лет, 30–44 года, 45–64 года, 65 лет и более приведены на рис. 1.

Значимых различий в поступлении алюминия среди мужского и женского населения выявлено не было как в целом ($p=0,334$), так и в отдельных возрастных группах.

Также не было отмечено существенных различий в среднесуточном поступлении количества алюминия в изучаемых возрастных группах. Однако при оценке поступления алюминия в организм на основании величины «доза поступления» (мг/кг в неделю) определена следующая закономерность: в более молодых возрастных группах (18–29 лет и 30–44 года) доза поступления выше, чем у старших возрастных групп (45–64 года, 65 лет и старше), что обусловлено более высокой массой тела старших возрастных групп (табл. 1).

Существенный практический интерес представляют приоритетные группы продуктов — источники «пищевого» алюминия. Медианное поступление и относительный вклад по группам продуктов приведены в табл. 2.

Основной вклад в поступление алюминия с пищевыми продуктами внесли следующие группы продуктов: «Напитки» — 48,5%, «Овоци» — 18,4%, «Хлебобулочные изделия» — 11,1%.

Структура основных «пищевых» источников поступления алюминия в различных возрастно-половых группах представлена в табл. 3.

Хотя общий уровень поступления в различных возрастно-половых группах был сопоставим, структура поступления алюминия за счёт различных групп продуктов несколько отличалась. Так, у мужчин хлебобулочные и мясные продукты вносили больший вклад в общее

Таблица 1. Поступление алюминия с продуктами питания и показатели массы тела в различных возрастных группах (взрослое население Омской области, 2019–2020 гг.)

Table 1. Dietary intake of aluminum and body weight indicators across age groups in the adult population of the Omsk region, 2019–2020

Показатели Indicators	18–29 лет 18–29 years	30–44 года 30–44 years	45–64 года 45–64 years	65 лет и старше 65 years and older	p (H-критерий) p (H-test)
Al, мг/сут. Al, mg/day	4,8	4,8	4,7	4,8	0,619
Al, мг/кг в неделю Al, mg/kg per week	0,5*	0,49**	0,43*,**	0,45	0,025
Индекс массы тела, кг/м ² Body mass index, kg/m ²	0,79 ^{x, xx}	0,79 ^{z, zz}	0,83 ^{x, xxx, z}	0,86 ^{xx, xxx, zz}	<0,001
Масса тела, кг Body weight, kg	68 ^{v, vv}	68 ^{o, oo}	74 ^{v, o, ooo}	80 ^{vv, oo, ooo}	<0,001

Примечание: статистически значимые различия: * — p (U-критерий)=0,025; ** — p (U-критерий)=0,006; ^{x, xx, zz, v, vv, oo} — p (U-критерий) <0,001; ^z — p (U-критерий)=0,002; ^o — p (U-критерий)=0,001; ^{ooo} — p (U-критерий)=0,014.
Note: statistically significant differences * — p (U-test)=0.025; ** — p (U-test)=0.006; ^{x, xx, zz, v, vv, oo} — p (U-test) <0.001; ^z — p (U-test)=0.002; ^o — p (U-test)=0.001; ^{ooo} — p (U-test)=0.014.

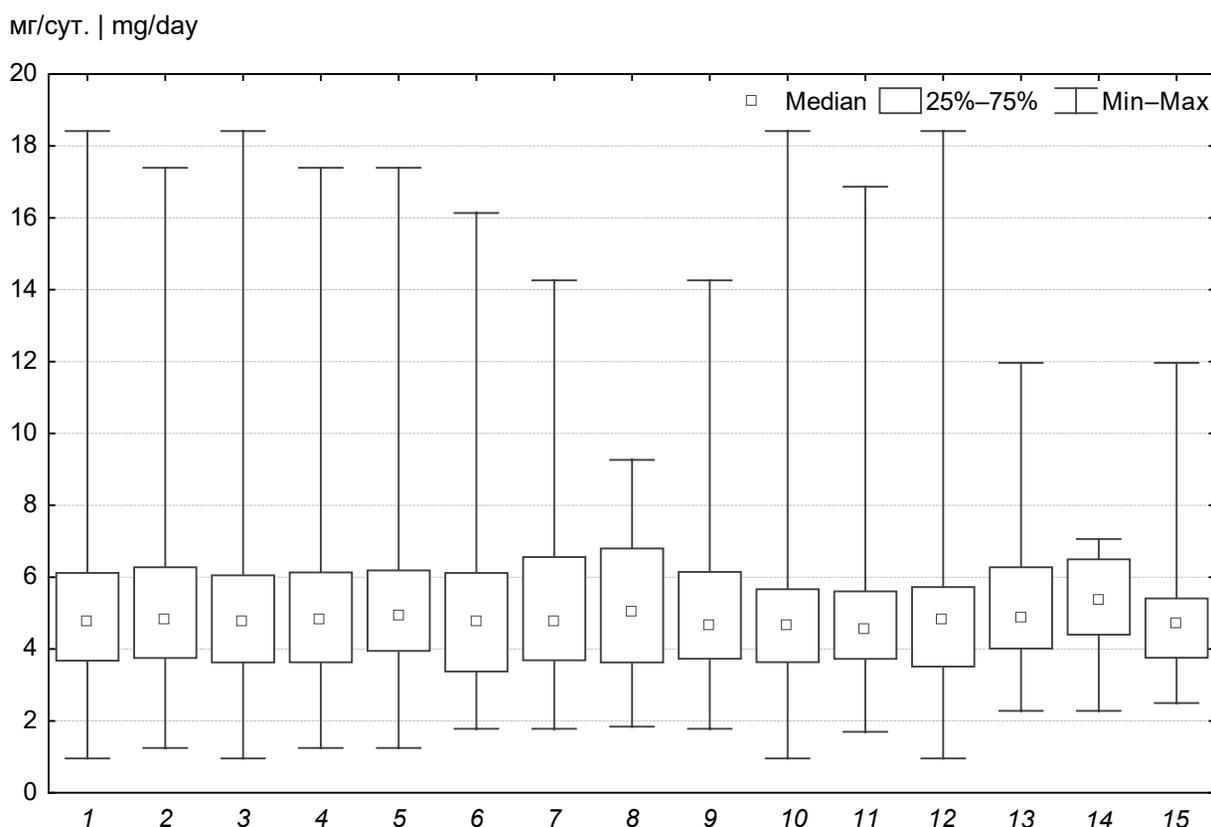


Рис. 1. Поступление алюминия с пищевыми продуктами у взрослого населения Омской области (2019–2020 гг.), мг/сут.

1 — всё население; 2 — мужчины; 3 — женщины; 4 — оба пола 18–29 лет; 5 — мужчины 18–29 лет; 6 — женщины 18–29 лет; 7 — оба пола 30–44 года; 8 — мужчины 30–44 года; 9 — женщины 30–44 года; 10 — оба пола 45–64 года; 11 — мужчины 45–64 года; 12 — женщины 45–64 года; 13 — оба пола 65 лет и старше; 14 — оба пола 65 лет и старше; 15 — оба пола 65 лет и старше.

Fig. 1. Dietary aluminum intake in the adult population of the Omsk region (2019–2020) (mg/day).

1 — the entire population; 2 — men; 3 — women; 4 — both sexes 18–29 years old; 5 — men 18–29 years old; 6 — women 18–29 years old; 7 — both sexes 30–44 years old; 8 — men 30–44 years old; 9 — women 30–44 years old; 10 — both sexes 45–64 years old; 11 — men 45–64 years old; 12 — women 45–64 years old; 13 — both sexes 65 years and older; 14 — both sexes 65 years and older; 15 — both sexes 65 years of age and older.

Таблица 2. Поступление алюминия с основными группами пищевых продуктов (взрослое население Омской области, 2019–2020 гг.), мг/сут., %

Table 2. Aluminum intake with the main food groups in the adult population of the Omsk region, 2019–2020 (mg/day, %)

Группы продуктов Of the product group	Медиана поступления (P25, P75), мг/сут. Median income (P25, P75), mg/day	Вклад основных групп продуктов, % Contribution of the main product groups, %
Напитки Drinks	1,827 (1,407; 3,300)	48,5
Овощи Vegetables	0,768 (0,476; 1,235)	18,4
Хлебобулочные изделия Bakery products	0,463 (0,204; 0,723)	11,1
Фрукты Fruits	0,227 (0,109; 0,443)	6,9
Мясо и мясные продукты Meat and meat products	0,186 (0,113; 0,319)	4,9
Кондитерские изделия Confectionery products	0,117 (0,035; 0,270)	3,9
Молоко и молочные продукты Milk and dairy products	0,136 (0,066; 0,228)	3,2
Каша, макароны Porridge, pasta	0,119 (0,064; 0,206)	2,9
Рыба и морепродукты Fish and seafood	0,005 (0,002; 0,011)	0,2
Масла, жиры Oils, fats	0,000 (0,000; 0,000)	0,0
Всего Total	4,773 (3,679; 6,118)	100,0

Таблица 3. Структура основных «пищевых» источников поступления алюминия в различных возрастных/половых группах, (взрослое население Омской области, 2019–2020 гг.), %

Table 3. The structure of the main dietary sources of aluminum by age-groups and gender, in the adult population of the Omsk region, 2019–2020 (%)

Группы продуктов Product group	Возраст, годы Age, years				Пол Gender			
	18–29	30–44	45–64	>65	Мужчины Men	Женщины Women	<i>P</i> ^{****}	<i>P</i> ^{***}
Напитки Drinks	44,2	52,2	47,4	47	0,870	44,9	49,7	0,026
Овощи Vegetables	19,5 [*] , ^z	17,9	21 [*]	22,6 ^z	0,037	16,5	20,8	0,004
Хлебобулочные изделия Bakery products	11,9	10,5	12,4	13,2	0,293	14,5	8,8	<0,001
Фрукты Fruits	6,5	5,8	5,7	4,0	0,206	6,9	6,9	0,591
Мясо и мясопродукты Meat and meat products	5,7	4,5	4,7	4,1	0,693	6,7	4,4	<0,001
Каша, макароны Porridge, pasta	3,7 ^o	2,6 ^v	2,8 ^{yy}	4,7 ^{o, v, yy}	0,006	3,3	2,5	0,058
Кондитерские изделия Confectionery products	5,3 ^{**} , ^{wv}	2,9 ^{zz}	2,3 ^{**} , ^{wv, b}	1,0 ^{zz, b}	<0,001	4,1	3,4	0,136
Молоко и молочные продукты Milk and dairy products	3,1	3,4	3,5	3,4	0,359	2,9	3,3	0,569
Рыба и морепродукты Fish and seafood	0,1	0,1	0,2	0,1	0,056	0,2	0,2	0,231
Масла, жиры Oils, fats	0,0	0,0	0,0	0,0	–	0,0	0,0	–
Всего Total	100,0	100,0	100,0	100,0	–	100,0	100,0	–

Примечание: статистическая значимость различий: *** — по H-критерию Краскела–Уоллиса, **** — по U-критерию Манна–Уитни; статистически значимые различия: *, ** — *p* (U-критерий)=0,019, ^{wv}, ^v, ^{zz}, ^b — *p* (U-критерий) <0,001, ^o — *p* (U-критерий)=0,029, ^z — *p* (U-критерий)=0,016, ^{yy} — *p* (U-критерий)=0,005.

Note: the statistical significance of the differences: *** — by the Kruskal–Wallis H-criterion, **** — by the Mann–Whitney U-criterion; statistically significant differences: *, ** — *p* (U-test)=0.019, ^{wv}, ^v, ^{zz}, ^b — *p* (U-test) <0.001, ^o — *p* (U-test)=0.029, ^z — *p* (U-test)=0.016, ^{yy} — *p* (U-test)=0.005.

поступление алюминия, чем у женщин ($p < 0,001$, $p < 0,001$, соответственно). У женщин вклад групп напитков и овощей был больше, чем у мужчин ($p = 0,026$, $p = 0,004$, соответственно). Был отмечен рост вклада группы овощей и снижение вклада группы кондитерских изделий в поступление алюминия с увеличением возраста населения ($p = 0,037$ и $p < 0,001$, соответственно). Вклад группы каш и макаронных изделий был больше в возрастных группах 18–29 лет и 65 лет и старше по сравнению со средними возрастными группами ($p = 0,006$).

Установлена прямая, средней силы корреляционная связь величины «пищевых» поступления алюминия с количеством потребляемой соли пищевой ($r_s = +0,33$; $p < 0,001$) и количеством потребляемых населением овощей и фруктов ($r_s = +0,32$; $p < 0,001$).

Среди отдельных пищевых продуктов основным источником алюминия был чай (45,5%), вторым по значимости — хлеб (6,7%), третьим — огурцы свежие (5,3%), остальные продукты оценивались величиной менее 3% (рис. 2).

ОБСУЖДЕНИЕ

Медиана поступления «пищевого» алюминия у взрослого населения Омской области (4,77 мг/сут., или 33,6 мг/неделю, или 0,48 мг/кг в неделю) не превышала TWI, а также PTWI и была на уровне поступления алюминия в организм человека в других странах [3, 5, 24, 25, 35]. Так, во Франции среднее поступление алюминия с пищей составляло 11 мг/неделю, Нидерландах — 21,7 мг/неделю, Японии — 31,5 мг/неделю, США — 56–63 мг/неделю (мужчины), 49 мг/неделю (женщины), Швеции — 91 мг/неделю (женщины), Гонконге — 36 мг/неделю, Бельгии — 0,25 мг/кг в неделю, Норвегии — 0,29 мг/кг в неделю, Германии — 0,18–0,29 мг/кг в неделю [1, 3].

Тем не менее у 0,48±0,34% взрослого населения Омской области было отмечено превышение условно-переносимого уровня поступления «пищевого» алюминия за неделю (PTWI=0–2,0 мг/кг массы тела, JECFA), и у 4,3±0,99% — превышение допустимой недельной дозы (TWI=1 мг/кг массы тела, EFSA).

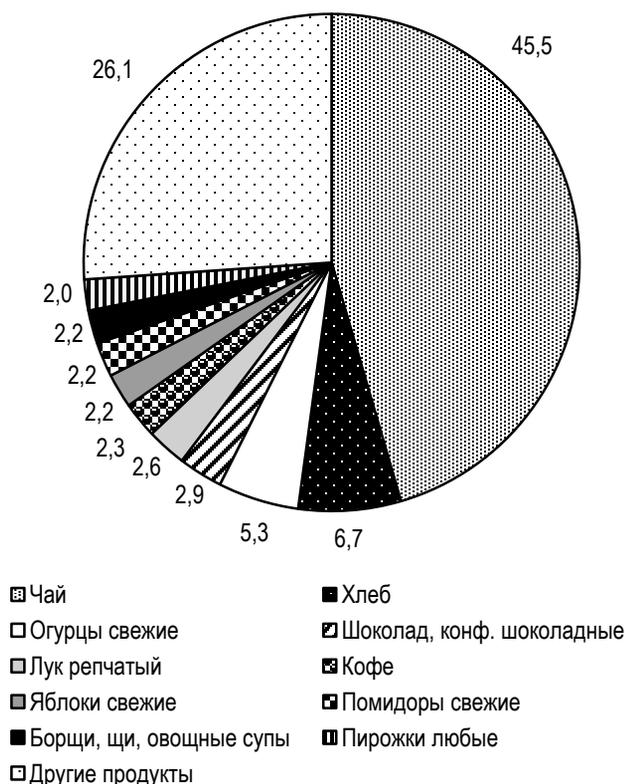


Рис. 2. Вклад отдельных пищевых продуктов в поступление алюминия в организм человека с пищевыми продуктами (взрослое население Омской области, 2019–2020 гг.), %.

Fig. 2. Contribution of individual food products to the total dietary intake of aluminum in the adult population of the Omsk region, 2019–2020 (%).

Основным продуктом, являющимся источником алюминия в продуктах для взрослого населения Омской области, был чай (45,5%). Лидирующее место данного источника может быть объяснено существенным содержанием алюминия в чае [11, 21, 25, 35, 36], а также значительным потреблением этого напитка в России (входит в число стран-лидеров по потреблению чая [37]).

Установленная корреляционная связь величины пищевого поступления алюминия и количества потребляемых овощей и фруктов может быть объяснена значимым содержанием алюминия в продуктах растениеводства. Корреляция величин пищевого поступления алюминия и соли пищевой требует пристального внимания и дополнительного изучения с точки зрения содержания алюминия в пищевой соли и продуктах, богатых ею (консервы, переработанное мясо и другие). Это особенно важно в контексте того, что пищевые добавки, содержащие алюминий (E554, E555, E556, E558, E559), разрешены к применению в качестве средств, препятствующих слеживанию и комкованию. Они используются в технологических целях в процессе производства сухих порошкообразных продуктов, включая сахар, пищевую соль и её заменители, пряности, а также при производстве продуктов, плотно обёрнутых фольгой, в продуктах в форме таблеток, в биологически активных добавках к пище, в сахаристых кондитерских

изделиях, в качестве осветляющего, фильтрующего материала, флокулянта и сорбента в сусле, соко- и вино-материалах. На момент подготовки настоящей рукописи было принято (но не вступило в силу) Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 29.08.2023 № 84, которое внесло изменения в технический регламент Таможенного союза «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» (ТР ТС 029/2012), исключив из числа разрешённых к применению пищевые добавки E555, E556, E558, E559.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уровни поступления алюминия с пищевыми продуктами у большей части взрослого населения Омской области не превышали допустимых. Различий поступления с пищевыми продуктами алюминия между мужчинами и женщинами в различных возрастных группах выявлено не было. Основным источником «пищевого» алюминия у населения Омской области были пищевые продукты растительного происхождения.

