

ISSN 1728-0869

# ЭКОЛОГИЯ



## ЧЕЛОВЕКА

**EKOLOGIYA CHELOVEKA  
(HUMAN ECOLOGY)**

Volume 29, Issue 7, 2022

# 7

Том 29

2022

**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, 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

Вёрстка: О.В. Устинкова

Перевод: А.А. Богачев

Сдано в набор 01.09.2022.

Подписано в печать 12.09.2022.

Формат 60 × 88%. Печать офсетная.

Заказ 2-5745-1v. Цена свободная.

Печ. л. 8,75. Уч.-изд. л. 8,1. Усл. печ. л. 4,8.

Тираж 300 экз.

Отпечатано в ООО «Типография Экспресс В2В»

191180, Санкт-Петербург, наб. реки Фонтанки,

д. 104, лит. А, пом. 3Н, оф. 1.

Тел.: +7 (812) 646 33 77

**ПОДПИСКА:**

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

**OPEN ACCESS:**

В электронном виде журнал распространяется бесплатно — в режиме немедленного открытого доступа.

**ОТДЕЛ РЕКЛАМЫ:**

Тел.: +7(495) 308-83-89

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

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

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

16+

Экология человека. 2022. Т. 29, № 7.

# ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Ежемесячный научный рецензируемый журнал

Том 29 • № 7 • 2022

Основным направлением деятельности журнала является публикация результатов научных исследований, посвященных 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 включен 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), А. В. Грибанов (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. Чашин (Санкт-Петербург), В. А. Черешнев (Москва), З. Ши (Катар), К. Ю (Китай), К. Янг (Канада)

# 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 29 • Issue 7 • 2022

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), A. V. Gribanov (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)



ECO • VECTOR

#### FOUNDERS:

- Northern State Medical University;
- Eco-Vector

#### PUBLISHER:

Eco-Vector

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

191186, Saint Petersburg Russian Federation

E-mail: [info@eco-vector.com](mailto: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](mailto: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 (495) 308 83 89

E-mail: [adv@eco-vector.com](mailto:adv@eco-vector.com)

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

# СОДЕРЖАНИЕ

---

## Научный обзор

- А.В. Васильева, Н.Г. Незнанов, А.Г. Соловьев  
Ментальная экология в структуре пандемии COVID-19 (обзор литературы) ..... 461

## Оригинальные исследования

- А.С. Галиева, Н.В. Давидович, А.С. Оправин, Т.А. Бажукова,  
Л.Л. Шагров, Е.Н. Башилова, Т.Ю. Гагарина*  
Эндозкология полости рта и цитоморфологические особенности буккального эпителия у лиц с воспалительными заболеваниями пародонта ..... 471
- Н.В. Зайцева, Т.С. Уланова, А.В. Недошитова, Г.А. Вейхман, М.В. Волкова, Е.В. Стенно*  
Применение метода масс-спектрометрии для оценки содержания эссенциальных и токсичных элементов в крови неэкспонированного взрослого населения Российской Федерации. .... 481
- В.К. Ковальчук, С.Д. Истомин, В.Н. Матвеева, Д.Э. Шалом, Е.Р. Янбарисова*  
Гигиеническая оценка многолетней динамики показателей суточного потребления доочищенной питьевой воды подростковым населением во Владивостоке ..... 493
- Е.А. Чанчаева, В.С. Лапин, К.М. Ыжикова*  
Количественное содержание меди в в мелкодисперсных и твёрдых частицах снега и волосах населения Горно-Алтайска. .... 501

## Протокол исследования

- С.Н. Драчев, В.А. Попов, А.А. Симакова, М.А. Горбатова, А.В. Кудрявцев, Л.Л. Шагров,  
Д.А. Попова, А.М. Гржибовский, А.В. Концевая, Т.Н. Юшманова, Л.Н. Горбатова*  
Оценка стоматологического здоровья участников исследования «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в регионах Российской Федерации. Третье обследование» в Архангельской области: профиль исследования. .... 513

# CONTENTS

---

## Review

- A.V. Vasileva, N.G. Neznanov, A.G. Soloviev*  
Mental ecology in the structure of the COVID-19 pandemic (review) ..... 461

## Original Study Article

- A.S. Galieva, N.V. Davidovich, A.S. Opravin, T.A. Bazhukova, L.L. Shagrov, E.N. Bashilova, T.J. Gagarina*  
Endoecology of the oral cavity and cytomorphological features of buccal epithelium in people with inflammatory periodontal diseases ..... 471

- N.V. Zaitseva, T.S. Ulanova, A.V. Nedoshitova, G.A. Veikhman, M.V. Volkova, E.V. Stenno*  
Application inductively coupled plasma mass spectrometry for assessing the content of essential and toxic elements in whole blood of unexposed adults in the Russian Federation ..... 481

- V.K. Koval'chuk, S.D. Istomin, V.N. Matveeva, D.E. Shalom, E.R. Yanbarisova*  
Hygienic evaluation of long-term dynamics of post treated drinking water daily consumption indicators by adolescent population in Vladivostok ..... 493

- E.A. Chanchaeva, V.S. Lapin, K.M. Yzhikova*  
Quantitative analyses of copper in fine and solid particles of snow and hair in the population of Gorno-Altaysk. .... 501

## Clinical Trial Protocol

- S.N. Drachev, V.A. Popov, A.A. Simakova, M.A. Gorbatova, A.V. Kudryavtsev, L.L. Shagrov, D.A. Popova, A.M. Grjibovski, A.V. Kontsevaya, T.N. Yushmanova, L.N. Gorbatova*  
Study profile: oral health assessment among participants of "Epidemiology of cardiovascular diseases in Russian regions. Third study" in the Arkhangelsk region. .... 513

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco81183>

# Ментальная экология в структуре пандемии COVID-19 (обзор литературы)

А.В. Васильева<sup>1,2</sup>, Н.Г. Незнанов<sup>1,3</sup>, А.Г. Соловьев<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева, Санкт-Петербург, Российская Федерация;

<sup>2</sup> Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Российская Федерация;

<sup>3</sup> Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Российская Федерация;

<sup>4</sup> Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

В настоящее время накоплено достаточно данных о негативном влиянии пандемии COVID-19 и её социально-экономических последствий на психическое здоровье человека и ментальную экологию в целом. Успех стратегий общественного здравоохранения в борьбе с пандемиями определяется в том числе психологическими факторами и ментальными ценностями, преобладающими в сообществе.

Принадлежность к определённым социальным или профессиональным группам во многом определяет поведение человека в отношении новой коронавирусной инфекции в рамках принятых общественных норм. В обзоре систематизированы особенности психологического реагирования представителей различных социальных, профессиональных и национальных групп в период пандемии COVID-19 в рамках основных положений ментальной экологии.

В качестве методической базы использованы документы Всемирной организации здравоохранения и открытых источников баз данных Scopus и Web of Science по вопросам психического здоровья населения в условиях пандемии COVID-19.

Показан значительный рост адаптационных и тревожно-депрессивных нарушений в период пандемии COVID-19. Среди специфических психических феноменов, ассоциированных с пандемией, выявлены коронафобия, COVID-19-стрессовый синдром, проявления ковид-диссидентства с вовлечённостью в конспирологические теории и мифологическое мышление. Установлены негативное влияние инфодемии на ментальную экологию, а также на приверженность противоэпидемическим мерам и готовность к вакцинации. Продемонстрированы негативные тенденции в сообществах, где максимальный риск заражения и летального исхода связан с низкой приверженностью в отношении эпидемиологических мер и отказом от вакцинации.