В целом, в ближайшее время представляется актуальным проведение расширенных исследований по изучению фонового содержания алюминия в пищевых продуктах с целью установления пищевых продуктов с высоким содержанием алюминия и разработки технологических приёмов снижения его содержания в конечной продукции.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. А.В. Брусенцова — анализ и интерпретация данных, подготовка первого варианта статьи; Д.В. Турчанинов — концепция и дизайн исследования, интерпретация данных, подготовка окончательного варианта статьи; Н.В. Гогадзе — получение и анализ данных, подготовка первого варианта статьи; В.А. Зуева — получение и анализ данных, подготовка первого варианта статьи; Е.А. Вильмс — анализ и интерпретация данных, подготовка окончательного варианта статьи. Все авторы внесли существенный вклад в планирование и проведение исследования, анализ и интерпретацию результатов, подготовку рукописи и публикацию статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликтов интересов.

Источник финансирования. Анализ материалов исследования и подготовка рукописи статьи осуществлены в рамках выполнения Государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации № 056-00044-23-00, проект «Разработка риск-ориентированных технологий многоуровневой профилактики алиментарно-зависимых социально-значимых болезней».

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. A.V. Brusentsova analyzed the data and wrote the first draft of the article; D.V. Turchaninov contributed to the concept and design of the study, interpretation of the data and preparation of the final version of the article; N.V. Gogadze participated in data

collection, data analysis and drafting the first version of the article; V.A. Zueva participated in data collection, data analysis and drafting the first version of the article; E.A. Vilms contributed to the interpretation of the data and preparation of the final version of the article. All authors made significant contributions to the planning and execution of the study, analysis and interpretation of the results, preparation of the manuscript and the subsequent publication of the article.

Competing interests. The authors declare no conflicts of interest.

Funding sources. Analysis of the research materials and preparation of the manuscript were carried out within the framework of the State Assignment from the Ministry of Health of the Russian Federation No. 056-00044-23-00 «Development of risk-based technologies for multi-level prevention of nutrition-dependent socially significant diseases».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биозлементы в медицине. Москва : Издательский дом «ОНИКС 21 век» : Мир, 2004. – 272 с.
2. Багрянцева О.В., Шатров Г.Н., Хотимченко С.А., и др. Алюминий: оценка риска для здоровья потребителей при поступлении с пищевыми продуктами // Анализ риска здоровью. 2016. № 1. С. 59–68. doi: 10.21668/health.risk/2016.1.07
3. Centre for Food Safety Food and Environmental Hygiene Department. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. Aluminium in food. Risk Assessment. Studies Report No. 35. Chemical Hazard Evaluation. 2009. 45 p.
4. Affourtit F., Bakker M.I., Pronk M.E.J. National Institute for Public Health and the Environment, RIVM. Human health risk assessment of aluminium RIVM report 2020-0001. doi: 10.21945/RIVM-2020-0001
5. Krewski D., Yokel R.A., Nieboer E., et al. Human health risk assessment for aluminum, aluminum oxide, and aluminum hydroxide // Journal of Toxicology and Environmental Health: Part B, Critical Reviews. 2007. Vol. 10, Suppl. 1. P. 1–269. doi: 10.1080/10937400701597766
6. Женихов Н.А., Дианова Д.Г. Металлы в окружающей природной среде и их влияние на здоровье человека // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 1–4. С. 72–74. EDN: XQOBYB
7. Forbes W.F., Gentleman J.F. Risk factors, causality, and policy initiatives: the case of aluminum and mental impairment - unresolved problems // Experimental Gerontology. 1998. Vol. 33, N 1–2. P. 141–154. doi: 10.1016/s0531-5565(97)00061-2
8. Бобун И.И., Иванов С.И., Унгурияну Т.Н., и др. К вопросу о региональном нормировании химических веществ в воде на примере Архангельской области // Гигиена и санитария. 2011. № 3. С. 91–95. EDN: NWGPML
9. Robinson R.F., Griffith J.R.K., Nahata M.C., et al. Infant aluminum related bone disease (ARBD) after chronic antacid administration // Journal of Toxicology: Clinical Toxicology. 2002. Vol. 40, N 5. P. 604–605.
10. Мартынова М.О., Козырев К.М., Албегова Ж.К. К вопросу современных представлений влияния алюминия на живые организмы. Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. С. 302. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=12441> Дата обращения: 25.01.2023.
11. Шугалей И.В., Гарабаджиу А.В., Илюшин М.А., Судариков А.М. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы // Экологическая химия. 2012. Т. 21, № 3. С. 168–172. EDN: STGSYT
12. Долгих О.В., Аликина И.Н., Шабалдин А.В. Особенности иммунного статуса у детей с функциональными нарушениями сердечно-сосудистой системы в условиях экспозиции алюмином // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2019. Т. 8, № 3. С. 29–35. doi: 10.17802/2306-1278-2019-8-3-29-35
13. Hernández G., Bollini A., Huarte M., et al. In vitro effect of aluminium upon erythrocyte membrane properties // Clinical Hemorheology and Microcirculation. 2008. Vol. 40, N 3. P. 191–205.
14. Скоробогатова А.С., Лукьяненко Л.М., Слобожанина Е.И. Изменение активности антиоксидантных ферментов в эритроцитах человека при воздействии субгемолитических концентраций хлорида алюминия // X Международная конференция «Медико-социальная экология личности: состояние и перспективы»; апрель 6–7, 2012; Минск. С. 216–218.
15. Mahieu S., Carmen C.M., Gonzalez M., et al. Aluminum toxicity. Hematological effects // Toxicology Letters. 2000. Vol. 111, N 3. P. 235–242. doi: 10.1016/s0378-4274(99)00184-8
16. Yang X., Xu F., Zhuang C., et al. Biol Trace effects of corticosterone on immune functions of cultured rat splenic lymphocytes exposed to aluminum trichloride // Biological Trace Element Research. 2016. Vol. 173, N 2. P. 399–404. doi: 10.1007/s12011-016-0678-3
17. Белоусов Ю.Б., Гуревич, К.Г. Потенциальная токсичность алюминий содержащих препаратов // Фарматека. 2005. № 12. С. 75–78.
18. European Food Safety Authority. Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Food Contact Materials on a request from European commission on Safety of aluminium from dietary intake // The EFSA Journal. 2008. Vol. 6, N 7. P. 1–34. doi: 10.2903/j.efsa.2008.754
19. Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. Санкт-Петербург : Наука, 2008. 544 с.
20. World Health Organization. Aluminium in Drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed. Addendum to Vol. 2. Health criteria and other supporting information // World Health Organization. Geneva, 1998. 15 p.
21. Cuciureanu R., Urzică A., Voitcu M., Antoniu A. Estimarea aportului zilnic de aluminiu prin consumul de alimente [Assessment of daily aluminum intake by food consumption] // The Revista Medico-Chirurgicală de the “Society of Physicians and Naturalists” Iasi. 2000. Vol. 104, N 3. P. 107–112.
22. Pennington J.A. Aluminium content of foods and diets // Food Additives & Contaminants. 1988. Vol. 5, N 2. P. 161–232. doi: 10.1080/02652038809373696
23. Choi J.Y., Habte G., Khan N., et al. Determination of toxic heavy metals in Echinodermata and Chordata species from South Korea // Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance. 2014. Vol. 7, N 4. P. 295–301. doi: 10.1080/19393210.2014.932311

24. Хотимченко С.А., Бессонов В.В., Багрянцева О.В., Гмошинский И.В. Безопасность пищевой продукции: новые проблемы и пути решений // Медицина труда и экология человека. 2015. № 4. С. 7–14. EDN: UWALFB
25. Stahl T., Taschan H., Brunn H. Aluminium content of selected foods and food products // Environmental Sciences Europe. 2011. N 37. doi: 10.1186/2190-4715-23-37
26. González-Weller D., Gutiérrez A.J., Rubio C., et al. Dietary intake of aluminum in a Spanish population (Canary Islands) // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2010. Vol. 58, N 19. P. 10452–10457. doi: 10.1021/jf102779t
27. Alabi O.A., Apata S.A., Adeoluwa Y.M., Sorungbe A.A. Effect of the duration of use of aluminum cookware on its metal leachability and cytogenotoxicity in Allium cepa assay // Protoplasma. 2020. Vol. 257, N 6. P. 1607–1613. doi: 10.1007/s00709-020-01536-7
28. Нутрициология и клиническая диетология. Национальное руководство / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. 1008 с.
29. Мартинчик А.Н. Батулин А.К., Баева В.С. Изучение фактического питания с помощью анализа частоты потребления пищи: создание вопросника и оценка достоверности метода // Профилактика заболеваний и укрепление здоровья. 1998. № 5. С. 14–19.
30. Региональные таблицы химического состава продуктов питания, используемых населением Омской области. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621096 Российская Федерация / Турчанинов Д.В. и др.; заявитель ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Оpubл. 05.08.2014.
31. Химический состав пищевых продуктов. Кн. II: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, микро- и макроэлементов, органических кислот и углеводов / под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. Москва : Агропромиздат, 1987. 360 с.
32. fdc.nal.usda.gov [Internet]. U.S. Department of Agriculture (Agricultural Research Service) [Дата обращения: 28.12.2022]. Доступ по ссылке: www.fdc.nal.usda.gov/index.html
33. Gazulla M.F., Rodrigo M., Orduña M., et al. High precision measurement of silicon in naphthas by ICP-OES using isoctane as diluent // Talanta. 2017. Vol. 164. P. 563–569. doi: 10.1016/j.talanta.2016.12.023
34. Currie L.A. Nomenclature in evaluation of analytical methods including detection and quantification capabilities (IUPAC Recommendations 1995) // Pure and Applied Chemistry. 1995. Vol. 67, N 10. P. 1699–1723. doi: 10.1351/pac199567101699
35. Flaten T.P. Aluminium in tea – concentrations, speciation and bioavailability // Coordination Chemistry Reviews. 2002. Vol. 228, N 2. P. 385–395. doi: 10.1016/S0010-8545(02)00036-X
36. Karak T., Bhagat R.M. Trace elements in tea leaves, made tea and tea infusion: A review // Food Research International. 2010. Vol. 43, N 9. P. 2234–2252. doi: 10.1016/j.foodres.2010.08.010
37. Annual per capita tea consumption worldwide as of 2016, by leading countries [Internet]. Statista [дата обращения: 28.12.2022]. Доступ по ссылке: <https://www.statista.com/statistics/507950/global-per-capita-tea-consumption-by-country/>

REFERENCES

1. Skal'nyj AV, Rudakov IA. *Bioelementy v medicine*. Moscow: Publishing house "ONYX 21st century": Mir; 2004. 272 p. (In Russ).
2. Bagryantseva OV, Shatrov GN, Khotimchenko SA, et al. Aluminium: food-related health risk assessment of the consumers. *Health Risk Analysis*. 2016;1:59–68. doi: 10.21668/health.risk/2016.1.07
3. Centre for Food Safety Food and Environmental Hygiene Department. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. Aluminium in food. Risk Assessment. Studies Report No. 35. Chemical Hazard Evaluation. 2009. 45 p.
4. Affourtit F, Bakker MI, Pronk MEJ. National Institute for Public Health and the Environment, RIVM. Human health risk assessment of aluminium RIVM report 2020-0001. doi: 10.21945/RIVM-2020-0001
5. Krewski D, Yokel RA, Nieboer E, et al. Human health risk assessment for aluminum, aluminum oxide, and aluminum hydroxide. *Journal of Toxicology and Environmental Health: Part B, Critical Reviews*. 2007;10 Suppl. 1:1–269. doi: 10.1080/10937400701597766
6. Zhenihov NA, Dianova DG. Metally v okruzhayushchej prirodnoj srede i ih vliyaniye na zdorov'e cheloveka. *Aktualnye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2017;(1–4):72–74. (In Russ). EDN: XQOBYB
7. Forbes WF, Gentleman JF. Risk factors, causality, and policy initiatives: the case of aluminum and mental impairment — unresolved problems. *Experimental Gerontology*. 1998;33(1–2):141–154. doi: 10.1016/s0531-5565(97)00061-2
8. Bobun II, Ivanov SI, Unguryanu TN, et al. Regional standardization of water chemical substances in case of the Arkhangelsk region. *Hygiene & sanitation*. 2011;(3):91–95. EDN: NWGPML
9. Robinson RF, Griffith JRK, Nahata MC, et al. Infant aluminum related bone disease (ARBD) after chronic antacid administration. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology*. 2002;40(5):604–605.
10. Martynova MO, Kozyrev KM, Albegova ZhK. To the question of the modern concepts influence of aluminum on the living organisms. *Modern problems of science and education*. 2014;(2):302. Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=12441>
11. Shugalei IV, Garabadzhiu AV, Ilyushin MA, Sudarikov AM. Some aspects of the influence of aluminum and its compounds on living organisms. *Journal of ecological chemistry*. 2012;21(3):168–172. EDN: STGSYT
12. Dolgikh OV, Alikina IN, Shabaldin AV. The effects of aluminum exposure on immune status in children with functional cardiovascular system disorders. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2019;8(3):29–35. doi: 10.17802/2306-1278-2019-8-3-29-35
13. Hernández G, Bollini A, Huarte M, et al. In vitro effect of aluminium upon erythrocyte membrane properties. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*. 2008;40(3):191–205.
14. Skorobogatova AS, Luk'yanenko LM, Slobozhanina EI. Izmenenie aktivnosti antioksidantnykh fermentov v eritrocitah cheloveka pri vozdejstvii subgemoliticheskikh koncentracij hlorida alyuminiya. X International Conference "Mediko-social'naya ekologiya

- lichnosti: sostoyanie i perspektivy"; 2012 6–7 April; Minsk. P. 216–218 (In Russ).
15. Mahieu S, Carmen CM, Gonzalez M, et al. Aluminum toxicity. Hematological effects. *Toxicology Letters*. 2000;111(3):235–242. doi: 10.1016/s0378-4274(99)00184-8
 16. Yang X, Xu F, Zhuang C, et al. Biol Trace effects of corticosterone on immune functions of cultured rat splenic lymphocytes exposed to aluminum trichloride. *Biological Trace Element Research*. 2016;173(2):399–404. doi: 10.1007/s12011-016-0678-3
 17. Belousov YuB, Gurevich, KG. Potencial'naya toksichnost' alyuminijsoderzhashchih preparatov. *Farmateka*. 2005;(12):75–78. (In Russ).
 18. European Food Safety Authority. Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Food Contact Materials on a request from European commission on Safety of aluminium from dietary intake. *The EFSA Journal*. 2008;6(7):1–34. doi: 10.2903/j.efsa.2008.754
 19. Oberlis D, Harland B, Skal'nyj A. *Biologicheskaya rol' makro- i mikroelementov u cheloveka i zhivotnyh*. Saint Petersburg: Nauka; 2008. 544 p. (In Russ).
 20. World Health Organization. Aluminium in Drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed. Addendum to Vol. 2. Health criteria and other supporting information. *World Health Organization*. Geneva; 1998. 15 p.
 21. Cuciureanu R, Urzică A, Voitcu M, Antoniu A. Estimarea aportului zilnic de aluminiu prin consumul de alimente [Assessment of daily aluminum intake by food consumption]. *The Revista Medico-Chirurgicală de the "Society of Physicians and Naturalists" Iasi*. 2000;104(3):107–112. (In Romanian).
 22. Pennington JA. Aluminium content of foods and diets. *Food Additives & Contaminants*. 1988;5(2):161–232. doi: 10.1080/02652038809373696
 23. Choi JY, Habte G, Khan N, et al. Determination of toxic heavy metals in Echinodermata and Chordata species from South Korea. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*. 2014;7(4):295–301. doi: 10.1080/19393210.2014.932311
 24. Khotimchenko SA, Bessonov VV, Bagryanceva OV, Gmoshinsky IV. Safety of food products: new problems and ways of solution. *Occupational health and human ecology*. 2015;4:7–14. EDN: UWALFB
 25. Stahl T, Taschan H, Brunn H. Aluminium content of selected foods and food products. *Environmental Sciences Europe*. 2011;(37). doi: 10.1186/2190-4715-23-37
 26. González-Weller D, Gutiérrez AJ, Rubio C, et al. Dietary intake of aluminum in a Spanish population (Canary Islands). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010;58(19):10452–10457. doi: 10.1021/jf102779t
 27. Alabi OA, Apata SA, Adeoluwa YM, Sorungbe AA. Effect of the duration of use of aluminum cookware on its metal leachability and cytogenotoxicity in *Allium cepa* assay. *Protoplasma*. 2020;257(6):1607–1613. doi: 10.1007/s00709-020-01536-7
 28. Tutelyan VA, Nikityuk DB, editors. *Nutriciologiya i klinicheskaya dietologiya. Nacional'noe rukovodstvo*. Moscow: GEOTAR-Media; 2022. 1008 p. (In Russ).
 29. Martinchik AN, Baturin AK, Baeva BC. Izuchenie fakticheskogo pitaniya s pomoshch'yu analiza chastoty potrebleniya pishchi: sozдание voprosnika i ocenka dostovernosti metoda. *Profilaktika zabolevanij i ukreplenie zdorov'ya*. 1998;(5):14–19. (In Russ).
 30. Regional'nye tablitsy khimicheskogo sostava produktov pitaniya, ispol'zuemykh naseleniem Omskoy oblasti. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii bazy dannykh No 2014621096 Rossiyskaya Federatsiya / Turchaninov DV et al.; zayavitel' FGBOU VO «Omskiy gosudarstvennyy meditsinskiy universitet» Ministerstva zdravookhraneniya Rossiyskoy Federatsii. Opubl. 05.08.2014. (In Russ).
 31. Skurikhin IM, Volgarev MN, editors. *Himicheskij sostav pishchevykh produktov. Kn. II: Spravochnye tablitsy sodержaniya aminokislot, zhirnykh kislot, vitaminov, mikro- i makroelementov, organicheskikh kislot i uglevodov*. Moscow: Agropromizdat; 1987. 360 p. (In Russ).
 32. fdc.nal.usda.gov [Internet]. U.S. Department of Agriculture (Agricultural Research Service) [cited: 2022 Dec 28]. Available from: www.fdc.nal.usda.gov/index.html
 33. Gazulla MF, Rodrigo M, Orduña M, et al. High precision measurement of silicon in naphthas by ICP-OES using isoctane as diluent. *Talanta*. 2017;164:563–569. doi: 10.1016/j.talanta.2016.12.023
 34. Currie LA. Nomenclature in evaluation of analytical methods including detection and quantification capabilities (IUPAC Recommendations 1995). *Pure and Applied Chemistry*. 1995;67(10):1699–1723. doi: 10.1351/pac199567101699
 35. Flaten TP. Aluminium in tea – concentrations, speciation and bioavailability. *Coordination Chemistry Reviews*. 2002;228(2):385–395. doi: 10.1016/S0010-8545(02)00036-X
 36. Karak T, Bhagat RM. Trace elements in tea leaves, made tea and tea infusion: A review. *Food Research International*. 2010;43(9):2234–2252. doi: 10.1016/j.foodres.2010.08.010
 37. Annual per capita tea consumption worldwide as of 2016, by leading countries [Internet]. Statista [cited: 2022 Dec 28]. Available from: <https://www.statista.com/statistics/507950/global-per-capita-tea-consumption-by-country/>

ОБ АВТОРАХ

* **Брусенцова Анна Владимировна**, канд. мед. наук, доцент;
адрес: Россия, 644099, Омск, ул. Ленина, д. 12;
ORCID: 0000-0002-8796-7526;
eLibrary SPIN: 4044-2792;
e-mail: anna4855@mail.ru

AUTHORS' INFO

* **Anna V. Brusentsova**, MD, Cand. Sci. (Medicine),
associate professor;
address: 12 Lenin st., 644099, Omsk, Russia;
ORCID: 0000-0002-8796-7526;
eLibrary SPIN: 4044-2792;
e-mail: anna4855@mail.ru

Турчанинов Денис Владимирович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-6298-4872;
eLibrary SPIN: 7918-8431;
e-mail: omskgsen@yandex.ru

Гогадзе Натэла Валерьяновна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-7088-4951;
eLibrary SPIN: 3713-8247;
e-mail: natella@nextmail.ru

Зуева Валерия Анатольевна;
ORCID: 0000-0001-5740-0820;
e-mail: Zueva_904@mail.ru

Вильмс Елена Анатольевна, канд. мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-0263-044X;
eLibrary SPIN: 7663-3913;
e-mail: wilms26@yandex.ru

Denis V. Turchaninov, MD, Dr. Sci. (Medicine), professor;
ORCID: 0000-0002-6298-4872;
eLibrary SPIN: 7918-8431;
e-mail: omskgsen@yandex.ru

Natela V. Gogadze, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-7088-4951;
eLibrary SPIN: 3713-8247;
e-mail: natella@nextmail.ru

Valeriya A. Zueva;
ORCID: 0000-0001-5740-0820;
e-mail: Zueva_904@mail.ru

Elena A. Vilms, MD, Cand. Sci. (Medicine), associate professor;
ORCID: 0000-0002-0263-044X;
eLibrary SPIN: 7663-3913;
e-mail: wilms26@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco601812>

Прогнозирование риска здоровью населения юга России с применением спутниковых и климатических показателей засушливости

Д.С. Новиков, Н.И. Латышевская

Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Аридизация территорий юга России способствует росту концентраций токсичных веществ в подземных водах в многолетней перспективе.

Цель. Проанализировать потенциал мультирегрессионной климатической модели в прогнозировании долгосрочной динамики рисков здоровью, связанных с пероральным поступлением токсикантов из подземных вод.

Материал и методы. Проведена оценка неканцерогенного риска здоровью (НР) в период 2017–2022 гг. в зоне залегания трёх бассейнов подземных вод волгоградского Заволжья. Концентрации токсикантов проанализированы в 1149 пробах воды на уровне 95-го перцентиля. Рассчитаны значения NDMI и индекса де Мартона (DMI), входные данные DMI модифицированы при помощи спутникового анализа LST (Land Surface Temperature). В модели НР выступил в качестве зависимой переменной, значения NDMI и DMI использовались как предикторы.

Результаты. Обнаружен значительный вклад хлороформа в общую картину риска для подземных вод в волгоградском Заволжье. Максимальные значения были зарегистрированы в Нижневолжском бассейне залегания подземных вод ($HQ_{дет/хлороформ} = 3,20$, $HQ_{взр/хлороформ} = 1,37$) в 2017 г. Спутниковый показатель засушливости NDMI вносит наибольший вклад в валидность прогностической модели многолетней динамики рисков здоровью, формируемых пероральным поступлением загрязнителей из подземных вод волгоградского Заволжья. Наименьшее из значений множественной регрессии отмечено для рисков здоровью взрослых ($r_{y,x1,x2} = -0,909$, $p = 0,012$) в Северо-Прикаспийском бассейне, максимальные величины зарегистрированы в Рын-Песковском для детей ($r_{y,x1,x2} = -0,992$, $p = 0,002$). Климатический индекс де Мартона демонстрировал незначительную надёжность в прогнозировании многолетней динамики неканцерогенного риска здоровью, ассоциированного с токсикантами, циркулирующими в аридных экосистемах юга России — наибольший вклад данного предиктора отмечен для риска здоровью детей в Рын-Песковском бассейне ($r_{x2/x1} = -0,554$, $p = 0,105$).

Заключение. Выявлен потенциал внедрения показателя NDMI в процедуру социально-гигиенического мониторинга качества подземных вод аридных зон юга России. Высокое разрешение и чувствительность к количеству воды в степной растительности валидирует показатель NDMI для топографии аридных зон.

Ключевые слова: подземные воды; NDMI; индекс де Мартона; хлороформ; неканцерогенный риск; Заволжье.

Как цитировать:

Новиков Д.С., Латышевская Н.И. Прогнозирование риска здоровью населения юга России с применением спутниковых и климатических показателей засушливости // Экология человека. 2023. Т. 30, № 9. С. 707–720. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco601812>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco601812>

Forecasting health risks for the residents of Southern Russia through satellite and climate-based aridity indicators

Denis S. Novikov, Natalia I. Latyshevskaya

Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The aridification of the Southern region of Russia will lead to a significant rise in the concentration of hazardous substances in groundwater over the long term. This phenomenon poses a serious threat to the environment and public health.

AIM: To assess the potential of the multi-regression climate model in predicting the long-term health risks associated with the ingestion of toxic substances released from groundwater sources.

METHODS: An assessment of non-carcinogenic health risks (HI) was conducted for the period 2017–2022, focusing on three groundwater basins in the Volgograd Trans-Volga region. The study involved the analysis of toxicant concentrations in 1149 water samples at the 95th percentile. NDMI and De Martonne Index (DMI) values were calculated based on modified data obtained through Land Surface Temperature (LST) satellite analysis. These indices were then employed as predictors in our models, with the HI serving as the dependent variable.

RESULTS: A significant contribution of chloroform to the overall risk pattern for groundwater in the Volgograd Trans-Volga region was observed. The maximum values were recorded in the Nizhnevolzhskiy groundwater basin ($HQ_{\text{children/chloroform}}=3.20$, $HQ_{\text{adults/chloroform}}=1.37$) in 2017. The satellite aridity index NDMI makes the greatest contribution to the reliability of the predictive model of long-term health risk dynamics that shape the oral intake of pollutants from groundwater in the Volgograd Trans-Volga region. The lowest multiple regression value was noted for the health risk for adults ($r_{y,x1,x2}=-0.909$, $p=0.012$) in the Severo-Prikaspiyskiy basin, the maximum was recorded in Ryn-Peskovsky basin for children ($r_{y,x1,x2}=-0.992$, $p=0.002$). The DMI provides insignificant reliability in predicting long-term dynamics of non-carcinogenic health risks associated with toxicants circulating in arid ecosystems of the South of Russia. The greatest contribution of this predictor was observed for the health risk of children in the Ryn-Peskovsky basin ($r_{x2/x1}=-0.554$, $p=0.105$).

CONCLUSION: Our findings suggest a significant potential for integrating NDMI in monitoring the social and hygienic quality of underground water in arid zones of Southern Russia. The NDMI indicator has demonstrated high resolution and sensitivity to water quantity in steppe vegetation, reflecting its accuracy for arid topography. This integration holds promise for enhancing the monitoring and management of underground water resources in Southern Russia.

Keywords: groundwater; NDMI; De Martonne index; chloroform; non-carcinogenic risk; Trans-Volga region.

To cite this article:

Novikov DS, Latyshevskaya NI. Forecasting the health risk to the south of Russia population using satellite and climate indicators of aridity. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(9):707–720. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco601812>

Received: 01.10.2023

Accepted: 11.01.2024

Published online: 19.01.2024

ВВЕДЕНИЕ

Глобальная тенденция к усилению засушливости — острая проблема, требующая постоянного внимания надзорных органов в сфере здравоохранения. Дефицит атмосферной влаги и положительный температурный тренд способны оказывать негативное влияние на различные показатели качества водных объектов, привести к истощению ресурсов как поверхностных, так и подземных источников водоснабжения. Поскольку обеспеченность доброкачественной питьевой водой относится к числу фундаментальных факторов, определяющих санитарно-эпидемиологическое благополучие населения, то анализ вклада климатических факторов в риск здоровью, этиологически связанный с потреблением некондиционных вод, является актуальной задачей [1–3].

Слабое инфильтрационное питание водовмещающих горизонтов способствует вторичному засолению почв с последующей миграцией токсикантов в подземные воды [4]. Gibbs R.J. выделяет ряд факторов, определяющих геохимические условия формирования подземных вод и, как следствие, их химический состав. Согласно предложенной автором модели, доминирующая роль в многолетней динамике концентраций веществ в воде принадлежит величине испарения влаги из водовмещающих пород, степени подверженности почв эоловой эрозии и количеству атмосферных осадков [5].

Незначительная глубина залегания и безнапорный характер водоносных горизонтов волгоградского Заволжья делает их уязвимыми к влиянию указанных факторов, что приводит к накоплению загрязнителей в слабодреннированных водовмещающих породах изучаемого региона, таких как пески, супеси и суглинки. В зоне залегания хазарского аллювиального горизонта в административных границах Волгоградской области регулярно отмечаются превышения допустимых значений минерализации подземных вод в широком диапазоне (1,1–30,0 ПДК). Ситуацию осложняет тенденция к нарастанию аридности: линия среднегодового температурного тренда на территории Заволжья в период 1979–2022 гг. демонстрировала рост на 31,08% при снижении суммы осадков на 22,15% [6]. Вместе с тем доля подземных источников централизованного водоснабжения Заволжья, не отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям по санитарно-химическим показателям качества, в 2022 г. составила 21,5% (в 2021 г. — 23,5%, в 2020 г. — 23,8%, в 2019 г. — 22,1%, в 2018 г. — 23,9%, в 2017 г. — 21,5%), в среднем по России данный показатель находился на уровне 12,5% (по данным за 2021 г.) [7].

В многолетнем мониторинге засух, значимых для химического состава подземных вод, большим потенциалом обладают методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Методы геоэкологического мониторинга позволяют осуществлять исследования в камеральных условиях, что существенно облегчает изучение труднодоступных

аридных территорий. Расчёт спутниковых индексов позволяет снизить временные и финансовые затраты на получение необходимой информации [8]. Включение отдельных показателей, определённых с помощью технологий ДЗЗ, в процедуру социально-гигиенического мониторинга (СГМ) должно отвечать экологическим особенностям изучаемого региона [9]. Помимо этого, при отборе необходимо учитывать доступность входных данных, необходимых для расчёта того или иного индекса. Согласно ранжированию Всемирной метеорологической организации, спутниковые вегетационные индексы относятся к «простым» индикаторам засухи. Климатические показатели, основанные на функции взаимодействия осадков с температурой, определяются как маркеры аридности «средней» сложности [10].

В Волгоградской области изучены эколого-географические предпосылки распространения возбудителя лихорадки Западного Нила при помощи спутниковых переменных NDVI и NDWI, однако комплексная оценка многолетней динамики неканцерогенного риска здоровью при воздействии химических веществ с помощью методов ДЗЗ ранее не производилась [11].

Цель исследования. Проанализировать потенциал мультирегрессионной климатической модели в прогнозировании долгосрочной динамики неканцерогенных рисков здоровью, связанных с пероральным поступлением токсикантов из подземных вод.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для достижения заявленной цели были проанализированы концентрации 10 токсикантов в 1149 пробах воды из мониторинговых точек подземных источников водоснабжения (смешанная и кольцевая разводящие сети) ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Волгоградской области филиал в г. Волжский, Ленинском, Среднеахтубинском, Николаевском, Быковском, Палласовском, Старополтавском районах» за 2017–2022 гг. Неканцерогенный риск здоровью населения был оценён на основе «Руководства по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.1.10.1920-04) [12]. Для взрослого и детского населения использовались стандартные факторы пероральной экспозиции веществ. Территориальная группировка анализируемых проб воды основывалась на гидрогеологической природе волгоградского Заволжья и включала в себя анализ точек водозабора, расположенных в зоне залегания трёх бассейнов подземных вод III порядка: Нижневолжского, Северо-Прикаспийского и Рын-Песковского. Общая площадь исследуемого подземного водосбора составила 27,1 тыс. км² (рис. 1).

Климатический показатель засушливости — индекс аридности де Мартонна (DMI) [13] — был определён по формуле, имеющей вид:

$$DMI = P / (T + 10),$$

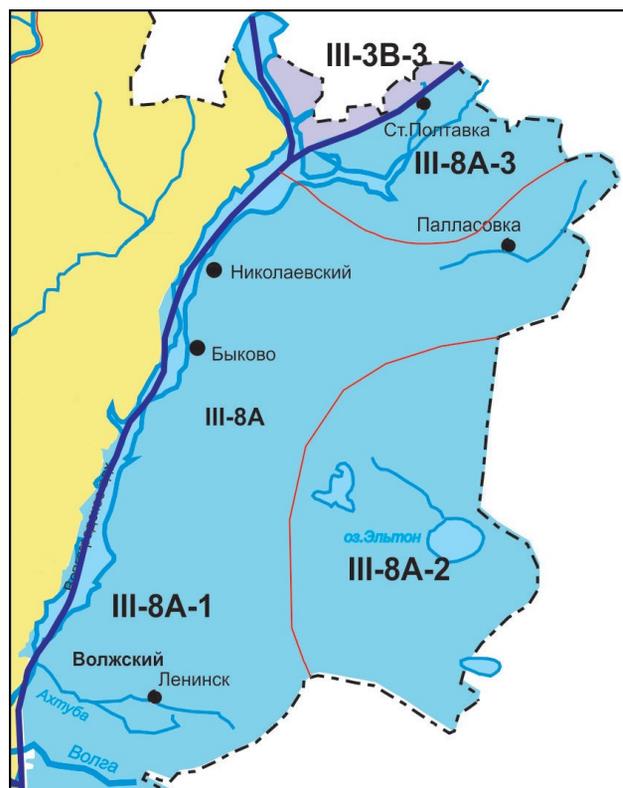
где P — годовая сумма выпавших осадков, мм;
 T — среднегодовая температура воздуха, °С.

Источником данных об осадках и температуре выступили модели ERA5, представляющие собой атмосферный реанализ глобального климата пятого поколения ECMWF (Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды — ECMWF Reanalysis v5). Выборка температур по отчётам Палласовского, Эльтонского, Старополтавского, Быковского и Николаевского метеорологических постов была модифицирована с помощью инструментов зональной статистики при определении показателя LST (Land Surface Temperature). Анализ спутникового индекса засушливости NDMI (Normalized Difference Moisture Index) производился на основе снимков NIR и SWIR каналов Landsat-8 из картографической базы данных EarthExplorer (отбор данных на уровне показателя CloudCover $\leq 20\%$) [14]. Программирование геоинформационных систем (ГИС) выполнялось в программном пакете QGIS v3.30. Выбор методов оценки аридности территорий продиктован доступностью входных данных, что позволяет внедрить данные показатели в процедуру социально-гигиенического мониторинга среды обитания человека.

Статистический анализ

Выборки концентраций токсикантов были проанализированы на нормальность распределения с помощью критерия Пирсона. В виду пестроты геохимической природы водоносных горизонтов, обуславливающей высокие величины стандартного отклонения (σ), в выборках некоторых загрязнителей, для определения суммарного уровня риска (зависимая переменная ΣHI , y) был выбран агрегированный сценарий, реализованный в виде расчёта доз поступления по верхней границе 95%-го доверительного интервала (ДИ). Влияние спутникового (NDMI, x_1) и климатического (DMI, x_2) индексов засушливости на динамику риска здоровью оценивалась путём построения уравнения множественной регрессии (r_{y, x_1, x_2}) в стандартном масштабе с определением β -коэффициентов, также был рассчитан коэффициент детерминации (R^2). Выбор метода обусловлен гипотезой о наличии как прямого, так и косвенного влияния одного из признаков-факторов на резуль- тативный показатель (т.е. влияние через другие факторы модели). Адекватность включения предикторов в модель оценивалась с помощью проверки факторов на мульти- коллинеарность (VIF), были определены парные и частные коэффициенты корреляции.

Прогностическая сила построенной регрессионной модели проанализирована с помощью коэффициента несоответствия Тейла (V), теснота корреляционных связей оценивалась по шкале Чеддока с проверкой достоверности на весах $T_{набл} / T_{крит}$ (по двусторонней критической области). Многолетнее прогнозирование временного тренда значений переменных-предикторов (DMI, NDMI) для предсказания значения неканцерогенной опасности



Бассейны подземных вод II порядка (подпровинции)
 Groundwater basins of the second order (subprovinces)

III-8A — Северо-Каспийский | North Caspian

— Граница | Border

Бассейны подземных вод III порядка (области)
 Groundwater basins of the third order (regions)

III-8A-1 — Нижневолжский | Nizhnevolzhskiy

III-8A-2 — Рын-Песковский бассейн | Ryn-Peskovskiy

III-8A-2 — Северо-Прикаспийский бассейн | Severo-Prikaspiyskiy

— Граница | Border

Рис. 1. Гидрогеологическая природа Заволжья в административных границах Волгоградской области.

Fig. 1. Hydrogeological nature of the Trans-Volga Region within the administrative borders of the Volgograd region.