На основании анализа отечественных и международных данных по воздействию чрезвычайной ситуации (пандемии COVID-19) на психику человека отмечен её значимый неблагоприятный вклад в общую ментальную экологию. Обоснована необходимость разработки специальных лечебных и психопрофилактических программ, направленных на совладание со стрессовым воздействием пандемии и терапию аффективных нарушений, противодействие инфодемии и усиление поведенческих паттернов для поддержания психического здоровья и благополучия человека.

**Ключевые слова:** пандемия COVID-19; ментальная экология; коронафобия; инфодемия; COVID-19-стрессовый синдром.

## Как цитировать:

Васильева А.В., Незнанов Н.Г., Соловьев А.Г. Ментальная экология в структуре пандемии COVID-19 (обзор литературы) // Экология человека. Т. 29, № 7. С. 461–469. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco81183>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco81183>

# Mental ecology in the structure of the COVID-19 pandemic (review)

Anna V. Vasileva<sup>1,2</sup>, Nikolay G. Neznanov<sup>1,3</sup>, Andrey G. Soloviev<sup>4</sup>

<sup>1</sup> V.M. Bekhterev National Research Medical Center for Psychiatry and Neurology, Saint Petersburg, Russian Federation;

<sup>2</sup> North-Western State Medical University after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russian Federation;

<sup>3</sup> Pavlov University, Saint Petersburg, Russian Federation;

<sup>4</sup> Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation

## ABSTRACT

Currently, sufficient data are available on the negative impact of the COVID-19 pandemic and its socio-economic consequences on human mental health and the mental ecology in general. The success of public health strategies to cope with pandemics is largely determined by psychological factors and the mental values prevailing in the community at large.

The present review systematized the psychological response features of various social, professional, and national representatives during the COVID-19 period within the framework of the main mental ecology provisions.

The review methodology was based on the World Health Organization documents and open sources of the Scopus and Web of Science databases on the population's mental health under COVID-19 pandemic conditions.

A significant increase in adaptive and anxiety-depressive disorders was noted during the COVID-19 pandemic. Among the specific mental phenomena associated with the pandemic, coronaphobia, COVID-19-stress syndrome, covid-dissidence manifestations with the involvement of conspiracy theories, and mythological thinking were identified. The negative infodemia impact on the mental ecology, as well as the adherence to anti-epidemic measures and readiness for vaccination, were also established. Negative trends were demonstrated in communities where the maximum infection and death risk were associated with low adherence to the epidemiological measures and refusal to vaccination.

It was revealed that belonging to certain social or professional groups largely determines a person's behavior in relation to a new coronavirus infection within the framework of accepted social norms. Based on the analysis of a large domestic and international data number on the impact of the COVID-19 pandemic emergency on the human psyche, its significant adverse contribution to the overall mental ecology was noted. The necessity of developing special therapeutic and psycho-prophylactic programs aimed at coping with the stress pandemic impact and treatment of affective disorders, countering infodemia, and strengthening behavioral patterns to maintain mental health and personal well-being is substantiated.

**Keywords:** COVID-19 pandemic; mental ecology; coronaphobia; infodemia; COVID-19-stress syndrome.

## To cite this article:

Vasileva AV, Neznanov NG, Soloviev AG. Mental ecology in the structure of the COVID-19 pandemic (review). *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(7):461–469. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco81183>

## ВВЕДЕНИЕ

Пандемия COVID-19, разразившаяся в начале 2020 года, уже унесла непредставимое для инфекционного заболевания в XXI столетии количество жизней, в значительной степени изменила жизнедеятельность людей и сообществ, лишив их возможностей, входивших ранее в повседневный образ жизни. Для многих эта ситуация обусловила потерю социального статуса и материального благополучия. Помимо угрозы физическому здоровью, пандемия так или иначе повлияла на психику каждого человека [1, 2]. Ранее [3–6] была определена степень значимости психологических особенностей больных в генезе соматических заболеваний, но уже в начале пандемии COVID-19 китайские специалисты, проведя оценку её психологических последствий, выявили, что 53,8% респондентов оценили их как умеренные или тяжёлые; при этом тревожные нарушения имели пролонгированный характер и сохранялись даже после нормализации эпидемиологической обстановки.

Особенно уязвимыми в плане развития адаптационных нарушений становятся лица (в частности, с наличием психических нарушений в анамнезе), проживающие на территории с высокой заболеваемостью коронавирусной инфекцией, не имеющие социальной поддержки, столкнувшиеся с серьёзными материальными трудностями, потерявшие работу или источники стабильного дохода, а также продолжающие выполнение функциональных обязанностей среди широких масс населения в силу профессиональной необходимости [7–11].

В обзоре проведена систематизация особенностей психологического реагирования представителей различных социальных, профессиональных и национальных групп в период пандемии COVID-19 в рамках основных положений ментальной экологии.

В качестве методической базы авторы использовали документы Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и открытых источников баз данных Scopus и Web of Science по вопросам психического здоровья населения в условиях пандемии COVID-19. В анализ включали только исследования с количественными данными, причём в связи со стремительным ростом числа работ анализировали как уже опубликованные источники, так и препринты на русском и английском языках. Поиск осуществляли по комбинации следующих ключевых слов-синонимов в сочетании с контрольным вокабуляром в базе данных: COVID-19, пандемия, стресс, тревога, депрессия, ментальная экология, инфодемия, вакцинация.

## СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ПСИХИЧЕСКИЕ ФЕНОМЕНЫ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С ПАНДЕМИЕЙ COVID-19

Пандемия COVID-19 является ментально-экологической катастрофой, подрывающей базовые человеческие

убеждения о безопасности и предсказуемости окружающей действительности. Такие социально неэкологичные для психики тенденции в современном обществе, как стремление к гиперконтролю и непереносимость неопределённости, в значительной степени снижают адаптационный потенциал личности и повышают риск развития психических нарушений [12, 13].

### COVID-19 и спектр психических расстройств

Как любая чрезвычайная ситуация, пандемия может быть причиной широкого спектра адаптационных нарушений — от острой реакции на стресс до посттравматического стрессового расстройства, что подчёркивает коллективный характер психотравмы с расколом общества на ковид-диссидентов, представителей конспирологических теорий и лиц, следующих рекомендациям врачей [14, 15].

Из предыдущего опыта [16] хорошо известно, что успех стратегий общественного здравоохранения для совладания с эпидемиями и пандемиями, включающих соблюдение противоэпидемических правил, гигиенических мер и социального дистанцирования; предупреждение населения о рисках заболевания; вакцинацию и приверженность терапии, во многом определяется психологическими факторами и ментальными ценностями, преобладающими в сообществе. Отношение к своему здоровью и проявление конструктивной тревоги — залог успешности проводимых мероприятий. Задача организаторов здравоохранения и других лиц, принимающих ответственные решения, — учёт факторов ментальной экологии, в частности беспокойства о здоровье, в планировании мероприятий, направленных на борьбу с пандемией COVID-19 [17, 18].

Принадлежность к определённым социальным или профессиональным группам во многом определяет поведение человека в отношении новой коронавирусной инфекции в рамках принятых общественных норм. В связи с этим организационные и профилактические мероприятия должны учитывать ментальные особенности сообществ и быть ориентированы на создание ментальной среды, где здоровье индивида становится значимой ценностью.

Проведённые в первую волну пандемии исследования показали, что лица, испытывавшие более высокий уровень психологического дистресса, в большей степени придерживались необходимых мер безопасности [19, 20]. Однако в ряде случаев страх заболеть коронавирусной инфекцией достигал уровня тревожного расстройства, переживания приобретали навязчивый характер, снижалась работоспособность, нарушалось социальное функционирование. Для оценки страхов, ассоциированных с COVID-19, были созданы и апробированы специальные инструменты, позволившие выявить новый социально значимый синдром — коронафобию (навязчивый страх заболеть коронавирусной инфекцией), пополнивший список известных нозофобий [21, 22].