в десятилетнем периоде (t_{10}) выполнялось с использованием модели ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average). При сглаживании рядов динамики был применён метод переноса начала координат в середину ряда. Все результаты статистической обработки, выполненной в пакете прикладных программ Matlab+Femlab v9.13.0, принимались как значимые при величине критерия $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На территории волгоградского Заволжья, гидрогеологически представленного Северо-Каспийским артезианским бассейном II порядка, главным образом формируются солёные воды и рассолы с изменчивым химическим составом. В подземных источниках хозяйственно-питьевого

водоснабжения исследуемого региона ежегодно регистрируется превышения ПДК по таким загрязнителям, как хлороформ, железо, хлориды, сульфаты, магний, натрий, кальций, отмечается несоответствие нормативам по показателю общей жёсткости, что соотносится с химической природой аллювиальных водоносных горизонтов морского генеза.

Рассчитанные по данным протоколов СГМ суммарные значения (ΣHI) рисков здоровью взрослого и детского населения Заволжья имели схожую многолетнюю динамику для всех входящих в Северо-Каспийскую подпровинцию бассейнов III порядка. Значительные величины индивидуального вклада хлороформа ($HQ_{дет} > 1$) в общую картину неканцерогенной опасности регистрировались в 2017, 2020 и 2021 гг. для каждой из трёх изучаемых территорий. В 2017 г. в зоне залегания вод Нижневолжского бассейна также отмечалось превышение допустимого уровня риска для здоровья взрослых ($HQ_{взр} = 1,37$), ассоциированного с пероральным поступлением хлороформа. Было обнаружено, что данный загрязнитель вносит значительный вклад в картину общей неканцерогенной опасности: доля $HQ_{хлороформ}$ в суммарном показателе HI находилась в диапазоне 25,00–58,93%.

Нами не было зарегистрировано превышения допустимого уровня риска по металлам, вносящим вклад в общую минерализацию (натрий, кальций, магний). При этом необходимо отметить, что на наблюдательных постах Быково, Левчуновка и Верхнепогромное ежегодно регистрировалось превышение кларковых концентраций этих веществ (2,3–3,0 ПДК) (табл. 1).

На следующем этапе исследования были определены критические системы, подвергающиеся риску (HI) развития неканцерогенных эффектов с учётом сопоставленного действия токсикантов: кровь (хлороформ, железо, марганец, нитраты, нитриты); почки (хлороформ, кальций, нефтепродукты); центральная нервная система — ЦНС (хлороформ, марганец); сердечно-сосудистая система — CCC (нитраты, натрий); печень (хлороформ). Согласно Р 2.1.10.1920-04, фтор рассматривается как вещество, воздействующее на костную систему и зубы (референтная доза, $RfD=0,06$), норматив ПДК $< 1,2 \text{ мг/дм}^3$ для III климатического района (СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»). Известно, что 50% перорально поступившего фтора в концентрациях, не превышающих предельно допустимые, в течение 24 часов инкорпорирует из плазмы в кальцинированные ткани, остаток же выводится из организма с мочой. В результате этого 99% пожизненной экспозиции вещества остается в костях, дентине и эмали зубов и не подлежит метаболизму [15]. На территории исследуемой гидрогеохимической провинции не было зарегистрировано превышения допустимого уровня риска, формируемого фтором ($HQ < 1$, диапазон концентраций 0,14–0,56 ПДК). В связи с этим на этапе выделения основных критических органов и систем фтор был исключён из анализа итоговой рисковой картины (рис. 2).

Многолетняя картина риска развития неканцерогенных эффектов со стороны крови, почек, сердечно-сосудистой и центральной нервной систем демонстрировала

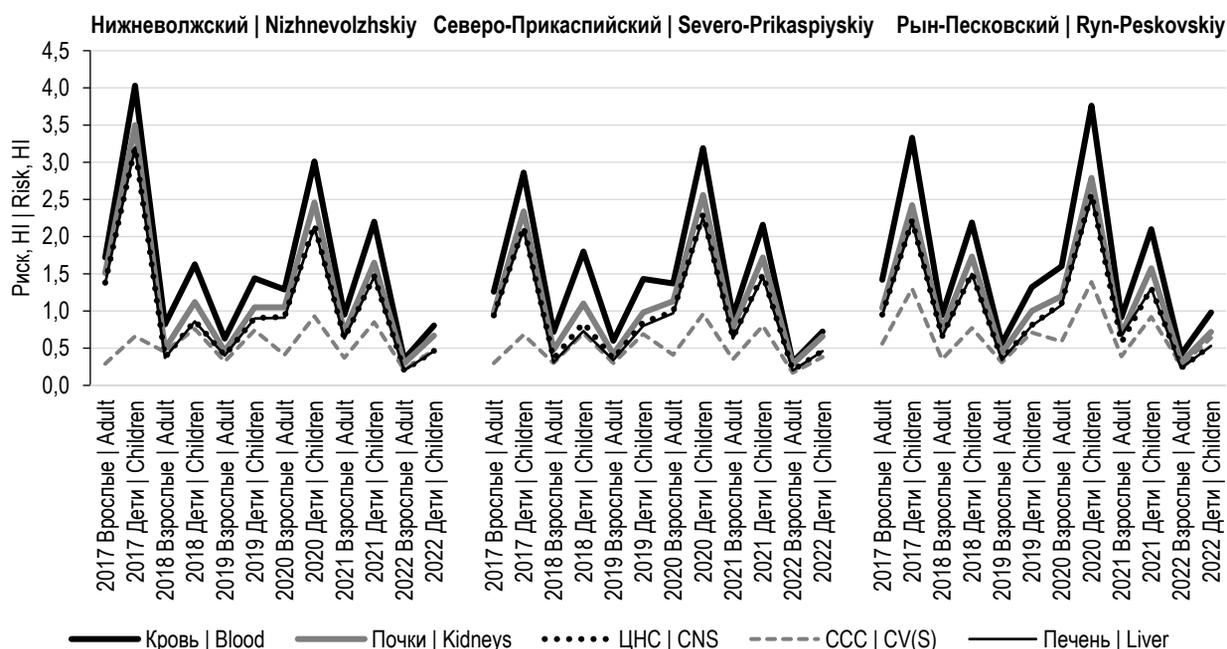


Рис. 2. Значения многолетней динамики рисков здоровью по основным критическим системам, подвергающимся опасности развития неканцерогенных эффектов в зоне Северо-Каспийского бассейна II порядка: ЦНС — центральная нервная система; CCC — сердечно-сосудистая система.

Fig. 2. Values of long-term trends of health risks for the main targets for developing non-carcinogenic effects in the North Caspian basin of the second order: CNS — central nervous system; CV(S) — cardiovascular system.

Таблица 1. Значения неканцерогенного риска здоровью, рассчитанные по верхней границе 95%-го доверительного интервала**Table 1.** Non-carcinogenic health risk values calculated using the upper limit of the 95% confidence interval

Показатель Indicator	Неканцерогенный риск, HQ Non-carcinogenic risk, HQ											
	2017		2018		2019		2020		2021		2022	
	Взрослые Adults	Дети Children	Взрослые Adults	Дети Children	Взрослые Adults	Дети Children	Взрослые Adults	Дети Children	Взрослые Adults	Дети Children	Взрослые Adults	Дети Children
Нижневолжский бассейн Nizhnevolzhskiy basin												
Хлороформ Chloroform	1,37	3,20	0,37	0,86	0,40	0,90	0,91	2,13	0,63	1,46	0,20	0,46
Железо Iron	0,12	0,30	0,09	0,22	0,05	0,11	0,09	0,20	0,06	0,15	0,02	0,05
Нитраты Nitrates	0,22	0,50	0,35	0,52	0,18	0,42	0,27	0,62	0,25	0,58	0,12	0,28
Нитриты Nitrites	0,01	0,03	0,01	0,02	1e-3	0,01	0,01	0,03	1e-3	2e-3	5e-3	0,01
Марганец Manganese	8e-3	2e-3	4e-3	9e-3	2e-3	5e-3	0,01	0,03	4e-3	9e-3	2e-3	5e-3
Натрий Sodium	0,07	0,16	0,10	0,24	0,14	0,32	0,14	0,31	0,12	0,27	0,09	0,20
Кальций Calcium	0,09	0,20	0,10	0,22	0,05	0,13	0,09	0,22	0,07	0,17	0,09	0,20
Магний Magnesium	0,22	0,50	0,10	0,20	0,11	0,25	0,22	0,50	0,11	0,23	0,07	0,16
Фтор Fluorine	0,18	0,42	0,13	0,30	0,16	0,04	0,34	0,78	0,33	0,78	0,12	0,28
Нефтепродукты Petrochemicals	0,05	0,10	0,02	0,04	7e-3	0,02	0,05	0,11	9e-3	0,02	5e-3	0,01
ΣHI	2,34	5,43	1,27	2,62	1,10	2,20	2,13	4,93	1,58	3,67	0,72	1,65
Вклад хлороформа в HI, % Contribution of chloroform to HI, %	58,55	58,93	29,13	32,82	36,36	40,91	42,72	43,20	39,87	39,78	27,78	27,88
Северо-Прикаспийский бассейн Severo-Prikaspiyskiy basin												
Хлороформ Chloroform	0,93	2,10	0,31	0,73	0,34	0,80	0,97	2,26	0,63	1,46	0,20	0,46
Железо Iron	0,09	0,22	0,21	0,50	0,08	0,20	0,10	0,23	0,07	0,16	0,04	0,09
Нитраты Nitrates	0,22	0,52	0,20	0,45	0,16	0,37	0,27	0,63	0,20	0,46	0,06	0,14
Нитриты Nitrites	0,01	0,03	1e-3	0,01	1e-3	0,01	0,01	0,03	0,02	0,05	0,01	0,03
Марганец Manganese	0,01	0,03	0,05	0,11	0,02	0,05	0,02	0,04	0,01	0,03	2e-3	4e-3
Натрий Sodium	0,07	0,16	0,10	0,25	0,14	0,32	0,14	0,33	0,15	0,34	0,11	0,24
Кальций Calcium	0,01	0,23	0,14	0,31	0,07	0,16	0,09	0,21	0,13	0,24	0,08	0,19
Магний Magnesium	0,15	0,35	0,10	0,23	0,09	0,21	0,24	0,55	0,17	0,40	0,12	0,30
Фтор Fluorine	0,11	0,26	0,10	0,24	0,26	0,62	0,37	0,86	0,32	0,75	0,16	0,38
Нефтепродукты Petrochemicals	0,04	0,10	0,03	0,06	0,01	0,02	0,04	0,09	9e-3	0,02	6e-3	0,01
ΣHI	1,64	4,10	1,24	2,89	1,17	2,76	2,25	5,23	1,70	3,91	0,78	1,84
Вклад хлороформа в HI, % Contribution of chloroform to HI, %	56,71	51,22	25,00	25,26	29,06	28,99	43,11	43,21	37,06	37,34	25,64	25,00
Рын-Песковский бассейн Ryn-Peskovskiy basin												
Хлороформ Chloroform	0,94	2,20	0,65	1,50	0,34	0,80	1,08	2,53	0,57	1,30	0,23	0,53
Железо Iron	0,08	0,20	0,05	0,12	0,03	0,07	0,07	0,17	0,06	0,13	0,02	0,05
Нитраты Nitrates	0,38	0,89	0,23	0,53	0,18	0,41	0,42	0,98	0,25	0,59	0,16	0,38
Нитриты Nitrites	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,03	0,07	6e-3	0,01
Марганец Manganese	0,01	0,02	5e-3	0,01	4e-3	9e-3	0,02	0,05	5e-3	0,01	2e-3	0,01
Натрий Sodium	0,18	0,41	0,12	0,24	0,13	0,30	0,17	0,41	0,14	0,33	0,11	0,26
Кальций Calcium	0,10	0,22	0,10	0,23	0,09	0,20	0,11	0,25	0,12	0,27	0,08	0,19
Магний Magnesium	0,25	0,57	0,16	0,38	0,14	0,34	0,25	0,58	0,18	0,41	0,12	0,27
Фтор Fluorine	0,12	0,27	0,18	0,42	0,11	0,26	0,31	0,73	0,29	0,67	0,08	0,20
Нефтепродукты Petrochemicals	2e-3	4e-3	2e-3	4e-3	4e-3	8e-3	7e-3	0,01	2e-3	4e-3	9e-4	2e-3
ΣHI	2,07	4,80	1,51	3,46	1,04	2,42	2,45	5,74	1,65	3,78	0,81	1,89
Вклад хлороформа в HI, % Contribution of chloroform to HI, %	45,41	45,83	43,05	43,35	32,69	33,06	44,08	44,08	34,55	34,39	28,40	28,04

сходную динамику. Минимальные значения риска, рассчитанные с учётом сопоставленного действия токсикантов, относились к сердечно-сосудистой системе, что объясняется отсутствием вклада хлороформа в этот феномен. Превышение допустимого уровня HI_{ccc} выявлено для детей лишь на территории Рын-Песковского бассейна III порядка в 2017 и 2020 гг. ($HI_{дет/ccc}=1,30$; $HI_{дет/ccc}=1,39$, соответственно). Максимальные уровни были отмечены для крови на протяжении всего изучаемого диапазона времени (2017–2022 гг.). В Нижневолжском бассейне наибольшее значение для данной критической системы зарегистрировано в 2017 г. ($HI_{взр/кровь}=1,51$; $HI_{дет/кровь}=4,03$), в Северо-Прикаспийском и Рын-Песковском бассейнах пиковые величины относились к 2020 г. ($HI_{взр/кровь}=1,26$, $HI_{дет/кровь}=2,86$; $HI_{взр/кровь}=1,42$, $HI_{дет/кровь}=3,33$, соответственно). Необходимо отметить, что в 2019 г. значения HI , превышающие единицу, были отмечены лишь для детей: Нижневолжский бассейн, $HI_{дет/кровь}=1,63$; Северо-Прикаспийский, $HI_{дет/кровь}=1,43$; Рын-Песковский, $HI_{дет/кровь}=1,32$. Таким образом, значение суммарного риска здоровью ΣHI на всех территориях Северо-Каспийской подпровинции залегания подземных вод достоверно увеличилось (диапазон 2019–2020 гг.) как для взрослых, так и для детей (взрослые: $T_{набл}=9,80$, $T_{крит}=4,30$, $p < 0,05$; дети: $T_{набл}=11,80$, $T_{крит}=9,92$, $p < 0,01$). В 2022 г. превышение допустимых уровней неканцерогенного риска не было зарегистрировано ни для одной из критических систем: достоверная отрицательная динамика риска сохранялась во временном отрезке 2020–2022 гг. при $p < 0,01$ (взрослые: $T_{набл}=21,50$, $T_{крит}=9,92$; дети: $T_{набл}=20,60$, $T_{крит}=9,92$).

Принимая во внимание значимые отличия между показателями неканцерогенного риска в разные годы и гидрогеологические особенности волгоградского Заволжья, мы произвели вычисление спутникового индекса засушливости NDMI — первого признак-фактора регрессионной модели (x_1). Для каждого из трёх бассейнов III порядка был создан векторный слой для расчёта зональной статистики раstra с диапазоном вариации индекса от -1 (засушливые территории) до 1 (увлажнённые территории) (рис. 3).

Различия между «влажным» 2019 и засушливым 2020 гг. оказались достоверными при $p < 0,05$ для связанных выборок ($T_{набл}=9,70$, $T_{крит}=4,30$), динамика NDMI в диапазоне 2020–2022 гг. также продемонстрировала достоверные отличия изучаемого показателя ($T_{набл}=21,50$, $T_{крит}=9,392$, $p < 0,01$).

Для определения второго признак-фактора (x_2) нами была произведена модификация расчётной формулы индекса де Мартона с использованием зональной статистики по спутниковому показателю LST, заключающаяся в замене среднемесячных температур воздуха на усреднённые температуры земной поверхности для каждого из трёх бассейнов подземных вод. При выводе итогового изображения раstra, индивидуальные для каждого

месяца метаданные снимков были трансформированы в среднегодовое значение (рис. 4).

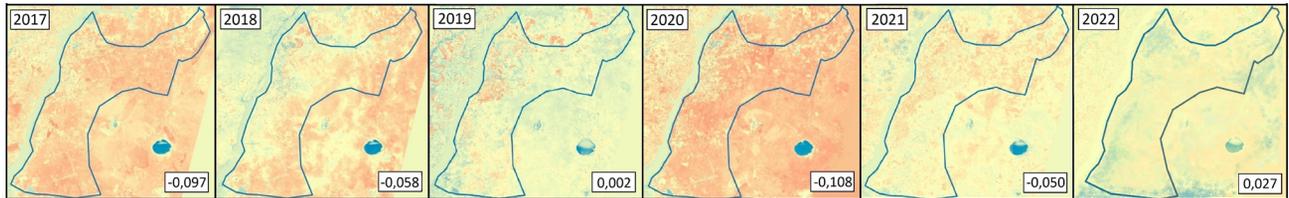
Полученные значения суммарных рисков здоровью, NDMI, DMI, а также взаимосвязь между изучаемыми явлениями приведены в табл. 2. Между предикторами и зависимой переменной существует обратная связь: снижение значений влияющих факторов свидетельствует о росте аридности, что способствует росту концентраций токсикантов в воде и ассоциированных с ними рисков здоровью.

Нами были выявлены высокие корреляционные связи между показателями засушливости и рисками развития неканцерогенных эффектов для трёх бассейнов подземных вод. Во всех случаях значения $r_{y,x1,x2}$ превышали $0,8$ по шкале Чеддока, при этом признак-факторы определяли от $82,8$ до $98,4\%$ дисперсии результативного признака. Проверка выборок-предикторов NDMI (x_1) и DMI (x_2) на мультиколлинеарность подтвердила адекватность включения двух изучаемых признак-факторов в прогнозную регрессионную модель риска по трём бассейнам подземных вод (в каждом из рассматриваемых случаев $VIF < 2,5$). Однако необходимо отметить, что анализ частных коэффициентов регрессии выявил больший вклад предиктора NDMI в изменение зависимой переменной y (ΣHI), чем индекс де Мартона. Минимальные значения $r_{yx2/x1}$ в генеральной совокупности наблюдений за всеми бассейнами III порядка составили $-0,020$, $p=0,177$ (Нижневолжский бассейн, взрослые), максимальные — $-0,554$, $p=0,105$ (Рын-Песковский, дети); минимум $r_{yx1/x2} = -0,823$, $p=0,012$ (Северо-Прикаспийский, взрослые), максимум — $-0,984$, $p=0,002$ (Рын-Песковский, взрослые). Примечательным также является наличие высоких корреляционных связей между процентным вкладом хлороформа в ΣHI и многолетней динамикой засушливости по индексу NDMI. Минимальные значения коэффициентов парной корреляции по этим показателям составляли $-0,689$ ($p=0,130$), максимальные же достигали $-0,829$ ($p=0,041$), в то время как для DMI и хлороформа не было зарегистрировано статистически достоверных связей ни в одном из изучаемых случаев.

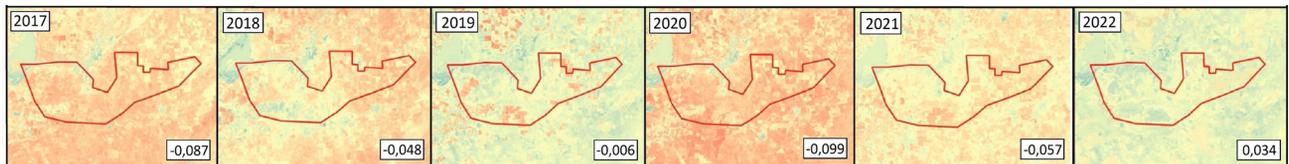
На основании этих феноменов можно сделать вывод о том, что введение параметра DMI в модель приводит к незначительному росту тесноты связи между NDMI и значением суммарного неканцерогенного риска здоровью. Наблюдаемые значения t -статистики для наименьшего из коэффициентов корреляции r_{yx1} (Нижневолжский бассейн, взрослые) также свидетельствовали о значимости включения x_1 в модель ($T_{набл}=4,79$, $T_{крит}=3,49$) и незначимости привлечения в прогнозирование показателя x_2 ($T_{набл}=3,28$, $T_{крит}=4,17$) при $p < 0,05$ (табл. 2).

Прогностическая сила полученной модели была оценена с помощью коэффициента расхождения Тейла (V), в котором 0 соответствует «идеальному» прогнозированию, а приближающиеся к 1 числа свидетельствуют о случайном экстраполировании. Полученные значения V

Нижневолжский бассейн | Nizhnevolzhskiy basin



Северо-Прикаспийский бассейн | Severo-Prikaspiyskiy basin



Рын-Песковский бассейн | Ryn-Peskovskiy basin

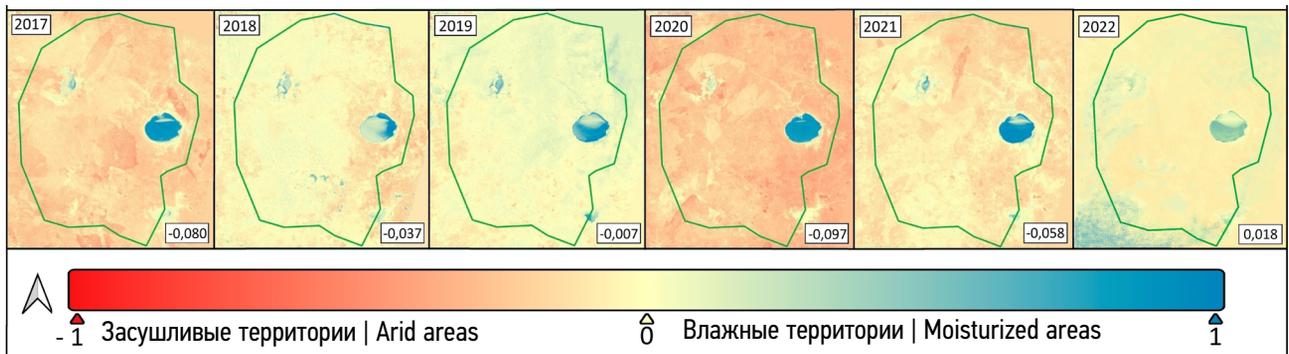


Рис. 3. Растровые карты бассейнов подземных вод III порядка с зональной статистикой индекса засушливости NDMI (2017–2022 гг.).
Fig. 3. Raster maps of the third order groundwater basins with zonal statistics of the NDMI aridity index (2017–2022).

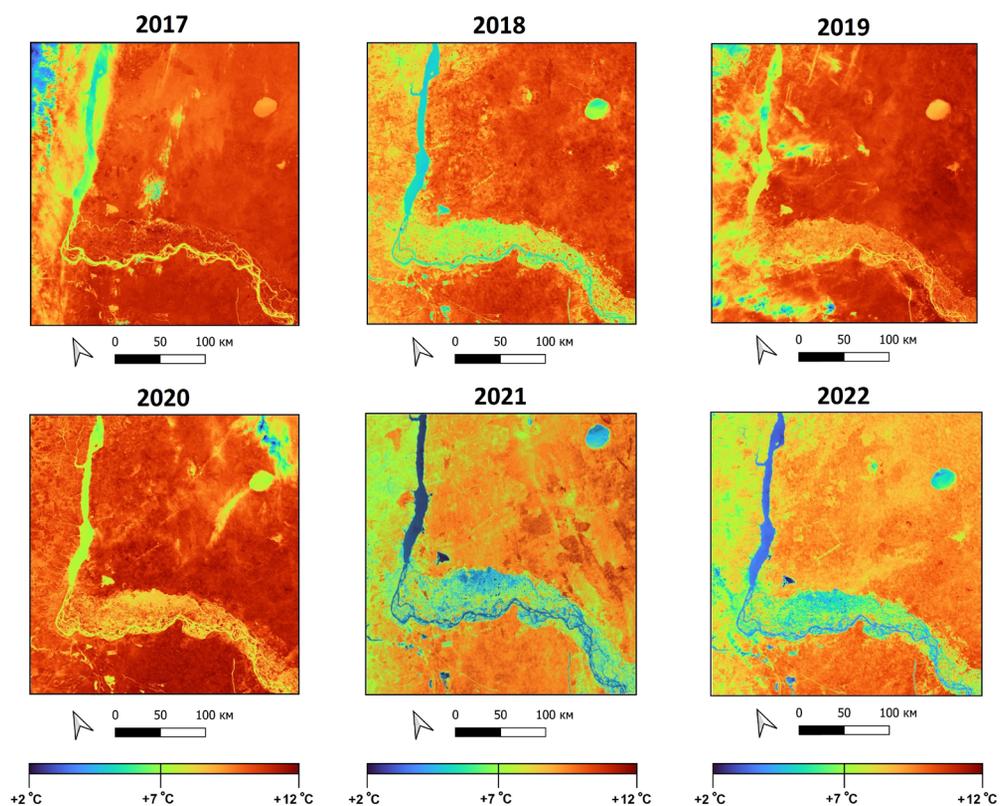


Рис. 4. Растровые карты показателя LST в волгоградском Заволжье (2017–2022 гг.).
Fig. 4. Raster maps of the LST indicator in the Volgograd Trans-Volga Region (2017–2022).

Таблица 2. Множественные корреляционные связи между исследуемыми показателями и прогностическая сила модели**Table 2.** Multiple correlations between the studied indicators and the predictive power of the model

Бассейны подземных вод III порядка Groundwater basins of the third order	Год Year	NI(y), взрослые/ дети adults/ children	NDMI(x ₁)	DMI(x ₂)	Коэффициент множественной корреляции (r _{y,x1,x2}), взрослые/дети Multiple correlation coefficient (r _{y,x1,x2}), adults/children	Коэффициент детерминации R ² , взрослые/ дети Determination coefficient R ² , adults/ children	Коэффициент Тейла V, взрослые/ дети Theil coefficient V, adults/ children	p, взрослые/ дети adults/ children
Нижне- волжский Nizhne- volzhskiy	2017	2,34/5,43	-0,097	15,32				
	2018	1,27/2,63	-0,058	16,36				
	2019	1,10/2,20	0,002	14,13				
	2020	2,13/4,93	-0,108	10,77	-0,939/-0,925	0,881/0,846	0,014/0,020	0,005/0,009
	2021	1,58/3,67	-0,050	19,89				
	2022	0,72/1,72	0,027	23,30				
	t ₁₀	5,59/13,12	-0,420	-				
Северо- Прикаспий- ский Severo- Prikaspiyskiy	2017	1,64/4,10	-0,087	22,12				
	2018	1,24/2,89	-0,048	20,00				
	2019	1,17/2,76	-0,006	20,37				
	2020	2,25/5,23	-0,099	14,58	-0,909/-0,942	0,828/0,887	0,016/0,011	0,012/0,006
	2021	1,70/3,91	-0,057	26,60				
	2022	0,78/1,84	0,034	30,77				
	t ₁₀	4,79/11,42	-0,400	-				
Рын- Песковский Ryn- Peskovskiy	2017	2,06/4,80	-0,080	12,75				
	2018	1,51/3,46	-0,037	13,44				
	2019	1,04/2,42	-0,007	14,05				
	2020	2,45/5,74	-0,097	8,88	-0,992/-0,990	0,984/0,980	0,002/0,002	<0,001/ <0,001
	2021	1,65/3,78	-0,058	19,80				
	2022	0,81/1,89	0,018	20,88				
	t ₁₀	6,67/15,56	-0,410	-				

во всех трёх случаях оказались меньше 0,1, причём для Рын-Песковского бассейна коэффициент Тейла значительно приблизился к 0 и составил 0,002. Высокая прогностическая сила модели обусловила возможность построения уравнений временных трендов для предиктора x_1 . Введение в уравнение множественной регрессии спрогнозированных значений NDMI позволило предсказать уровни неканцерогенного риска при сохраняющейся тенденции к аридизации Заволжья по аггривированному сценарию засухи. Доверительные интервалы 95-го перцентиля для горизонта прогнозирования риска t_{10} имели следующие значения:

- Нижневолжский бассейн:
NI_{взрослые} (3,50–7,69, $p=0,005$), NI_{дети} (7,34–18,91, $p=0,009$);

- Северо-Прикаспийский бассейн:

NI_{взрослые} (2,74–6,83, $p=0,012$), NI_{дети} (7,22–15,62, $p=0,006$);

- Рын-Песковский бассейн:

NI_{взрослые} (5,59–7,75, $p < 0,001$), NI_{дети} (12,72–18,40, $p < 0,001$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Примечательным моментом в нашем исследовании является значительный вклад хлороформа в формирование неканцерогенного риска здоровью. Для детей минимальные значения индивидуальной опасности (NQ_{хлороформ}) составили 0,46, максимальные — 3,20; для взрослого населения величины находились в диапазоне 0,20–1,37. В отечественной науке хлороформ традиционно

рассматривается как загрязнитель антропогенного происхождения, ассоциированный с хлорированием воды [16]. Однако данные Hunkeler D. и соавт. [17] и Breider F. и соавт. [18], полученные в результате анализа мигрирующего в экосистемах хлороформа, свидетельствуют о сохранении изотопной сигнатуры углерода-13 в составе CHCl_3 при перемещении вещества из водовмещающих грунтов в подземные воды. В условиях территорий, лишённых значительной антропогенной нагрузки, это может указывать на биогенное, либо абиогенное происхождение данного токсиканта. В обзорном исследовании Field J.A. приводится информация о незначительном вкладе антропогенных источников (<10%) в глобальную продукцию хлороформа, циркулирующего в мировых экосистемах [19]. Peng P. и соавт. отмечают высокий потенциал солёных сред в естественном галогенировании органических веществ с образованием хлороформа [20]. Это согласуется с эдафическими особенностями Заволжья, для которого характерны засоленные грунты (солонды, солонцы и солончаки), формирующие солёные воды и рассолы [21].

Нами установлено, что для аридизированных регионов юга России NDMI является наиболее точным спутниковым индексом оценки и прогнозирования засушливости. Обсуждаемый показатель не использует «красный» (RED) канал спутниковой камеры, широко применяемый при анализе дефицита влаги в случае покрытия местности растительностью с высоким содержанием хлорофилла (индексы NDVI, RVI, IPVI и др.). Для территории волгоградского Заволжья типичны типчаково-ковыльные и полынно-злаковые степи, характеризующиеся значительно меньшим содержанием хлорофилла, чем биомасса «зелёных» древесных фитоценозов при равном проективном покрытии. SWIR-индекс NDMI взаимодействует с количеством воды в растительности, тем самым снимая фактор неопределённости, заключающийся в отличиях по содержанию хлорофилла между лесными сообществами и ксерофильными степями. На стадии подбора спутникового показателя NDMI позволил получить наиболее релевантные результаты для Северо-Каспийского бассейна, что согласуется с данными Д.В. Малахова с соавт. [22], представленными для западных регионов Казахстана.

Нами обнаружены сильные корреляционные связи между спутниковым показателем NDMI и рисками здоровью, обусловленными засухозависимыми веществами. В работе А.В. Косарева с соавт. показан высокий линейный отклик HI на изменение аридности, оценённый с помощью NDMI для малых рек Башкортостана и Саратовской области [23]. Авторы указывают на достоверный рост риска, ассоциированного с пероральным поступлением железа и биогенных соединений азота. Данный феномен был отмечен нами и для волгоградского Заволжья. Засушливым годам соответствовали максимальные значения неканцерогенной опасности, связанной с железом и нитратами ($HQ_{\text{дет/железо}}=0,30$, $HQ_{\text{дет/нитраты}}=0,98$); наиболее «влажному»

2022 г. были свойственны наименьшие уровни риска по этим веществам ($HQ_{\text{дет/железо}}=0,05$, $HQ_{\text{дет/нитраты}}=0,14$). Деятельность термофильных железовосстанавливающих бактерий, а также индуцированное повышением температуры гниение органических соединений обуславливают экосистемную преемственность между негативными климатическими тенденциями и положительной динамикой риска здоровью.

Помимо этого, наши данные о значительном влиянии аридного тренда на качество подземных вод Заволжья по показателям натрия, кальция и магния соотносятся с результатами исследования Balamirugan P. и соавт. в индийском Тамилнаде [24]. Величины парной корреляции Пирсона между суммарным риском по трём указанным металлам и NDMI находились в пределах от $-0,844$ ($p=0,037$) до $-0,971$ ($p=0,001$) для Нижневолжского и Рын-Песковского бассейнов, соответственно.

Принимая во внимание проблему галогенсодержащих соединений, для обеспечения населения волгоградского Заволжья доброкачественной питьевой водой необходимо усовершенствование процедуры водоподготовки. В отчётах СГМ надзорных органов мониторинговые точки Быковского, Николаевского, Палласовского и Старополтавского районов отнесены ко 2 классу подземных источников. Согласно требованиям СП 31.13330.2021: «Свод правил. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», в случае обнаружения загрязнения хлорорганическими соединениями (блок «Определяющие антропогенные ингредиенты») необходима реализация дополнительных реагентных способов обработки — сорбционная доочистка в стационарном слое адсорбента. Учитывая природные особенности изучаемых подземных водоисточников (2 класс: $\text{Fe} < 3 \text{ мг/дм}^3$, $\text{Mn} < 0,1 \text{ мг/дм}^3$), в соответствии с СП 31.13330.2021 рекомендована следующая технологическая схема водоподготовки: упрощённая аэрация, фильтрация, стабилизация (блок «Очистка подземных вод от природных загрязнений»).

Перспектива дальнейших исследований может быть связана с анализом концентраций биогенного и абиогенного хлороформа в водовмещающих породах с целью уточнения природы поступающего в питьевые воды загрязнителя. Кроме того, изучение достаточного количества нецентрализованных источников водоснабжения также способно уточнить полученные нами данные.

В работе не оценивалась перкутанная и ингаляционная экспозиция токсикантов, что может быть интерпретировано как фактор неопределённости в трактовке результатов исследования. По данным Т.И. Иксановой с соавт. [25], 68% среднесуточной дозы CHCl_3 поступает в организм человека ингаляционным и накожным путём при принятии душа. Особенности поведения хлорорганических веществ способны сформировать ещё один вектор потенциальных исследований, основанный на оценке вклада различных типов экспозиций хлороформа в общую хроническую интоксикацию данным загрязнителем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обнаружен значительный вклад хлороформа в общую картину неканцерогенной опасности для подземных вод хозяйственно-питьевого назначения в волгоградском Заволжье. Максимальные значения были зарегистрированы в Нижневолжском бассейне залегания подземных вод ($HQ_{дет/хлороформ} = 3,20$, $HQ_{взр/хлороформ} = 1,37$) в 2017 г. Выявлен потенциал внедрения спутникового показателя NDMI в процедуру социально-гигиенического мониторинга качества подземных вод аридных зон юга России. Данный индикатор засушливости вносит наибольший вклад в валидность прогностической модели многолетней динамики рисков здоровью, формируемых пероральным поступлением загрязнителей из подземных вод волгоградского Заволжья. Наименьшее из значений множественной регрессии было отмечено для рисков здоровью взрослых ($r_{y,x1,x2} = 0,909$, $p = 0,012$) в Северо-Прикаспийском бассейне, максимальные величины зарегистрированы в Рын-Песковском для детей ($r_{y,x1,x2} = 0,992$, $p = 0,002$). Климатический индекс де Мартона демонстрировал незначительную надежность в прогнозировании многолетней динамики неканцерогенного риска здоровью, ассоциированного с токсикантами, циркулирующими в аридных экосистемах юга России. Высокое разрешение и чувствительность к количеству воды в степной растительности валидирует показатель NDMI для топографии аридных зон.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Д.С. Новиков — сбор и анализ литературных источников; программирование в среде геоинформационных систем; статистическая обработка, анализ и интерпретация данных; подготовка и написание первого варианта статьи. Н.И. Латышевская — концепция и дизайн исследования, редактирование текста, утверждение окончательного варианта рукописи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный

вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

Благодарности. Авторы выражают благодарность за предоставление данных О.М. Мазулину — главному врачу филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Волгоградской области в г. Волжский, Ленинском, Среднеахтубинском, Николаевском, Быковском, Палласовском, Старополтавском районах» и Л.П. Руруа — главному специалисту-эксперту отдела надзора за условиями труда и радиационной безопасности Управления Роспотребнадзора по Волгоградской области.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. D.S. Novikov — collection and analysis of literary sources; geographic information systems programming; statistical processing, analysis and interpretation of data; preparation and writing the first sample of article. N.I. Latyshevskaya — concept and design research, text editing, final manuscript approval. 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 source. This study was not supported by any external sources of funding.