В результате исследования психического благополучия в период пандемии установлено, что распространённость эмоциональных нарушений во многом превосходит собственно число заболевших новой коронавирусной инфекцией. S. Taylor с соавт. [23] описали COVID-19-стрессовый синдром, включающий набор страхов различного содержания, обсессивные действия, невозможность успокоиться при активных попытках «взять себя в руки», повторные переживания травматического опыта, вариативные стратегии избегания неприятных переживаний и панический импульсивный шопинг. В этот стресс-синдром были дополнительно добавлены беспокойство о финансовых трудностях и ксенофобия, более характерная для начала пандемии, где представители определённых национальностей идентифицировались с угрозой распространения инфекции. При этом недостаточная осведомлённость о проявлениях психических нарушений приводила к деструктивным вариантам психической разгрузки, таким как злоупотребление алкоголем и переедание, при практически нулевой обращаемости к специалистам в области психического здоровья.

Эпидемиологическое лонгитюдное исследование в Великобритании, начавшееся весной 2020 года и охватившее 17 452 респондента [24], убедительно показало, что ментальная экология значительно пострадала в период пандемии. Уровень психического дистресса вырос с 18,9% в 2018–2019 гг. до 27,3% в апреле 2020 года. Результаты оценки психического благополучия и эмоциональной стабильности по опроснику общего здоровья ВОЗ (GHQ-12) были на 0,48 пунктов выше прогнозируемого показателя при сохранении выявленной в 2014–2018 гг. траектории (12,6 в 2020 году по сравнению с 11,5 в 2018–2019 гг.). В качестве основных групп риска развития тревожно-депрессивных расстройств выделены молодые люди в возрасте 18–24 и 25–34 лет, женщины и родители с маленькими детьми. Таким образом, в зону риска попадают группы населения, с которыми во многом связано будущее планеты, что требует разработки целенаправленных психопрофилактических программ.

Крупный международный анализ опубликованных исследований по проблемам психического здоровья в период пандемии, проведённый M. Sallam с соавт. [25], показал, что далеко не все страны публикуют качественные исследования по данной теме, и это ограничивает возможности профилактики, однако среди наиболее актуальных проблем отмечаются симптомы тревоги и депрессии (16–28%) и повышенный уровень стресса (8%).

Изучение влияния пандемии на психическое здоровье в странах Евросоюза в последующем было расширено, и в фокусе внимания оказались здоровье, благополучие и финансовая стабильность, а использованная шкала психического благополучия ВОЗ выявила значительное снижение показателей психического благополучия среди тех, кто потерял работу. Весной 2021 года общее увеличение негативных переживаний тревоги, внутреннего

напряжения, одиночества, депрессии и безнадёжности было зафиксировано практически во всех социальных группах [26].

## COVID-19 и инфодемия

Особое влияние на ментальную экологию оказывает современное информационное пространство. Уже на одной из первых пресс-конференций, посвящённых пандемии COVID-19, директор ВОЗ Тедрос Гебреисус чётко обозначил, что бороться приходится не только с эпидемией COVID-19, но и с инфодемией. Термин «инфодемия» обозначает массивное неконтролируемое распространение непроверенной и противоречивой информации о чрезвычайной ситуации биолого-социального характера и появление фейковых новостей, которые распространяются легче и быстрее, чем сам вирус, провоцируя тревогу и общественные спекуляции. Появлению этого термина мы обязаны эпидемии атипичной пневмонии в 2003 году, сопровождавшейся распространением непроверенной информации часто катастрофического содержания, что провоцировало психологический дистресс, но в пандемию COVID-19 инфодемия приобрела беспрецедентный характер [27, 28].

Для нормализации ментальной экологии человека междисциплинарная команда сосредоточила свои усилия на поиске и разработке эффективных инструментов по управлению инфодемией. В программе выступили представители учреждений ООН и органов здравоохранения, а также следующих дисциплин [29, 30]:

- эпидемиология и общественное здравоохранение;
- прикладная математика, анализ и обработка данных;
- цифровое здравоохранение и применение новых технологий;
- социальные и поведенческие науки;
- исследования в области СМИ и журналистики;
- маркетинг, пользовательское взаимодействие и дизайн приложений;
- информирование о рисках и связи с общественностью;
- этика и надлежащее управление;
- другие соответствующие научные дисциплины и области практической деятельности.

Неоднократно подчёркивалось, что информация должна быть экологичной, открытой и прозрачной, был определён круг проблем, связанный с выделением достоверной доказательной информации, формированием правильного коммуникативного стиля. В дальнейшем ВОЗ стала регулярно проводить вебинары для специалистов по противодействию инфодемии, работая рука об руку с правительствами и профессионалами в области психического здоровья разных стран [31].

Виртуальное пространство служит основной площадкой общения и получения информации для миллионов людей, и происходящее в нём, безусловно, относится

к значимым составляющим ментальной экологии. С одной стороны, созданные международные научные библиотеки COVID-19, где размещены полнотекстовые версии статей с результатами исследований, являются беспрецедентным примером солидарности и консолидации усилий специалистов со всего мира по борьбе с пандемией, с другой стороны, мы наблюдаем распространение недостоверной информации и конспирологических теорий для получения дополнительной аудитории и деструктивного реагирования на собственное эмоциональное напряжение [32, 33].

В проведённом в Китае в начале пандемии исследовании влияния социальных сетей на уровень тревоги и депрессии с использованием мультивариантной логистической регрессии для определения ассоциации между использованием социальными сетями и психическим неблагополучием [34] установлено преобладание тревоги, депрессии и смешанных тревожно-депрессивных состояний в период вспышки COVID-19 в Ухане, при этом более 80% респондентов сообщили о частом обращении за информацией в социальные сети. Интенсивность аффективных нарушений положительно коррелировала с интенсивностью использования социальных сетей.

В отечественном исследовании по психологическому содержанию тревоги в условиях инфодемии [35] сделан акцент на том, что мониторинг ситуации и обмен информацией в условиях чрезвычайной ситуации пандемии являются защитной реакцией и непосредственно связаны с уровнем тревоги. Информационное поле инфодемии само по себе создаёт порочный круг, что определяет дополнительно 10,8% дисперсии тревоги заражения и 10,6% дисперсии тревоги негативных последствий пандемии. Указывается на острую необходимость проведения качественных исследований с использованием анализа открытых ответов для оценки переживаний, связанных с неэкологичным пандемическим информационным полем, изменениями в области ментальной экологии, вызванными переменами в образе жизни, усилением дигитального контроля, с общим недоверием врачам и официальным источникам информации и развитием конспирологических теорий.

## COVID-19 и отношение к вакцинации

Особо значимой проблемой, существующей в поле ментальной экологии и непосредственно влияющей на длительность пандемии и уровень смертности, является отношение к вакцинации. ВОЗ введён специальный термин «вакцинные сомнения» — несвоевременность или отказ от вакцинации вопреки её доступности [36] — в связи со вспышками инфекционных заболеваний, которые уже считались побеждёнными. Проблемы, связанные с вакцинными сомнениями, в информационном поле давно пропитаны продуктами мифопоэтического мышления. Этот феномен был зафиксирован более чем в 90% стран мира и рассматривается сегодня как одна из 10 основных угроз общественному здоровью. Борьба с ним потребовала создания в 2018 году специализированной группы ВОЗ

«Измерение поведенческих и социальных факторов вакцинации» (BeSD) [37]. По мнению экспертов ВОЗ, сомнения могут быть вызваны индивидуальными, групповыми и контекстными влияниями, а также любыми проблемами, связанными с вакцинами. Таким образом, изменение отношения к вакцинации в обществе становится первоочередной задачей для специалистов в области ментальной экологии [38]. Учитывая накопленный опыт борьбы с инфекционными заболеваниями при помощи массовой иммунизации, ещё в самом начале пандемии учёные начали проводить обширные исследования в разных странах мира, касающиеся психологической готовности населения пройти вакцинацию от COVID-19. Результаты были очень вариативны и во многом обусловлены культуральными, а не медицинскими факторами.