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

Acknowledgments. The authors express their gratitude for providing data to O.M. Mazulin — Chief physician of the Branch of the Federal Budgetary Health Institution "Center for Hygiene and Epidemiology in the Volgograd Region in Volzhsky, Leninsky, Sredneakhtubinsky, Nikolaevsky, Bykovsky, Pallasovsky, Staropoltavsky districts" and L.P. Rurua — Chief Specialist-Expert of the Department for Supervision of Working Conditions and Radiation Safety of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing Office for the Volgograd Region.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рахманин Ю.А., Мельцер А.В., Киселев А.В., Ерастова Н.В. Гигиеническое обоснование управленческих решений с использованием интегральной оценки питьевой воды по показателям химической безвредности и эпидемиологической безопасности // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96, № 4. С. 302–305. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-4-302-305
2. Косарев А.В., Иванов Д.Е., Микеров А.Н., Савина К.А. Оценка канцерогенного и неканцерогенного рисков здоровью, обусловленных качеством питьевой воды родников аридной зоны // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99, № 11. С. 1294–1300. EDN: HVDGPU doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1294-1300
3. Feng S., Wu X., Hao Z., et al. A database for characteristics and variations of global compound dry and hot events // Weather and Climate Extremes. 2020. Vol. 30. P. 100299. doi: 10.1016/j.wace.2020.100299
4. Залибеков З.Г., Мамаев С.А., Биарсланов А.Б., и др. Об использовании пресных подземных вод засушливых регионов мира в борьбе с опустыниванием земель // Аридные экосистемы. 2019. Т. 25, № 2. С. 3–12. EDN: PJYQLZ
5. Gibbs R.J. Mechanisms controlling world water chemistry // Science. 1970. Vol. 170, N 3962. P. 1088–1090. doi: 10.1126/science.170.3962.1088
6. Комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области. Доклад «О состоянии окружающей среды в Волгоградской области в 2022 году». Волгоград. 2023. 300 с.
7. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Волгоградской области. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Волгоградской области в 2022 году». Волгоград. 2023. 258 с.

8. Адамович Т.А., Ашихмина Т.Я. Аэрокосмические методы в системе геоэкологического мониторинга природно-техногенных территорий // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 15–24. EDN: YMAJIT
9. Студеникина Е.М., Степкин Ю.И., Клепиков О.В., и др. Проблемные вопросы использования географических информационных систем в социально-гигиеническом мониторинге и риск-ориентированном надзоре // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 6. С. 31–36. EDN: OEJXHN doi: 10.35627/2219-5238/2019-315-6-31-36
10. World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP). Svoboda M., Fuchs B.A. Handbook of Drought Indicators and Indices. Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva. 2016. 60 p.
11. Зелихина С.В., Шартова Н.В., Миронова В.А., Варенцов М.И. Эколого-географические предпосылки распространения лихорадки Западного Нила в России // Экосистемы: экология и динамика. 2021. Т. 5, № 1. С. 132–150. EDN: DSIXBK doi: 10.24411/2542-2006-2021-10081
12. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Москва : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.
13. Pellicone G., Caloiero T., Guagliardi I. The De Martonne aridity index in Calabria (Southern Italy) // Journal of Maps. 2019. Vol. 15, N 2. P. 788–796. doi: 10.1080/17445647.2019.1673840
14. Gao B. Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space // Imaging Spectrometry. 1995. Vol. 2480. P. 225–236. doi: 10.1117/12.210877
15. Агалакова Н.И., Гусев Г.П. Влияние неорганического фтора на живые организмы различного филогенетического уровня // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 2011. Т. 47, № 5. С. 337–347. EDN: MSISRJ
16. Марченко Б.И., Журавлев П.В., Плуготаренко Н.К., Юхно А.И. Оценка канцерогенного риска от воздействия хлорорганических соединений в воде систем централизованного водоснабжения // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100, № 2. С. 99–110. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-2-99-110
17. Hunkeler D., Laier T., Breider F. Jacobsen O.S. Demonstrating a natural origin of chloroform in groundwater using stable carbon isotopes // Environmental science and technology. 2012. Vol. 46, N 11. P. 6096–6101. doi: 10.1021/es204585d
18. Breider F., Albers C.N., Hunkeler D. Assessing the role of trichloroacetyl-containing compounds in the natural formation of chloroform using stable carbon isotopes analysis // Chemosphere. 2013. Vol. 90, N 2. P. 441–448. doi: 10.1016/j.chemosphere.2012.07.058
19. Field J.A. Natural Production of Organohalide Compounds in the Environment. In: Adrian L., Löffler F., editors. Organohalide-Respiring Bacteria. Springer, Berlin, Heidelberg. 2016. P. 7–29. doi: 10.1007/978-3-662-49875-0_2
20. Peng P., Lu Y., Bosma T.N.P., et al. Metagenomic- and Cultivation-Based Exploration of Anaerobic Chloroform Biotransformation in Hypersaline Sediments as Natural Source of Chloromethanes // Microorganisms. 2020. Vol. 8, N 5. P. 665. doi: 10.3390/microorganisms8050665
21. Панкова Е.И., Горохова И.Н., Конюшкова М.В., и др. Современные тренды развития почв солонцовых комплексов на юге степной и в полупустынной зонах в природных условиях и при антропогенных воздействиях // Экосистемы: экология и динамика. 2019. Т. 3, № 2. С. 44–88. doi: 10.24411/2542-2006-2019-10032
22. Malakhov D.V., Tsyhuyeva N.Yu. Calculation of the biophysical parameters of vegetation in an arid area of south-eastern Kazakhstan using the normalized difference moisture index (NDMI) // Central Asian Journal of Environmental Science and Technology Innovation. 2020. Vol. 1, N 4. P. 189–198. doi: 10.22034/CAJESTI.2020.04.012
23. Косарев А.В., Иванов Д.Е., Микеров А.Н., и др. Применение геоинформационных технологий и дистанционного зондирования Земли для оценки влияния аридности территории на качество воды малых рек // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100, № 10. С. 1052–1059. EDN: DZJUBF doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-10-1052-1059
24. Balamurugan P., Kumar P.S., Shankar K., et al. Non Carcinogenic Risk Assessment of Groundwater in southern part of Salem District in Tamil Nadu, India // Journal of the Chilean Chemical Society. 2020. Vol. 65, N 1. P. 4697–4707. doi: 10.4067/S0717-97072020000104697
25. Иксанова Т.И., Малышева А.Г., Растянкин Е.Г., и др. Гигиеническая оценка комплексного действия хлороформа питьевой воды // Гигиена и санитария. 2006. № 2. С. 10–14.
26. Джамали З., Хейдаризади З. Прогнозирование изменений на засушливых территориях с использованием статистической модели масштабирования (SDSM) в западной части Горганской равнины, Иран // Аридные экосистемы. 2022. Т. 28, № 4. С. 4–12. EDN: YSNQNJ doi: 10.24412/1993-3916-2022-4-4-12
27. Ямилова О.Ю., Ковальчук В.К. Особенности влияния химических загрязнителей маломинерализованной питьевой воды на здоровье населения Дальнего Востока // Российский вестник гигиены. 2021. № 3. С. 36–41. EDN: TPVWJE doi: 10.24075/rbh.2021.022

REFERENCES

1. Rakhmanin YuA, Mel'tser AV, Kiselev AV, Erastova NV. Hygienic substantiation of management decisions with the use of the integral assessment of drinking water on indices of chemical harmlessness and epidemiological safety. *Hygiene and Sanitation*. 2017;96(4):302–305. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-4-302-305
2. Kosarev AV, Ivanov DE, Mikerov AN, Savina KA. Evaluation of a carcinogenic and non-carcinogenic health risks due to the quality of drinking water by springs in the arid zone. *Hygiene and Sanitation*. 2020;99(11):1294–1300. EDN: HVDGPU doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1294-1300

3. Feng S, Wu X, Hao Z, et al. A database for characteristics and variations of global compound dry and hot events. *Weather and Climate Extremes*. 2020;30:100299. doi: 10.1016/j.wace.2020.100299
4. Zalibekov ZG, Mamaev SA, Biarslanov AB, et al. On the use of fresh groundwater in arid regions of the world in the fight against desertification. *Arid ecosystems*. 2019;25(2):3–12. EDN: PJYQLZ
5. Gibbs RJ. Mechanisms controlling world water chemistry. *Science*. 1970;170(3962):1088–1090. doi: 10.1126/science.170.3962.1088
6. Komitet prirodnih resursov, lesnogo hozyajstva i ekologii Volgogradskoj oblasti. Doklad "O sostoyanii okruzhayushchej sredy v Volgogradskoj oblasti v 2022 godu". Volgograd; 2023. 300 p. (In Russ).
7. Upravlenie Federal'noj sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitel'j i blagopoluchiya cheloveka po Volgogradskoj oblasti. Gosudarstvennyj doklad "O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Volgogradskoj oblasti v 2022 godu". Volgograd. 2023. 258 p. (In Russ).
8. Adamovich TA, Ashikhmina TYa. Aerospace methods in the system of geo-ecological monitoring of natural and anthropogenic areas. *Theoretical and Applied Ecology*. 2017;(3):15–24. EDN: YMAJIT
9. Studenikina EM, Stepkin Yul, Klepikov OV, et al. Problematic issues of the geographic information systems use in socio-hygienic monitoring and risk-based supervision. *Public Health and Life Environment*. 2019;(6):31–36. EDN: OEJXHN doi: 10.35627/2219-5238/2019-315-6-31-36
10. World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP). Svoboda M, Fuchs BA. Handbook of Drought Indicators and Indices. Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva. 2016. 60 p.
11. Zelikhina SV, Shartova NV, Mironova VA, Varentsov MI. Ecological and geographical prerequisites for the spread of West Nile fever in Russia. *Ecosystems: ecology and dynamics*. 2021;5(1):132–150. EDN: DSIXBK doi: 10.24411/2542-2006-2021-10081
12. Human Health Risk Assessment from Environmental Chemicals. Moscow: Federal Center of Gossanepidnadzor of the Ministry of Health of Russia. 2004. 143 p.
13. Pellicone G, Caloiero T, Guagliardi I. The De Martonne aridity index in Calabria (Southern Italy). *Journal of Maps*. 2019;15(2):788–796. doi: 10.1080/17445647.2019.1673840
14. Gao B. Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. *Imaging Spectrometry*. 1995;2480:225–236. doi: 10.1117/12.210877
15. Agalakova NI, Gusev GP. The influence of inorganic fluorine on living organisms of various phylogenetic levels. *Journal of evolutionary biochemistry and physiology*. 2011;47(5):337–347. EDN: MSISRJ
16. Marchenko BI, Zhuravlev PV, Plugotarenko NK, Yuhno AI. Assessment of carcinogenic risk from exposure to organochlorine compounds in water of centralized water supply systems. *Hygiene and Sanitation*. 2021;100(2):99–110. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-2-99-110
17. Hunkeler D, Laier T, Breider F, Jacobsen OS. Demonstrating a natural origin of chloroform in groundwater using stable carbon isotopes. *Environmental science and technology*. 2012;46(11):6096–6101. doi: 10.1021/es204585d
18. Breider F, Albers CN, Hunkeler D. Assessing the role of trichloroacetyl-containing compounds in the natural formation of chloroform using stable carbon isotopes analysis. *Chemosphere*. 2013;90(2):441–448. doi: 10.1016/j.chemosphere.2012.07.058
19. Field JA. Natural Production of Organohalide Compounds in the Environment. In: Adrian L, Löffler F, editors. *Organohalide-Respiring Bacteria*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2016:7–29. doi: 10.1007/978-3-662-49875-0_2
20. Peng P, Lu Y, Bosma TNP, et al. Metagenomic- and Cultivation-Based Exploration of Anaerobic Chloroform Biotransformation in Hypersaline Sediments as Natural Source of Chloromethanes. *Microorganisms*. 2020;8(5):665. doi: 10.3390/microorganisms8050665
21. Pankova EI, Gorokhova IN, Konyushkova MV, et al. Modern trends in the development of soils of solonetz complexes in the south of the steppe and semi-desert zones under natural conditions and under anthropogenic influences. *Ecosystems: ecology and dynamics*. 2019;3(2):44–88. doi: 10.24411/2542-2006-2019-10032
22. Malakhov DV, Tsyhuyeva NYu. Calculation of the biophysical parameters of vegetation in an arid area of south-eastern Kazakhstan using the normalized difference moisture index (NDMI). *Central Asian Journal of Environmental Science and Technology Innovation*. 2020;1(4):189–198. doi: 10.22034/CAJESTI.2020.04.01
23. Kosarev AV, Ivanov DE, Mikerov AN, et al. Application of geoinformation technologies and remote sensing of the Earth to assess the impact of aridity of the territory on the water quality of small rivers. *Hygiene and Sanitation*. 2021;100(10):1052–1059. EDN: DJJUBF doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-10-1052-1059
24. Balamurugan P, Kumar PS, Shankar K, et al. Non Carcinogenic Risk Assessment of Groundwater in southern part of Salem District in Tamil Nadu, India. *Journal of the Chilean Chemical Society*. 2020;65(1):4697–4707. doi: 10.4067/S0717-97072020000104697
25. Iksanova TI, Malysheva AG, Rastyannikov EG, et al. Hygienic assessment of the complex effect of chloroform in drinking water. *Hygiene and Sanitation*. 2006;2:10–14.
26. Jamali Z, Heidarizadi Z. Future changes in dry conditions using statistical downscaling model (SDSM) in the western region of Gorgan plain, Iran. *Arid Ecosystems*. 2022;28(4):4–12. EDN: YSNQNJ doi: 10.24412/1993-3916-2022-4-4-12
27. Yamilova OY, Koval'chuk VK. Peculiarities of low-mineralized drinking water chemical contamination influence on health of the population of the Russian Far East. *Russian Bulletin of Hygiene*. 2021;(3):36–41. EDN: TPVWJE doi: 10.24075/rbh.2021.022

ОБ АВТОРАХ

*** Новиков Денис Сергеевич;**

адрес: Россия, 400131, Волгоград, пл. Павших борцов, д. 1;

ORCID: 0000-0002-2886-5431;

eLibrary SPIN: 4583-6672;

e-mail: dennov89@mail.ru

Латышевская Наталья Ивановна, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-8367-745X;

eLibrary SPIN: 7299-4690;

e-mail: latyshnata@mail.ru

AUTHORS' INFO

*** Denis S. Novikov;**

address: 1 Pavshikh Bortsov sq., Volgograd, 400131, Russia;

ORCID: 0000-0002-2886-5431;

eLibrary SPIN: 4583-6672;

e-mail: dennov89@mail.ru

Natalia I. Latyshevskaya, MD, Dr. Sci. (Medicine), professor;

ORCID: 0000-0002-8367-745X;

eLibrary SPIN: 7299-4690;

e-mail: latyshnata@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624200>

Стоматологическое здоровье взрослого населения г. Архангельска: профиль исследования

А.А. Симакова, А.В. Кудрявцев, М.А. Горбатова, С.Н. Драчев, Т.Н. Юшманова, А.В. Подрезова, А.М. Гржибовский, Л.Н. Горбатова

Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Архангельская область характеризуется высокой распространённостью и интенсивностью стоматологических заболеваний среди взрослого населения, однако большинство исследований были проведены либо на основе данных системы здравоохранения, либо на небольших выборках, что является угрозой для внешней валидности исследований.

Цель. Данная статья представляет собой протокол исследования, целью которого является оценка стоматологического статуса и изучение его связи с соматической патологией на репрезентативной выборке взрослого населения г. Архангельска.

Материал и методы. В 2022 г. в г. Архангельске было проведено поперечное исследование «Распространённость стоматологической патологии среди населения Арктической зоны Российской Федерации (на примере г. Архангельска) и ассоциированные характеристики микробного сообщества кишечника и респираторного тракта» (далее — стоматологическое исследование). Стоматологическое исследование являлось частью исследования «Молекулярно-генетические маркеры реакции организма на коронавирусную инфекцию и изменения микробиоты и метаболома человека в результате пандемии COVID-19» (далее — исследование эффектов COVID-19). Сбор данных для исследования проводился в период с 3 октября по 10 ноября 2022 г. на базе консультативно-диагностической поликлиники Северного государственного медицинского университета. В исследовании участвовало 463 человека в возрасте 42–76 лет, проживающих на территории г. Архангельска, представляющих собой случайную выборку взрослого населения, ранее принимавшую участие в проекте «Узнай своё сердце» в 2015–2017 гг. Всем участникам было предложено дополнительно пройти стоматологическое обследование. Отклик составил 91,6%. Стоматологическое обследование включало анкетирование, оценку стоматологического статуса по методике Всемирной организации здравоохранения (2013), оценку гигиены полости рта и воспаления десны, сбор десневой жидкости, аутофлуоресцентная стоматоскопия (АФС), дентальный эстетический индекс (DAI), осмотр врачом-ортодонтом с проведением периотестометрии, выполнением фотопотокола, проведением биометрии гипсовых моделей. Также участникам по показаниям было предложено пройти углублённую диагностику для выявления ортодонтической патологии: телерентгенографию, конусно-лучевую компьютерную томографию.