В глобальном обзоре J.V. Lazarus с соавт. [39] продемонстрировано, что сообщества, где выявлен максимальный риск заражения и летального исхода, а именно национальные меньшинства и малообеспеченные слои населения, характеризовались низкой приверженностью в отношении эпидемиологических мер и отказом от вакцинации.

В европейском регионе к иммунизации были готовы 26% граждан, а в Китае и Корее, где в ментальном пространстве преобладают групповые и коллективные ценности, — абсолютное большинство населения. Проведённое ещё в начале объявления вакцинации в России когортное кросс-секционное онлайн-исследование отношения населения к вакцинации [40], в котором приняли участие порядка 5000 респондентов из разных регионов, выявило, что только 35,7% опрошенных считали прививку полезной, 32,2% — сомневались в её эффективности, а 12,2% считали опасной. На момент исследования были привиты только 12,2% населения, несмотря на прекрасно организованный процесс вакцинации, 30,8% не планировали прививаться, а 34,7% откладывали своё решение до получения более отдалённых данных о результатах и эффективности вакцинации. Такое отношение может выступать в качестве серьёзного препятствия в борьбе с пандемией, усугубляя как стрессовое воздействие на психику, так и социально-экономические последствия, которые в свою очередь выступают в качестве самостоятельного стрессового фактора.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ накопленных на сегодня международных и отечественных данных по воздействию чрезвычайной ситуации пандемии COVID-19 на психику человека показал её значимый неблагоприятный вклад в общую ментальную экологию. В связи с этим необходима разработка специальных лечебных и психопрофилактических программ, направленных на совладание со стрессовым воздействием пандемии и терапию аффективных нарушений. Значимой задачей является также противодействие инфодемии

и усиление поведенческих паттернов, направленных на поддержание психического здоровья и благополучие человека.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ/ ADDITIONAL INFORMATION

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: А.В. Васильева — концепция исследования и обобщение массива международных данных по данной проблеме, Н.Г. Незнанов — выделение значимых аспектов ментальной экологии человека в условиях чрезвычайной ситуации пандемии, А.Г. Соловьев — существенная переработка полученного материала на предмет важного интеллектуального содержания.

**Authors' contribution.** All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a contribution to the development of the concept, research, and article preparation, as well as read and approved the final version before its publication). The greatest contribution was distributed: A.V. Vasilyeva created the research concept and generalized the array of international information on this issue; N.G. Neznanov highlighted significant aspects of human mental ecology in an emergency pandemic situation; A.G. Soloviev performed significant processing of the material obtained for important intellectual contents.

**Источники финансирования.** Поисково-аналитическая работа и публикация статьи осуществлены на личные средства авторского коллектива.

**Funding sources.** The article prepared and published with no funding support.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Competing interests.** Authors declare the absence of any potential conflict of interests.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bao Y., Sun Y., Meng S., et al. 2019-nCoV epidemic: address mental health care to empower society // *Lancet*. 2020. Vol. 395, N 10224. P. e37–e38. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30309-3
2. Dong L., Bouey J. Public mental health crisis during COVID-19 pandemic, China // *Emerg Infect Dis*. 2020. Vol. 26, N 7. P. 1616–1618. doi: 10.3201/eid2607.200407
3. Новикова И.А., Соловьев А.Г., Сидоров П.И. Психологические особенности больных с сердечно-сосудистой патологией // *Российский кардиологический журнал*. 2004. Т. 9, № 1. С. 28–32.
4. Погосов А.В., Богушевская Ю.В., Мальцева А.А. Клинико-психологические особенности соматизированных расстройств и органических заболеваний ЖКТ (сравнительный аспект) // *Неврологический вестник*. 2016. Т. XLVIII, № 2. С. 17–22.
5. Wang C., Pan R., Wan X., et al. A longitudinal study on the mental health of general population during the COVID-19 epidemic in China // *Brain Behav Immun*. 2020. Vol. 87. P. 40–48. doi: 10.1016/j.bbi.2020.04.028
6. Xiang Y.T., Yang Y., Li W., et al. Timely mental health care for the 2019 novel coronavirus outbreak is urgently needed // *Lancet psychiatry*. 2020. Vol. 7, N 3. P. 228–229. doi: 10.1016/S2215-0366(20)30046-8
7. Барышева Г.А., Антипанова О.А., Тхань Б.Д. Влияние пандемии COVID-19 на социально-экономическое развитие и положение наиболее уязвимого населения // *Векторы благополучия: экономика и социум*. 2020. № 4. С. 105–117. doi: 10.18799/6584956/2020/4(39)/1056
8. Голубев А.Г., Сидоренко А.В. Теория и практика старения в условиях пандемии COVID-19 // *Успехи геронтологии*. 2020. Т. 33, №2. С. 397–408. doi: 10.34922/AE.2020.33.2.026
9. Li Z., Ge J., Yang M., et al. Vicarious traumatization in the general public, members, and non-members of medical teams aiding in COVID-19 control // *Brain Behav Immun*. 2020. Vol. 88. P. 916–919. doi: 10.1016/j.bbi.2020.03.0077
10. Soloviev A., Ichitovkina E., Levina N., Zhernov S. Police officers emotional state influence on the tendency to excessive alcohol consumption formation in the covid-19 pandemic context // *ARC journal of addiction*. 2020. Vol. 5, N 1. P. 1–4.
11. Wang C., Pan R., Wan X., et al. Immediate psychological responses and associated factors during the initial stage of the 2019 coronavirus disease (COVID-19) epidemic among the general population in China // *Int J Environ Res Public Health*. 2020. Vol. 17, N 5. P. 1729. doi: 10.3390/ijerph17051729
12. Харламенкова Н.Е., Быховец Ю.В., Дан М.В., Никитина Д.А. Переживание неопределенности, тревоги, беспокойства в условиях COVID-19 [Internet]. Москва : Институт психологии РАН, 2020. Дата обращения: 18.08.2021. Доступ по ссылке: [http://ipras.ru/cntnt/rus/institut\\_p/covid-19/kommentariieksp/har1.html?fbclid=IwAR2oJC9T6N8XvicF7wz4neKQ8r8Yc3POe8bqmOzGNFaBJqW077L6FBUNnok](http://ipras.ru/cntnt/rus/institut_p/covid-19/kommentariieksp/har1.html?fbclid=IwAR2oJC9T6N8XvicF7wz4neKQ8r8Yc3POe8bqmOzGNFaBJqW077L6FBUNnok)
13. Maunder R.G. Was SARS a mental health catastrophe? // *Gen Hosp Psychiatry*. 2009. Vol. 31, N 4. P. 316–317. doi: 10.1016/j.genhosppsy.2009.04.004
14. Васильева А.В. Пандемия и адаптационные тревожные расстройства: возможности терапии // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2020. Т. 120, № 5. С. 146–152. doi: 10.17116/jnevro2020120051146
15. Ho C.S., Chee C.Y., Ho R.C. Mental health strategies to combat the psychological impact of coronavirus disease 2019 (COVID-19) beyond paranoia and panic // *Ann Acad Med Singap*. 2020. Vol. 49, N 3. 155–160.
16. Bish A., Michie S. Demographic and attitudinal determinants of protective behaviours during a pandemic: a review // *Br J Health Psychol*. 2010. Vol. 15(Pt 4). P. 797–824. doi: 10.1348/135910710X485826
17. Duteil F., Mondillon L., Navel V. PTSD as the second tsunami of the SARS-Cov-2 pandemic // *Psychol Med*. 2021. Vol. 51, N 10. P. 1773–1774. doi: 10.1017/S0033291720001336
18. Eichelberger L. SARS and New York's Chinatown: the politics of risk and blame during an epidemic of fear // *Soc Sci Med*. 2007. Vol. 65, N 6. P. 1284–1295. doi: 10.1016/j.socscimed.2007.04.022

19. Сорокин М.Ю., Касьянов Е.Д., Рукавишников Г.В., и др. Психологические реакции населения как фактор адаптации к пандемии COVID-19 // *Обозрение психиатрии и медицинской психологии имени В.М. Бехтерева*. 2020. №2. С. 87–94. doi: 10.31363/2313-7053-2020-2-87-94
20. Bish A., Michie S. Demographic and attitudinal determinants of protective behaviours during a pandemic: a review // *Br J Health Psychol*. 2010. Vol. 15(Pt 4). P. 797–824. doi: 10.1348/135910710X485826
21. Asmundson G.J.G., Taylor S. Coronaphobia: fear and the 2019-nCoV outbreak // *J Anxiety Disord*. 2020. Vol. 70. P. 102196. doi: 10.1016/j.janxdis.2020.102196
22. Lee S.A. Coronavirus anxiety scale: a brief mental health screener for COVID-19 related anxiety // *Death Stud*. 2020. Vol. 44, N 7. P. 393–401. doi: 10.1080/07481187.2020.1748481
23. Taylor S., Landry C.A., Paluszek M.M., et al. COVID stress syndrome: concept, structure, and correlates // *Depress Anxiety*. 2020. Vol. 37, N 8. P. 706–714. doi: 10.1002/da.23071
24. Pierce M., Hope H., Ford T., et al. Mental health before and during the COVID-19 pandemic: a longitudinal probability sample survey of the UK population // *Lancet Psychiatry*. 2020. Vol. 7, N 10. P. 883–892. doi: 10.1016/S2215-0366(20)30308-4
25. Sallam M., Dababseh D., Eid H., et al. Low COVID-19 vaccine acceptance is correlated with conspiracy beliefs among university students in Jordan // *Int J Environ Res Public Health*. 2021. Vol. 18, N 5. P. 2407. doi: 10.3390/ijerph18052407
26. <https://www.eurofound.europa.eu/> [Internet]. Living working and COVID-19. Eurofound, 2021. Доступ по ссылке: <https://www.eurofound.europa.eu/publications/report/2021/living-working-and-covid-19-update-april-2021-mental-health-and-trust-decline-across-eu-as-pandemic>
27. Huang Y., Zhao N. Generalized anxiety disorder, depressive symptoms and sleep quality during COVID-19 outbreak in China: a web-based cross-sectional survey // *Psychiatry Res*. 2020. Vol. 288. P. 112954. doi: 10.1016/j.psychres.2020.112954
28. <https://www.who.int/> [Internet]. WHO director general's opening remarks at the media briefing on covid-19. Доступ по ссылке: <https://www.who.int/ru/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020> Дата обращения 26.08. 2021.
29. Asmundson G.J.G., Taylor S. How health anxiety influences responses to viral outbreaks like COVID-19: what all decision-makers, health authorities, and health care professionals need to know // *J Anxiety Disord*. 2020. Vol. 71. P. 102211. doi: 10.1016/j.janxdis.2020.102211
30. Kramer A.D., Guillory J.E., Hancock J.T. Experimental evidence of massive-scale emotional contagion through social networks // *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2014. Vol. 111, N 24. P. 8788–8790. doi: 10.1073/pnas.1320040111
31. Васильева А.В. Первая конференция по инфодемологии ВОЗ: мультидисциплинарное сотрудничество в противодействии дезинформации в период пандемии COVID-19 // *Обозрение психиатрии и медицинской психологии имени В.М. Бехтерева*. 2020. № 3. С. 93–95. doi: 10.31363/2313-7053-2020-3-93-95
32. Azim D., Kumar S., Nasim S., et al. COVID-19 as a psychological contagion: a new Pandora's box to close? // *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2020. Vol. 41, N 8. P. 989–990. doi: 10.1017/ice.2020.127
33. Kramer A.D.I. The spread of emotion via Facebook // *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing*. May 5, 2012; New York. P. 767–770. doi: 10.1145/2207676.2207787
34. Gao J., Zheng P., Jia Y., et al. Mental health problems and social media exposure during COVID-19 outbreak // *PLoS One*. 2020. Vol. 15, N 4. P. e0231924. doi: 10.1371/journal.pone.0231924
35. Тхостов А.Ш., Рассказова Е.И. Психологическое содержание тревоги и профилактики в ситуации инфодемии: защита от коронавируса или «порочный круг» тревоги? // *Консультативная психология и психотерапия*. 2020. Т. 28, № 2. С. 70–89. doi: 10.17759/cpp.2020280204
36. Dubé E., Laberge C., Guay M., et al. Vaccine hesitancy: an overview // *Hum Vaccin Immunother*. 2013. Vol. 9, N 8. P. 1763–1773. doi: 10.4161/hv.24657
37. MacDonald N.E.; SAGE Working Group on Vaccine Hesitancy. Vaccine hesitancy: definition, scope and determinants // *Vaccine*. 2015. Vol. 33, N 34. P. 4161–4164. doi: 10.1016/j.vaccine.2015.04.036
38. Shen S.C., Dubey V. Addressing vaccine hesitancy: clinical guidance for primary care physicians working with parents // *Can Fam Physician*. 2019. Vol. 65, N 3. P. 175–181.
39. Lazarus J.V., Ratzan S.C., Palayew A., et al. A global survey of potential acceptance of a COVID-19 vaccine // *Nat Med*. 2021. Vol. 27, N 2. P. 225–228. doi: 10.1038/s41591-020-1124-9
40. Васильева А.В., Караваева Т.А., Радионов Д.С., Яковлев А.В. Исследование взаимосвязи социально-демографических характеристик и индивидуального опыта пандемии COVID-19 с отношением к вакцинации для определения мишеней психосоциальных интервенций // *Обозрение психиатрии и медицинской психологии имени В.М. Бехтерева*. 2021. Т. 55, № 2. P. 27–36. doi: 10.31363/2313-7053-2021-55-2-27-36

## REFERENCES

1. Bao Y, Sun Y, Meng S, et al. 2019-nCoV epidemic: address mental health care to empower society. *Lancet*. 2020;395(10224):e37–e38. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30309-3
2. Dong L, Bouey J. Public mental health crisis during COVID-19 pandemic, China. *Emerg Infect Dis*. 2020;26(7):1616–1618. doi: 10.3201/eid2607.200407
3. Novikova IA, Solov'ev AG, Sidorov PI. Psychological features in cardiovascular patients. *Russian journal of cardiology*. 2004;9(1):28–32. (In Russ).
4. Pogosov AV, Bogushevskaya YuV, Mal'tseva AA. Clinic-psychological characteristics of somatized disorders and organic diseases of the gastrointestinal tract (comparative aspect). *Neurology Bulletin*. 2016;XLVIII(2):17–22. (In Russ).
5. Wang C, Pan R, Wan X, et al. A longitudinal study on the mental health of general population during the COVID-19 epidemic in China. *Brain Behav Immun*. 2020;87:40–48. doi: 10.1016/j.bbi.2020.04.028