Ожидаемые результаты. Стоматологическое исследование, проведённое с помощью валидизированных инструментов с использованием репрезентативной выборки, позволит получить не только несмещённую оценку состояния стоматологического здоровья г. Архангельска в изучаемой возрастной группе, но и предоставит уникальную возможность оценить связи стоматологической патологии с характеристиками соматического здоровья, образа жизни, микробиоты и метаболома человека, данные о которых в изучаемой выборочной совокупности были получены в ходе других проектов.

Ключевые слова: стоматологическое здоровье; состояние зубов; зубочелюстные аномалии; ортодонтия; Архангельск; Арктика; эпидемиология.

Как цитировать:

Симакова А.А., Кудрявцев А.В., Горбатова М.А., Драчев С.Н., Юшманова Т.Н., Подрезова А.В., Гржибовский А.М., Горбатова Л.Н. Стоматологическое здоровье взрослого населения г. Архангельска: профиль исследования // Экология человека. 2023. Т. 30, № 9. С. 721–730.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624200>

Рукопись получена: 04.12.2023

Рукопись одобрена: 08.12.2023

Опубликована online: 21.12.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624200>

Dental health in the adult population of Arkhangelsk: a study protocol

Anna A. Simakova, Alexander V. Kudryavtsev, Maria A. Gorbatova, Sergei N. Drachev, Tatiana N. Yushmanova, Anastasiya V. Podrezova, Andrej M. Grijbovski, Lyubov N. Gorbatova

Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The Arkhangelsk region is characterized by a high prevalence and intensity of dental diseases among adults, but most of the studies were either hospital-based or used small samples with questionable representativeness.

AIM: This article is a protocol of an original study, the purpose of which is to assess the dental status and its association with somatic health in a representative sample of the adult population of Arkhangelsk.

MATERIAL AND METHODS: In 2022, a cross-sectional study “Prevalence of dental pathology among the population of the Arctic zone of the Russian Federation (using the example of Arkhangelsk) and associated characteristics of the microbiome of the intestine and the respiratory tract” (hereinafter referred to as the dental study) was conducted in Arkhangelsk. The dental study was a part of the study “Molecular and genetic markers of the response to coronavirus infection and changes in the human microbiota and metabolome during the COVID-19 pandemic” (hereinafter referred to as the study on the effects of COVID-19). Data collection for the study was carried out from October 3 to November 10, 2022 at the Northern State Medical University. The study involved 463 adults aged 42–76 years living in the city of Arkhangelsk, representing a random sample of the adult population who had previously taken part in the “Know Your Heart” project in 2015–2017. All participants were asked to undergo an additional dental examination. The response rate was 91.6%. The dental examination included a questionnaire, assessment of dental status as recommended by the World Health Organization (2013), assessment of oral hygiene and gum inflammation, dental aesthetic index (DAI), collection of gingival fluid, autofluorescence stomatoscopy (AFS), examination by an orthodontist with periotestometry, performing a photo protocol, conducting biometrics of plaster models. When indicated, participants were asked to undergo an in-depth diagnostic to identify orthodontic pathology, namely, teleradiography and a cone-beam computed tomography.

EXPECTED RESULTS: The proposed study using validated instruments and a representative sample has a major strength in providing unbiased assessment of the prevalence of oral health conditions in Arkhangelsk in the studied age group. Moreover, the material collected in this study has a potential to provide a unique opportunity to assess the associations between dental health and somatic health, lifestyle, microbiota, and metabolome since the data on the abovementioned characteristics were collected during the other projects and stored in a biobank.

Keywords: oral health; dental status; dental anomalies; orthodontics; Arkhangelsk; Arctic; epidemiology.

To cite this article:

Simakova AA, Kudryavtsev AV, Gorbatova MA, Drachev SN, Yushmanova TN, Podrezova AV, Grijbovski AM, Gorbatova LN. Dental health in the adult population of Arkhangelsk: a study protocol. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(9):721–730. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624200>

Received: 04.12.2023

Accepted: 08.12.2023

Published online: 21.12.2023

ВВЕДЕНИЕ

Стоматологическое здоровье является неотъемлемой частью общего здоровья человека, обуславливает нормальное функционирование зубочелюстной системы, влияет на эстетические параметры лица, психологическое состояние личности и качество жизни в целом. На стоматологическое здоровье оказывает воздействие совокупность факторов: пол, возраст, наличие соматических заболеваний, уровень физической активности, адаптационные возможности организма, экологическая обстановка, климатическая зона проживания, характер питания, уровень гигиены полости рта, доступность стоматологической помощи, социально-экономический фактор, уровень информированности населения относительно своего стоматологического статуса [1, 2]. Кариес, заболевания пародонта и зубочелюстные аномалии (ЗЧА) являются наиболее часто встречающимися стоматологическими заболеваниями. Согласно данным литературы, распространённость и интенсивность основных стоматологических заболеваний возрастают [3]. В России распространённость стоматологической патологии имеет выраженные географические различия с более высокими показателями на Севере, причём она значительно превышает таковую в соседних странах Северной Европы [4]. В настоящее время в мире значительно возрос интерес к изучению связи стоматологической и общесоматической патологий. Следует отметить, что не только соматическое заболевание влияет на состояние полости рта, но и стоматологические заболевания оказывают воздействие на соматическое здоровье [5, 6]. Многочисленными исследованиями доказана взаимосвязь заболеваний полости рта с патологией различных органов и систем [7], метаболическими [8] и иммунными нарушениями [9, 10]. Отмечается тенденция развития осложнений, утяжеления патологии у таких пациентов, что отрицательно сказывается на их качестве жизни [11].

Данные литературы свидетельствуют, что снижение распространённости и интенсивности стоматологических заболеваний может быть достигнуто путём введения программ профилактики [3] на индивидуальном, профессиональном и общественном уровнях [12], информатизации и повышения грамотности населения относительно стоматологического здоровья [13]. Глобальная программа ВОЗ по охране стоматологического здоровья направлена на наращивание исследовательского потенциала как основы политики в области охраны здоровья полости рта [12].

В данной статье описан дизайн исследования, целью которого является оценка стоматологического статуса взрослого населения г. Архангельска на репрезентативной выборке.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Поперечное исследование «Молекулярно-генетические маркеры реакции организма на коронавирусную

инфекцию и изменения микробиоты и метаболома человека в результате пандемии COVID-19» было проведено в период с 3 октября по 10 ноября 2022 г. Выборочная совокупность была сформирована из 1005 человек в возрасте от 42 до 76 лет и представлена участниками исследования сердечно-сосудистых заболеваний «Узнай своё сердце» в 2015–2017 гг. и ЭССЕ-РФ3 в 2021 г. Обе выборки выполнены случайным образом. Блок-схема формирования выборки представлены на рис. 1.

Приглашение участников осуществлялось посредством телефонных звонков сотрудниками, ранее лично контактировавшими с респондентами для повышения вероятности участия. На адреса части представителей первой группы приглашаемых, которым было невозможно дозвониться по телефону (152 человека), были развезены письма-приглашения, и, при возможности, были осуществлены устные приглашения при личном вручении письма. Перед началом исследования каждому из приглашённых была разъяснена процедура участия в исследовании и было предложено подписать добровольное информированное согласие, дающие возможность выбора различных условий участия, в том числе отказа от части его компонентов, после чего приглашённое лицо включалось в исследование. В общей сложности в исследовании приняло участие 463 человека, что соответствовало отклику на уровне 46,1%, 424 из которых (91,6%) согласились пройти стоматологическое обследование.

Сбор данных (обследование участников)

Обследование участников включало анкетирование, сбор биоматериала и стоматологическое обследование. Организационная схема обследования представлена на рис. 2.

Анкета общего состояния здоровья

Вопросы анкеты были разбиты на 14 блоков: возраст; пол; вес; прибавка/снижение веса за последний год; дата сбора биоматериала; анамнез; анамнез вакцинации от COVID-19; употребление антибиотиков за последние 3 месяца; заболевание COVID-19; употребляемые в настоящий момент лекарственные препараты; когда в последний раз болели ОРВИ; сколько раз в год обычно болеете ОРВИ; употребление алкоголя; вопросы для добровольцев женского пола относительно состояния беременности и менструаций.

Стоматологическое обследование

Стоматологическое обследование проводилось сотрудниками кафедры стоматологии детского возраста Северного государственного медицинского университета (СГМУ), предварительно прошедшими инструктаж по внесению данных, заполнению карты для оценки стоматологического статуса по методике ВОЗ, «Медицинской карты ортодонтического пациента» по форме № 043-1/у. Инструктаж был проведён специалистом, калибровка



Рис. 1. Блок-схема формирования выборки.

Fig. 1. Sampling procedure flowchart.

которого проводилась на базе кафедры профилактики стоматологических заболеваний ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава РФ 2017 г. («Эпидемиологическое стоматологическое обследование населения по критериям ВОЗ», удостоверение о повышении квалификации № 180001161034, регистрационный номер 148/10 от 28.02.2017) согласно правилам, рекомендованным ВОЗ для проведения эпидемиологических стоматологических исследований (методика ВОЗ, 2013 г.).

Оценка стоматологического статуса взрослых по методике ВОЗ [14]

На всех участников исследования заполнялась карта для оценки стоматологического статуса взрослых ВОЗ.

Карта состоит из следующих разделов: идентификационная информация обследования; общая информация; вне-ротовое состояние; состояние зубов; состояние тканей пародонта; потеря эпителиального прикрепления; флюороз эмали; эрозия зубов; травма зубов; поражение слизистой полости рта; наличие протезов; потребность в неотложной помощи; примечания. Осмотр полости рта проводился с помощью пародонтологического зонда и зеркала, при этом была проведена регистрация данных состояния каждого зуба, наличие или отсутствие травм зубов. Состояние зубов оценивалось с учётом критериев ВОЗ: методика подразумевает визуальное выявление кариозных поражений с помощью стоматологического зеркала без применения дополнительных инструментов. Применение данной методики не предусматривает регистрацию

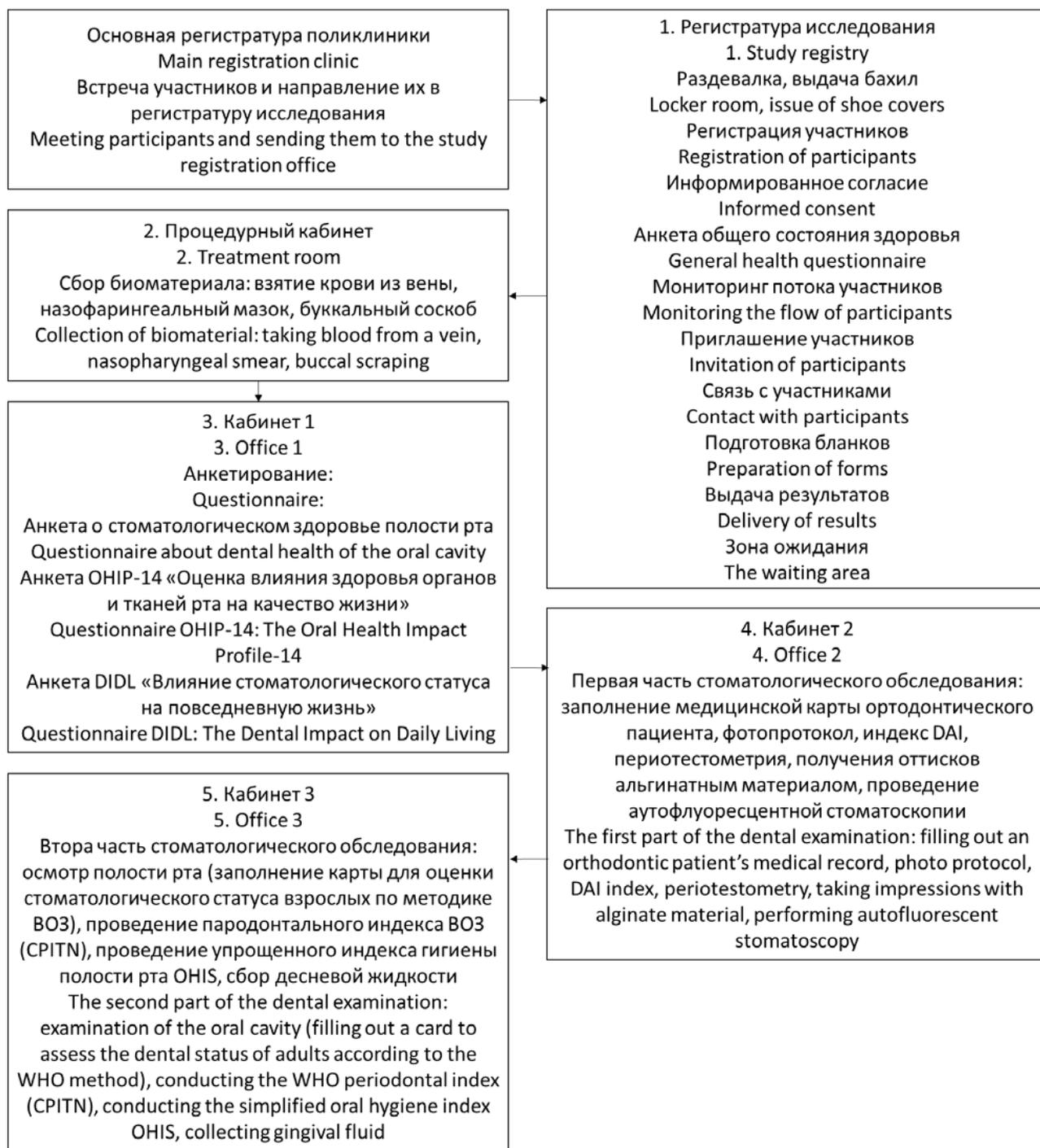


Рис. 2. Организационная схема обследования участников.
Fig. 2. Study participants examination flowchart.

начальных форм кариозного процесса (кариеса в стадии пятна) и разделение между осложнёнными и неосложнёнными формами кариозного процесса. При этом кариес регистрируется на уровне дентина. После оценки состояния каждого зуба рассчитывалась интенсивность кариозного процесса у каждого участника исследования. Для этого использовался индекс активности кариозного процесса (КПУ). Далее после регистрации кариозных, пломбированных и удалённых зубов рассчитывался индекс уровня стоматологической помощи (УСП).

Для оценки состояния тканей пародонта у всех исследуемых рассчитывался пародонтальный индекс ВОЗ (СРITN).

Оценка уровня гигиены полости рта осуществлялась с помощью упрощённого индекса гигиены полости рта ОНИС (Oral Hygiene Index Simplified). Для расчёта индекса использовался специальный индикатор «Колор-тест № 3» (АО «ОЭЗ «ВладМиВа»), предназначенный для выявления мягкого и твёрдого зубного налета. Основным компонент жидкости «Колор-тест № 3» — метиленовая синь.

Возможна оценка показателя в виде как количественного, так и категориального признака.

Карта осмотра по форме № 043-1/у «Медицинская карта ортодонтического пациента» (далее — ортодонтическая карта) заполнялась индивидуально на каждого участника исследования врачом-ортодонтом, титульный лист заполнялся при регистрации. Каждому обследованному присваивался ID номер для обеспечения анонимности и формирования единой базы данных. Если у участника выявлялись зубочелюстные аномалии, ему (ей) было предложено дополнительное обследование по поводу исправления ортодонтической патологии, на выполнение которого заполнялось отдельное информированное согласие. В ортодонтической карте отмечались характер течения заболевания, диагностические мероприятия, проводимые исследователем.

Анкета о стоматологическом здоровье полости рта, 2013 г. [14]

Данная анкета валидизирована и рекомендована к использованию для эпидемиологических исследований. В предложенном списке вопросов цель сбора данных фокусируется на доминантах социальной и окружающей среды с модификацией на различные факторы риска, формируемые в ходе жизни: вредные привычки (употребление алкоголя и курение), характер диеты (употребление углеводистой пищи, фруктов), отношение к гигиене полости рта (использование фторидов, использование предметов и средств гигиены полости рта), общее стоматологическое здоровье и отношение к нему. Вопросы из анкеты делятся на несколько блоков: общие идентифицирующие вопросы (пол, возраст, место проживания, место обследования); самооценка количества зубов; опыт снижения качества жизни из-за проблем в полости рта; наличие съёмных протезов; самооценка состояния зубов и дёсен; частота чистки зубов; использование средств гигиены полости рта; использование фторидосодержащей зубной пасты; время последнего визита к стоматологу; причина визита к стоматологу; характер питания; вредные привычки (алкоголь, табак); уровень образования. Для дальнейшего анализа используются следующие факторы: социально-демографические; самооценка здоровья полости рта; поведенческие факторы, связанные со здоровьем полости рта; характер питания.

Анкета ОНIP-14 «Оценка влияния здоровья органов и тканей рта на качество жизни» [15]

Данный опросник состоит из 14 вопросов, которые объединены в 7 разделов: функциональные ограничения; физическая боль; психологический дискомфорт; физическая нетрудоспособность; психическая нетрудоспособность; социальная нетрудоспособность; ограничение активности жизни. На вопросы анкеты предлагаются

следующие варианты ответов: 0 — «никогда», 1 — «очень редко», 2 — «редко», 3 — «часто», 4 — «очень часто». При анализе подсчитывается сумма ответов, которая варьируется от 0 до 56. Чем выше сумма полученных баллов, тем ниже уровень индекса.

Анкета DIDL «Влияние стоматологического статуса на повседневную жизнь» [16]

Данный опросник состоит из 36 вопросов, которые относятся к 5 разделам: внешний вид, комфорт, производительность, ограничения в питании, боль. Варианты ответов на вопросы: 0 — «никогда», 1 — «очень редко», 2 — «редко», 3 — «часто», 4 — «все время». При анализе учитывается сумма баллов в каждом аспекте.

Сбор десневой жидкости

Забор десневой жидкости производился до проведения любых лечебных и диагностических мероприятий в полости рта и на тканях пародонта. Перед забором обследуемый должен был тщательно прополоскать полость рта 10 мл дистиллированной воды в течение 5 минут. Исследуемый зуб, пародонт вокруг него и десневой желобок изолировались от слюны с помощью ватных валиков и высушивался. В желобок вводилась заранее приготовленная абсорбирующая полоска/бумажный абсорбирующий штифт на 5 минут. После проведения исследования полученный биоматериал был помещён в элюат, объёмом до 1 мл. Допускается хранение элюата при температуре -20°C на срок до 3 месяцев, при температуре -70°C — до 6 месяцев. Общее время проведения стоматологического осмотра, заполнения анкеты и забора биологического материала составляло 25–30 минут. Хранение биологического материала, полученного в ходе стоматологической части исследования, осуществляется в биобанке СГМУ.