6. Xiang YT, Yang Y, Li W, et al. Timely mental health care for the 2019 novel coronavirus outbreak is urgently needed. *Lancet psychiatry*. 2020;7(3):228–229. doi: 10.1016/S2215-0366(20)30046-8
7. Barysheva GA, Antipanova OA, Tkhan' BD. Impact of the COVID-19 pandemic on social and economic development and the situation of the most vulnerable population. *Journal of wellbeing technologies*. (In Russ). 2020;(4):105–117. doi: 10.18799/6584956/2020/4(39)/1056
8. Golubev AG, Sidorenko AV. Theory and practice of aging upon COVID-19 pandemic. *Advances in gerontology*. 2020;33(2):397–408. (In Russ). doi: 10.34922/AE.2020.33.2.026
9. Li Z, Ge J, Yang M, et al. Vicarious traumatization in the general public, members, and non-members of medical teams aiding in COVID-19 control. *Brain Behav Immun*. 2020;88:916–919. doi: 10.1016/j.bbi.2020.03.007
10. Soloviev A, Ichitovkina E, Levina N, Zhernov S. Police officers emotional state influence on the tendency to excessive alcohol consumption formation in the covid-19 pandemic context. *ARC journal of addiction*. 2020;5(1):1–4.
11. Wang C, Pan R, Wan X, et al. Immediate psychological responses and associated factors during the initial stage of the 2019 coronavirus disease (COVID-19) epidemic among the general population in China. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(5):1729. doi: 10.3390/ijerph17051729
12. Kharlamenkova NE, BykhovetsYuV, Dan MV, Nikitina DA. *Experience of uncertainty, anxiety and worry under COVID 19 conditions* [Internet]. Institute of psychology of Russian academy of sciences, 2020 [cited 2021 Jul 10] Available from: [http://ipras.ru/cntnt/rus/institut\\_p/covid-19/kommentarii\\_eksp/har1.html?fbclid=IwAR2oJC9T6N8XvicF7wz4neKQ8r8Yc3POe8bqmOzGNFaB JqW077L6FBUNnok](http://ipras.ru/cntnt/rus/institut_p/covid-19/kommentarii_eksp/har1.html?fbclid=IwAR2oJC9T6N8XvicF7wz4neKQ8r8Yc3POe8bqmOzGNFaB JqW077L6FBUNnok) (In Russ).
13. Maunder RG. Was SARS a mental health catastrophe? *Gen Hosp Psychiatry*. 2009;31(4):316–317. doi: 10.1016/j.genhosppsy.2009.04.004
14. Vasileva AV. Pandemic and mental adjustment disorders. Therapy options. *Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova*. 2020;120(5):146–152. (In Russ). doi: 10.17116/jnevro2020120051146
15. Ho CS, Chee CY, Ho RC. Mental health strategies to combat the psychological impact of coronavirus disease 2019 (COVID-19) beyond paranoia and panic. *Ann Acad Med Singap*. 2020;49(3):155–160.
16. Bish A, Michie S. Demographic and attitudinal determinants of protective behaviours during a pandemic: a review. *Br J Health Psychol*. 2010;15(Pt 4):797–824. doi: 10.1348/135910710X485826
17. Duthheil F, Mondillon L, Navel V. PTSD as the second tsunami of the SARS-Cov-2 pandemic. *Psychol Med*. 2021;51(10):1773–1774. doi: 10.1017/S0033291720001336
18. Eichelberger L. SARS and New York's Chinatown: the politics of risk and blame during an epidemic of fear. *Soc Sci Med*. 2007;65(6):1284–1295. doi: 10.1016/j.socscimed.2007.04.022
19. Sorokin MYu, Kasyanov ED, Rukavishnikov GV, et al. Psychological reactions of the population as a factor of adaptation to the COVID-19 pandemic. *V.M. Bekhterev review of psychiatry and medical psychology*. (In Russ). 2020;(2):87–94. doi: 10.31363/2313-7053-2020-2-87-94
20. Bish A, Michie S. Demographic and attitudinal determinants of protective behaviours during a pandemic: a review. *Br J Health Psychol*. 2010;15(Pt 4):797–824. doi: 10.1348/135910710X485826
21. Asmundson GJG, Taylor S. Coronaphobia: fear and the 2019-nCoV outbreak. *J Anxiety Disord*. 2020;70:102196. doi: 10.1016/j.janxdis.2020.102196
22. Lee SA. Coronavirus anxiety scale: a brief mental health screener for COVID-19 related anxiety. *Death Stud*. 2020;44(7):393–401. doi: 10.1080/07481187.2020.1748481
23. Taylor S, Landry CA, Paluszek MM, et al. COVID stress syndrome: concept, structure, and correlates. *Depress Anxiety*. 2020;37(8):706–714. doi: 10.1002/da.23071
24. Pierce M, Hope H, Ford T, et al. Mental health before and during the COVID-19 pandemic: a longitudinal probability sample survey of the UK population. *Lancet Psychiatry*. 2020;7(10):883–892. doi: 10.1016/S2215-0366(20)30308-4
25. Sallam M, Dababseh D, Eid H, et al. Low COVID-19 vaccine acceptance is correlated with conspiracy beliefs among university students in Jordan. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(5):2407. doi: 10.3390/ijerph18052407
26. <https://www.eurofound.europa.eu/> [Internet]. *Living working and COVID-19*. Eurofound, 2021. Available from: <https://www.eurofound.europa.eu/publications/report/2021/living-working-and-covid-19-update-april-2021-mental-health-and-trust-decline-across-eu-as-pandemic>
27. Huang Y, Zhao N. Generalized anxiety disorder, depressive symptoms and sleep quality during COVID-19 outbreak in China: a web-based cross-sectional survey. *Psychiatry Res*. 2020;288:112954. doi: 10.1016/j.psychres.2020.112954 <https://www.who.int/> [Internet]. *WHO director general's opening remarks at the media briefing on covid-19*. [cited 2021 Aug 26].
28. Available from: <https://www.who.int/ru/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020> Accessed on 26.08.2020.
29. Asmundson GJG, Taylor S. How health anxiety influences responses to viral outbreaks like COVID-19: what all decision-makers, health authorities, and health care professionals need to know. *J Anxiety Disord*. 2020;71:102211. doi: 10.1016/j.janxdis.2020.102211
30. Kramer AD, Guillory JE, Hancock JT. Experimental evidence of massive-scale emotional contagion through social networks. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2014;111(24):8788–8790. doi: 10.1073/pnas.1320040111
31. Vasileva AV. First who infodemiology conference: multidiscipline cooperation in tackling misinformation during COVID-19 pandemic. *V.M. Bekhterev review of psychiatry and medical psychology*. 2020;(3):93–95. (In Russ). doi: 10.31363/2313-7053-2020-3-93-95
32. Azim D, Kumar S, Nasim S, et al. COVID-19 as a psychological contagion: a new Pandora's box to close? *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2020;41(8):989–990. doi: 10.1017/ice.2020.127
33. Kramer ADI. *The spread of emotion via Facebook*. Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing. 2012 May 5; New York. P. 767–770. doi: 10.1145/2207676.2207787