Этические аспекты

Протокол исследования «Молекулярно-генетические маркеры реакции организма на коронавирусную инфекцию и изменения микробиоты и метаболома человека в результате пандемии COVID-19» в совокупности с протоколом дополнительного стоматологического исследования «Распространённость стоматологической патологии среди населения Арктической зоны Российской Федерации (на примере г. Архангельска) и ассоциированные характеристики микробного сообщества кишечника и респираторного тракта» получил одобрение независимого локального этического комитета Северного государственного медицинского университета (протокол № 07/09-22 от 28.09.2022).

Статистический анализ

Все данные обрабатывались в обезличенном формате на лицензионном программном обеспечении Stata 17 (Stata Corp, TX, USA). Оценивание категориальных признаков проводилось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона

и точного критерия Фишера в зависимости от количества ожидаемых значений в ячейках четырёх- и многопольных таблиц. Непрерывные переменные в ходе бивариантного анализа оценивались с помощью непарного критерия Стьюдента или критерия Манна–Уитни в зависимости от распределения, ранговые переменные — с помощью непараметрических критериев. Независимые статистические связи между непрерывным зависимым признаком и потенциальными предикторами изучались с помощью многомерного линейного регрессионного анализа. Возможно применение нелинейных моделей при несоблюдении условия линейности. Основным аналитическим методом для оценки независимых связей между дихотомическими исходами и потенциальными предикторами являлся многомерный логистический регрессионный анализ для сердечно-сосудистых заболеваний с распространённостью до 10% и регрессионный анализ Пуассона с робастной оценкой стандартных ошибок при распространённости исходов более 10%.

Статистическая мощность исследования

С учётом описанного дизайна исследования вместо расчёта необходимого объёма выборки был проведён анализ статистической мощности доступной выборки исследования эффектов COVID-19 для решения задач стоматологического исследования. Анализ статистической мощности проводился для ситуаций с различной распространённостью дихотомических исходов (результативных признаков) и дихотомических факторов риска (факторных признаков) для выявления отношения шансов 2,0 и выше при уровнях альфа- и бета-ошибок на уровне 5 и 20%, соответственно. Расчёты показали, что доступная выборка численностью 424 единицы наблюдения имеет статистическую мощность $\geq 80\%$, что позволяет выявить факторы риска, наличие которых увеличивает шансы исхода в два и более раз для всех комбинаций распространённости результативных признаков в диапазоне от 20 до 60% и факторных признаков в диапазоне от 30 до 70%.

ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование «Распространённость стоматологической патологии среди населения Арктической зоны Российской Федерации (на примере г. Архангельска) и ассоциированные характеристики микробного сообщества

кишечника и респираторного тракта» является примером междисциплинарного научного исследования. Собранные данные позволят оценить состояние стоматологического здоровья взрослого населения г. Архангельска в возрастном диапазоне от 40 до 75 лет, выявить распространённость зубочелюстных аномалий, взаимосвязь качества жизни и стоматологического статуса. У большинства участников обследования имеются данные общесоматических параметров, таким образом, можно проследить взаимосвязь данных характеристик и стоматологической патологии.

Результаты обследования будут использованы для разработки комплексных программ профилактики, направленных на устранение выявленных факторов риска стоматологической патологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование эффектов COVID-19 в г. Архангельске с включённой стоматологической частью позволит оценить параметры стоматологического и общесоматического статуса, полученные с помощью валидизированных методов оценки, на репрезентативной выборке взрослого населения г. Архангельска.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

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

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

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. All authors have made a significant contribution to the development of the concept of the study, drafting the text, its critical evaluation, editing and approval of the final version.

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

Patients' consent. Written consent was obtained from all the study participants before the study screening in according to the study protocol approved by the local ethic committee.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов В.А., Выборова П.С., Гордиенко А.А., и др. Качество жизни, связанное со стоматологическим здоровьем: исследование среди студентов медицинского университета в Арктической зоне России // Экология человека. 2020. Т. 27, №6. С. 46–57. doi: 10.33396/1728-0869-2020-6-46-57
2. Chaffee B.W., Rodrigues P.H., Kramer P.F., et al. Oral health-related quality-of-life scores differ by socioeconomic status and caries experience // Community Dentistry and Oral Epidemiology. 2017. Vol. 45, N 3. P. 216–224. doi: 10.1111/cdoe.12279

3. Авраимова О.Г. Улучшение стоматологического здоровья населения России как результат приоритета профилактики, диспансеризации и воспитания здорового образа жизни // *Стоматология*. 2016. Т. 95, № 6-2. С. 81–82.
4. Симакова А.А., Горбатова М.А., Гржибовский А.М., Горбатова Л.Н. Распространённость зубочелюстных аномалий и нуждаемость в ортодонтическом лечении 15-летних подростков Архангельской области // *Стоматология детского возраста и профилактика*. 2021. Т. 21, № 4. С. 251–256. doi: 10.33925/1683-3031-2021-21-4-251-256
5. Kapila Y.L. Oral health's inextricable connection to systemic health: Special populations bring to bear multimodal relationships and factors connecting periodontal disease to systemic diseases and conditions // *Periodontology 2000*. 2021. Vol. 87, N 1. P. 11–16. doi: 10.1111/prd.12398
6. Tavares M., Lindefield Calabi K.A., San Martin L. Systemic diseases and oral health // *Dental Clinics of North America*. 2014. Vol. 58, N 4. P. 797–814. doi: 10.1016/j.cden.2014.07.005
7. Jin L.J., Lamster I.B., Greenspan J.S., et al. Global burden of oral diseases: emerging concepts, management and interplay with systemic health // *Oral Diseases*. 2016. Vol. 22, N 7. P. 609–619. doi: 10.1111/odi.12428
8. Kudiyirickal M.G., Pappachan J.M. Diabetes mellitus and oral health // *Endocrine*. 2015. Vol. 49, N 1. P. 27–34. doi: 10.1007/s12020-014-0496-3
9. Benli M., Batool F., Stutz C., et al. Orofacial manifestations and dental management of systemic lupus erythematosus: A review // *Oral Diseases*. 2021. Vol. 27, N 2. P. 151–167. doi: 10.1111/odi.13271
10. Peacock M.E., Arce R.M., Cutler C.W. Periodontal and other oral manifestations of immunodeficiency diseases // *Oral Diseases*. 2017. Vol. 23, N 7. P. 866–888. doi: 10.1111/odi.12584
11. Carrizales-Sepúlveda E.F., Ordaz-Farías A., Vera-Pineda R., Flores-Ramírez R. Periodontal Disease, Systemic Inflammation and the Risk of Cardiovascular Disease // *Heart, Lung and Circulation*. 2018. Vol. 27, N 11. P. 1327–1334. doi: 10.1016/j.hlc.2018.05.102
12. Petersen P.E. Global policy for improvement of oral health in the 21st century — implications to oral health research of World Health Assembly 2007, World Health Organization // *Community Dentistry and Oral Epidemiology*. 2009. Vol. 37, N 1. P. 1–8. doi: 10.1111/j.1600-0528.2008.00448.x
13. Ахмедова Н.А. Анализ самооценки стоматологического здоровья пациентов с частичным отсутствием зубов // *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2020. Т. 28, № 2. С. 291–293. doi: 10.32687/0869-866X-2020-28-2-291-293
14. Всемирная организация здравоохранения. Стоматологическое обследование: основные методы – 5 издание. Москва : МГМСУ, 2016, 136 с.
15. Slade G.D. Derivation and validation of a short-form oral health impact profile // *Community Dentistry and Oral Epidemiology*. 1997. Vol. 25, N 4. P. 284–290. doi: 10.1111/j.1600-0528.1997.tb00941.x
16. Deepan Kumar C.V., Mohamed S., Janakiram C., Joseph J. Validation of dental impact on daily living questionnaire among tribal population of India // *Contemporary Clinical Dentistry*. 2015. Vol. 6, Suppl 1. P. S235–241. doi: 10.4103/0976-237X.166841
17. Симакова А.А., Горбатова Л.Н., Горбатова М.А., и др. Распространённость зубочелюстных аномалий у взрослого населения России и стран бывшего СССР: систематический обзор // *Ортодонтия*. 2022. № 4. С. 6–11.
18. Юшманова Т.Н., Образцов Ю.Л. Стоматологическое здоровье населения Европейского Севера России. Архангельск : Издательский центр СГМУ, 2001. 233 с.
19. Кузьмина Э.М., Янушевич О.О., Кузьмина И.Н. Стоматологическая заболеваемость населения России. Москва : МГМСУ, 2019. 304 с.
20. Кузьмина Э.М., Кузьмина И.Н., Васина С.А., Смирнова Т.А. Стоматологическая заболеваемость населения России. Состояние твёрдых тканей зубов. Распространённость зубочелюстных аномалий. Потребность в протезировании. Москва : МГМСУ, 2009. 236 с.
21. Драчев С.Н., Попов В.А., Симакова А.А., и др. Оценка стоматологического здоровья участников исследования «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в регионах Российской Федерации. Третье обследование» в Архангельской области: профиль исследования // *Экология человека*. 2022. Т. 29, № 7. С. 513–526. doi: 10.17816/humeco109191
22. Чаплиева Е.М., Старикова И.В. Выявление причин немотивированного отношения к сохранению стоматологического здоровья у лиц молодого возраста // *Colloquium Journal*. 2019. № 19-2(43). С. 63–65.

REFERENCES

1. Popov VA, Vyborova PS, Gordienko AA, et al. Oral health-related quality of life among students of the medical university in the Russian Arctic. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2020;27(6):46–57. doi: 10.33396/1728-0869-2020-6-46-57
2. Chaffee BW, Rodrigues PH, Kramer PF, et al. Oral health-related quality-of-life scores differ by socioeconomic status and caries experience. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*. 2017;45(3):216–224. doi: 10.1111/cdoe.12279
3. Авраимова О.Г. Улучшение стоматологического здоровья населения России как результат приоритета профилактики, диспансеризации и воспитания здорового образа жизни. *Стоматология*. 2016;95(6-2):81–82. (In Russ).
4. Simakova AA, Gorbatova MA, Grijbovski AM, Gorbatova LN. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment needs among 15-year-old adolescents of the Arkhangelsk region. *Pediatric dentistry and dental prophylaxis*. 2021;21(4):251–256. (In Russ). doi: 10.33925/1683-3031-2021-21-4-251-256
5. Kapila YL. Oral health's inextricable connection to systemic health: Special populations bring to bear multimodal relationships and factors connecting periodontal disease to systemic diseases and conditions. *Periodontology 2000*. 2021;87(1):11–16. doi: 10.1111/prd.12398
6. Tavares M, Lindefield Calabi KA, San Martin L. Systemic diseases and oral health. *Dental Clinics of North America*. 2014;58(4):797–814. doi: 10.1016/j.cden.2014.07.005

7. Jin LJ, Lamster IB, Greenspan JS, et al. Global burden of oral diseases: emerging concepts, management and interplay with systemic health. *Oral Diseases*. 2016;22(7):609–619. doi: 10.1111/odi.12428
8. Kudiyirickal MG, Pappachan JM. Diabetes mellitus and oral health. *Endocrine*. 2015;49(1):27–34. doi: 10.1007/s12020-014-0496-3
9. Benli M, Batool F, Stutz C, et al. Orofacial manifestations and dental management of systemic lupus erythematosus: A review. *Oral Diseases*. 2021;27(2):151–167. doi: 10.1111/odi.13271
10. Peacock ME, Arce RM, Cutler CW. Periodontal and other oral manifestations of immunodeficiency diseases. *Oral Diseases*. 2017;23(7):866–888. doi: 10.1111/odi.12584
11. Carrizales-Sepúlveda EF, Ordaz-Farías A, Vera-Pineda R, Flores-Ramírez R. Periodontal Disease, Systemic Inflammation and the Risk of Cardiovascular Disease. *Heart, Lung and Circulation*. 2018;27(11):1327–1334. doi: 10.1016/j.hlc.2018.05.102
12. Petersen PE. Global policy for improvement of oral health in the 21st century — implications to oral health research of World Health Assembly 2007, World Health Organization. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*. 2009;37(1):1–8. doi: 10.1111/j.1600-0528.2008.00448.x
13. Akhmedova NA. The analysis of self-evaluation of stomatological health in patients with partial absence of teeth. *Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine*. 2020;28(2):291–293. doi: 10.32687/0869-866X-2020-28-2-291-293
14. World Health Organization. *Oral health surveys: basic methods – 5th ed*. Moscow: MSUMD; 2016. 136 p.
15. Slade GD. Derivation and validation of a short-form oral health impact profile. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*. 1997;25(4):284–290. doi: 10.1111/j.1600-0528.1997.tb00941.x
16. Deepan Kumar CV, Mohamed S, Janakiram C, Joseph J. Validation of dental impact on daily living questionnaire among tribal population of India. *Contemporary Clinical Dentistry*. 2015;6Suppl 1:S235–241. doi: 10.4103/0976-237X.166841
17. Simakova AA, Gorbatova LN, Gorbatova MA, et al. Systematic review of the prevalence of dentoalveolar anomalies in adults in Russia and other former soviet republics. *Orthodontia*. 2022;(4):6–11. (In Russ).
18. Yushmanova TN, Obratsov UL. *Stomatologicheskoe zdorov'e naseleniya Evropejskogo Severa Rossii*. Arkhangelsk: Northern state medical university; 2001. 233 p. (In Russ).
19. Kuzmina EM, Yanushevich OO, Kuzmina IN. *Stomatologicheskaya zabolevaemost' naseleniya Rossii*. Moscow: MSUMD; 2019. 304 p. (In Russ).
20. Kuz'mina JeM, Kuz'mina IN, Vasina SA, Smirnova TA. *Stomatologicheskaya zabolevaemost' naseleniya Rossii. Sostoyanie tvordyh tkanej zubov. Rasprostranyonnost' zubochelyustnyh anomalij. Potrebnost' v protezirovanii*. Moscow: MSUMD; 2009. 236 p. (In Russ).
21. Drachev SN, Popov VA, Simakova AA, et al. Study profile: oral health assessment among participants of "Epidemiology of cardiovascular diseases in Russian regions. Third study" in the Arkhangelsk region. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(7):513–526. doi: 10.17816/humeco109191
22. Chaplieva EM, Starikova IV. Identifying the reasons of unmotivated attitude to preservation of dental health persons of young age. *Colloquium-Journal*. 2019;19-2(43):63–65.

ОБ АВТОРАХ

* **Симакова Анна Александровна**, ассистент;
адрес: Россия, 163069, Архангельск, пр-т Троицкий, д. 51;
ORCID: 0000-0001-8883-9254;
eLibrary SPIN: 2971-2925;
e-mail: doctororto@yandex.ru

Кудрявцев Александр Валерьевич, PhD;
ORCID: 0000-0001-8902-8947;
eLibrary SPIN: 9296-2930;
e-mail: ispha09@gmail.com

Горбатова Мария Александровна, канд. мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-6363-9595;
eLibrary SPIN: 7732-0755;
e-mail: marigora@mail.ru

Драчев Сергей Николаевич, канд. мед. наук, PhD, доцент;
ORCID: 0000-0002-1548-690X;
eLibrary SPIN: 3879-8612;
e-mail: drachevsn@mail.ru

Юшманова Татьяна Николаевна, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-4476-9546;
eLibrary SPIN: 3549-8593;
e-mail: yushmanowa.tatiana@yandex.ru

AUTHORS' INFO

* **Anna A. Simakova**, assistant lecturer;
address: 51 Troitsky avenue, 163069, Arkhangelsk, Russia;
ORCID: 0000-0001-8883-9254;
eLibrary SPIN: 2971-2925;
e-mail: doctororto@yandex.ru

Alexander V. Kudryavtsev, PhD;
ORCID: 0000-0001-8902-8947;
eLibrary SPIN: 9296-2930;
e-mail: ispha09@gmail.com

Maria A. Gorbatova, MD, Cand. Sci. (Medicine), MPH,
associate professor;
ORCID: 0000-0002-6363-9595;
eLibrary SPIN: 7732-0755;
e-mail: marigora@mail.ru

Sergei N. Drachev, MD, Cand. Sci. (Medicine), MPH, PhD,
associate professor, researcher;
ORCID: 0000-0002-1548-690X;
eLibrary SPIN: 3879-8612;
e-mail: drachevsn@mail.ru

Tatiana N. Yushmanova, MD, Dr. Sci. (Medicine), professor;
ORCID: 0000-0002-4476-9546;
eLibrary SPIN: 3549-8593;
e-mail: yushmanowa.tatiana@yandex.ru

Подрезова Анастасия Валерьевна, ассистент;
ORCID: 0000-0002-8255-1564;
e-mail: podrezova_99@mail.ru

Гржибовский Андрей Мечиславович, PhD;
ORCID: 0000-0002-5464-0498;
eLibrary SPIN: 5118-0081;
e-mail: a.grjibovski@yandex.ru

Горбатова Любовь Николаевна, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0003-0675-3647;
eLibrary SPIN: 8037-5341;
e-mail: info@nsmu.ru

Anastasia V. Podrezova, assistant lecturer;
ORCID: 0000-0002-8255-1564;
e-mail: podrezova_99@mail.ru

Andrej M. Grjibovski, MD, MPhil, PhD;
ORCID: 0000-0002-5464-0498;
eLibrary SPIN: 5118-0081;
e-mail: a.grjibovski@yandex.ru

Lyubov N. Gorbatova, MD, Dr. Sci. (Medicine), professor;
ORCID: 0000-0003-0675-3647;
eLibrary SPIN: 8037-5341;
e-mail: info@nsmu.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author