34. Gao J, Zheng P, Jia Y, et al. Mental health problems and social media exposure during COVID-19 outbreak. *PLoS One*. 2020;15(4):e0231924. doi: 10.1371/journal.pone.0231924
35. Tkhostov ASH, Rasskazova EI. Psychological contents of anxiety and the prevention in an infodemic situation: protection against coronavirus or the "vicious circle" of anxiety? *Counseling psychology and psychotherapy*. 2020;28(2):70–89. (In Russ). doi: 10.17759/cpp.2020280204
36. Dubé E, Loberge C, Guay M, et al. Vaccine hesitancy: an overview. *Hum Vaccin Immunother*. 2013;9(8):1763–1773. doi: 10.4161/hv.24657
37. MacDonald NE; SAGE Working Group on Vaccine Hesitancy. Vaccine hesitancy: definition, scope and determinants. *Vaccine*. 2015;14;33(34):4161–4164. doi: 10.1016/j.vaccine.2015.04.036
38. Shen SC, Dubey V. Addressing vaccine hesitancy: clinical guidance for primary care physicians working with parents. *Can Fam Physician*. 2019;65(3):175–181.
39. Lazarus JV, Ratzan SC, Palayew A, et al. A global survey of potential acceptance of a COVID-19 vaccine. *Nat Med*. 2021;27(2):225–228. doi: 10.1038/s41591-020-1124-9
40. Vasileva AV, Karavaeva TA, Radionov DS, Yakovlev AV. The social-demographic characteristics and pandemic COVID-19 individual experience and their impact on vaccination attitude study aimed to determine the psychosocial interventions targets. *V.M. Bekhterev Review of Psychiatry and Medical Psychology*. 2021;55(2):27–36. (In Russ). doi: 10.31363/2313-7053-2021-55-2-27-36

## ОБ АВТОРАХ

**\*Анна Владимировна Васильева**, д.м.н., доцент;  
адрес: Россия, 192019, Санкт-Петербург, ул. Бехтерева, 3;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5116-836X>;  
eLibrary SPIN: 2406-9046;  
e-mail: annavdoc@yahoo.com

**Николай Григорьевич Незнанов**, д.м.н., профессор;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5618-4206>;  
eLibrary SPIN: 9772-0024;  
e-mail: spbinstb@bekhterev.ru

**Андрей Горгоньевич Соловьев**, д.м.н., профессор;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0350-1359>;  
eLibrary SPIN: 2952-0619;  
e-mail: ASoloviev1@yandex.ru

## AUTHORS INFO

**\*Anna V. Vasileva**, Dr. Sci. (Med.), assistant professor;  
address: 3 Behtereva street, 192019, Saint Petersburg, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5116-836X>;  
eLibrary SPIN: 2406-9046;  
e-mail: annavdoc@yahoo.com

**Nikolay G. Neznanov**, Dr. Sci. (Med.), professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5618-4206>;  
eLibrary SPIN: 9772-0024;  
e-mail: spbinstb@bekhterev.ru

**Andrey G. Soloviev**, Dr. Sci. (Med.), professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0350-1359>;  
eLibrary SPIN: 2952-0619;  
e-mail: ASoloviev1@yandex.ru

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106242>

# Эндозкология полости рта и цитоморфологические особенности буккального эпителия у лиц с воспалительными заболеваниями пародонта

А.С. Галиева, Н.В. Давидович, А.С. Оправин, Т.А. Бажукова, Л.Л. Шагров, Е.Н. Башилова, Т.Ю. Гагарина

Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Введение.** Эндозкологический гомеостаз ротовой полости обеспечивается за счёт колонизационной резистентности микробиоты, а также защитных реакций со стороны иммунных и эпителиальных клеток, включая буккальный эпителий.

**Цель.** Установить цитоморфологические особенности буккального эпителия и состояние микробиоты, колонизирующей биотопы ротовой полости при пародонтите, у лиц, проживающих в условиях Арктической зоны Российской Федерации.

**Материал и методы.** Проведено поперечное клинико-лабораторное обследование лиц, постоянно проживающих в условиях Арктической зоны Российской Федерации ( $n=91$ ), из них 67 пациентов с хроническим (генерализованным) пародонтитом лёгкой и средней степени и 24 человека с интактным пародонтом. Выполнены цитоморфологические исследования (индексная оценка и выявление аномалий) буккальных эпителиоцитов, молекулярно-генетические исследования (выделение пародонтопатогенов методом ПЦР в режиме реального времени), статистический анализ полученных данных.

**Результаты.** Установлены неудовлетворительные результаты индексной оценки в группе с пародонтитом: индекс дифференцировки клеток — 85% ( $p < 0,001$ ), индекс кератинизации — 88% ( $p < 0,001$ ). Цитогенетические нарушения, а также показатели апоптоза и пролиферативных процессов чаще выявляли в группе пациентов с пародонтитом: микроядра — 88,0%, протрузии — 71,6%, показатели пролиферации — 89,5%, кариолизис — 10,4% и кариорексис — 26,8%. Наиболее часто (70,1%) выявлялись маркёры *P. gingivalis*, в 41,8% случаев — *T. forsythia*, ассоциации пародонтопатогенов — в 17,8%. Установлены положительные корреляции средней и слабой степени между наличием клеток с цитоморфологическими нарушениями и определением *P. gingivalis*: клетки с микроядрами ( $r=0,413$ ;  $p < 0,001$ ), клетки с протрузиями ( $r=0,228$ ;  $p=0,029$ ), наличие двуядерных клеток ( $r=0,402$ ;  $p < 0,001$ ) и показателей апоптоза ( $r=0,283$ ;  $p=0,006$  и  $r=0,383$ ;  $p < 0,001$ ), а также между всеми исследуемыми цитоморфологическими нарушениями и выделением пародонтопатогена *T. forsythia*. Прямые корреляции средней степени установлены между выделением пародонтопатогенов в ассоциациях и наличием клеток с протрузиями, показателями пролиферации и апоптоза.

**Заключение.** Воспаление тканей пародонта обусловлено сдвигами эндозкологического равновесия: сочетанным действием пародонтопатогенных микробов, запускающим каскад иммунных реакций, которые приводят к повреждению тканевого микроокружения, в первую очередь клеток буккального эпителия.

**Ключевые слова:** цитоморфологический анализ; буккальный эпителий; пародонтопатогены; эндозкология полости рта; пародонтит; Арктическая зона Российской Федерации.

## Как цитировать:

Галиева А.С., Давидович Н.В., Оправин А.С., Бажукова Т.А., Шагров Л.Л., Башилова Е.Н., Гагарина Т.Ю. Эндозкология полости рта и цитоморфологические особенности буккального эпителия у лиц с воспалительными заболеваниями пародонта // Экология человека. Т. 29, № 7. С. 471–480. doi: <https://doi.org/10.17816/humeco106242>

Получена: 13.04.2022

Одобрена: 05.07.2022

Опубликована online: 29.07.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106242>

# Endoecology of the oral cavity and cytomorphological features of buccal epithelium in people with inflammatory periodontal diseases

Aleksandra S. Galieva, Natalija V. Davidovich, Aleksandr S. Opravin, Tat'jana A. Bazhukova, Leonid L. Shagrov, Elena N. Bashilova, Tat'jana J. Gagarina

Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** The state of endoecological homeostasis of the oral cavity is ensured based on the colonization resistance of the microbiota as well as the protective reactions on the part of immune and epithelial cells, including the buccal epithelium.

**AIM:** To establish cytomorphological features of the buccal epithelium and the state of the microbiota that colonizes the biotopes of the oral cavity in individuals with periodontitis living in the Arctic Zone of the Russian Federation.

**MATERIAL AND METHODS:** A cross-sectional clinical and laboratory examination of 91 people permanently residing under the conditions of the Arctic zone of the Russian Federation was conducted. Cytomorphological studies (index evaluation and detection of anomalies) of buccal epitheliocytes, molecular genetic studies (isolation of periodontopathogens by real-time PCR), and statistical analysis of the data obtained were conducted.

**RESULTS:** The results of the index evaluation in the group with periodontitis were unsatisfactory: cell differentiation index — 85%,  $p < 0.001$ , keratinization index — 88%,  $p < 0.001$ . The frequency of detection of cytogenetic disorders, indicators of apoptosis, and proliferative processes also prevailed in the group of patients with periodontitis: micronuclei — 88.0%, protrusions — 71.6%, proliferation rates — 89.5%, karyolysis — 10.4% and karyorrhexis — 26.8%. Most often (70.1%), the markers of *P. gingivalis* were detected, in 41.8% of cases — *T. forsythia*, associations of periodontopathogens — in 17.8%. Positive correlations of moderate and weak degree were identified between the presence of cells with cytomorphological disorders with the definition of *P. gingivalis*: cells with micronuclei ( $r=0.413$ ;  $p < 0.001$ ), cells with protrusions ( $r=0.228$ ;  $p=0.029$ ), presence of binuclear cells ( $r=0.402$ ;  $p < 0.001$ ), and indicators of apoptosis ( $r=0.283$ ;  $p=0.006$ ;  $r=0.383$ ;  $p < 0.001$ ), as well as between all the studied cytomorphological disorders and the release of the periodontal pathogen *T. forsythia*. Direct correlations of the average degree were established between the isolation of periodontopathogens in associations and the presence of cells with protrusions and indicators of proliferation and apoptosis.

**CONCLUSION:** Inflammation of periodontal tissues occurs as a result of a shift in the endoecological balance through the combined action of periodontal pathogenic microbes that trigger a cascade of immune responses, leading to damage of the tissue microenvironment, primarily the buccal epithelial cells.

**Keywords:** cytomorphological analysis; buccal epithelium; periodontopathogens; endoecology of the oral cavity; periodontitis; Arctic zone of the Russian Federation.

## To cite this article:

Galieva AS, Davidovich NV, Opravin AS, Bazhukova TA, Shagrov LL, Bashilova EN, Gagarina TJ. Endoecology of the oral cavity and cytomorphological features of buccal epithelium in people with inflammatory periodontal diseases. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(7):471–480.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106242>

Received: 13.04.2022

Accepted: 05.07.2022

Published online: 29.07.2022



## ВВЕДЕНИЕ

Эндозкологический гомеостаз ротовой полости обеспечивается за счёт колонизационной резистентности микробиоты, её саморегуляции и высокого потенциала неспецифических и иммунных защитных реакций со стороны эпителиальных и иммунных клеток [1]. Буккальный эпителий — часть мукозальной иммунной системы — представляет собой многослойный плоский неороговевающий эпителий. Эпителиоциты экспрессируют сигнальные молекулы и участвуют в межклеточных взаимодействиях, формировании иммунного ответа, активации и регулировании воспалительных процессов. Не менее значимая особенность — уровень естественной колонизации эпителиоцитов, определяющий состояние местного иммунитета и эндозкологический гомеостаз [2]. Микроорганизмы, находящиеся на поверхности эпителиоцитов, инвазируя эпителиальные клетки или оказывая воздействие на их структуру токсинами своей жизнедеятельности, инициируют секрецию цитокинов, поддерживая воспалительную реакцию. Клетки буккального эпителия экспрессируют, а при неблагоприятном воздействии — усиливают секрецию цитокинов, антимикробных пептидов и других медиаторов, взаимодействуя с нейтрофилами, эозинофилами, макрофагами, Т- и В-лимфоцитами. Образование цитокинов и хемокинов напрямую зависит от функционального состояния буккальных эпителиоцитов [3, 4].

Широко распространённые в Арктической зоне Российской Федерации стрессовые для организма человека факторы, такие как нарушение циркадного ритма, воздействие экстремальных условий окружающей среды, «экологические патогены», токсиканты, антропогенное загрязнение среды обитания, изменение характера питания и физической активности, вероятно, могут воздействовать на состав, функцию и метаболическую активность оральной микробиоты и влиять на состояние местного иммунитета [5, 6]. Одним из наиболее распространённых на Севере заболеваний полости рта является хронический пародонтит [7] — мультифакториальное заболевание, в основе которого лежит формирование микробной биоплёнки [3]. Воспалительные заболевания пародонта (ВЗП) на ранних стадиях обычно характеризуются слабовыраженной симптоматикой и часто не диагностируются вовремя, что обуславливает необходимость поиска новых методов для их раннего выявления. В центральных и южных регионах России у пациентов с ВЗП отмечается тенденция к нарастанию цитогенетической нестабильности буккального эпителия, повышению частоты встречаемости клеток с микроядрами [8]. Среди основных представителей резидентной микрофлоры полости рта выделяют оральные стрептококки (30–60%), вейлонеллы (25%) и дифтероиды (25%). В развитии ВЗП играют роль пародонтопатогенные виды 1-го порядка — *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *Tannerella forsythia*, *Porphyromonas gingivalis* («красный комплекс»

по S.S. Socransky и др., 1998) и 2-го порядка — *Eikenella corrodens*, *Fusobacterium nucleatum/periodonticum*, *Prevotella intermedia*, *Treponema denticola* и др. [9]. В стоматологической практике изучение буккального эпителия представляет интерес, так как он является одним из основных маркёров состояния местного и общего эндозкологического гомеостаза организма и его нарушений.

**Цель исследования.** Установить цитоморфологические особенности буккального эпителия и состояние микробиоты, колонизирующей биотопы ротовой полости при пародонтите, у лиц, проживающих в условиях Арктической зоны Российской Федерации.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведено поперечное клинико-лабораторное обследование 91 человека, постоянно проживающих в условиях Арктической зоны Российской Федерации (Архангельская область, г. Северодвинск). Выполнены анкетирование, стоматологический осмотр, цитоморфологический и молекулярно-генетический анализ. Сбор данных проведён в соответствии с международным стандартом GCP по методике, рекомендованной ВОЗ. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом Северного государственного медицинского университета (протокол № 08/11 от 28.11.2018 г.).

Критерии включения пациентов в исследование: возраст от 18 до 45 лет; заполненное письменное информированное согласие на участие; хронический пародонтит лёгкой и средней степени; удовлетворительный уровень гигиены; проживание в условиях Арктической зоны Российской Федерации не менее 5 лет. В исследование не включали пациентов по следующим критериям: отсутствие письменного информированного согласия на участие; возраст до 18 и старше 45 лет; наличие острых или хронических соматических заболеваний в стадии обострения. Критерии исключения: другие воспалительные или дегенеративные заболевания в полости рта, в частности острые и хронические формы гингивита, хронический пародонтит тяжёлой степени, локализованные формы пародонтита и патологические виды прикуса; беременность и послеродовой период; невозможность проведения всего объёма планируемых исследований.

Обследованные были разделены на 2 группы:

- 1-я группа ( $n=67$ ) — пациенты с диагнозом K05.31 (хронический (генерализованный) пародонтит лёгкой, средней степени) в соответствии с МКБ-10;
- 2-я группа ( $n=24$ ) — контрольная (пациенты с интактным пародонтом).

Клинический материал для исследования клеток буккального эпителия получали путём соскоба со здорового участка слизистой оболочки щеки, наносили на обезжиренное стекло и высушивали при комнатной температуре. Препараты фиксировали в 96% этиловом спирте с последующим окрашиванием по Романовскому–Гимзе [10, 11].

Цитологическое исследование проводили под иммерсией, с использованием светового микроскопа Axio Scope A1 (Carl Zeiss, Germany) при помощи программного комплекса «МЕКОС-Ц2» («МЕдицинские КОмпьютерные Системы (МЕКОС)», Россия). В полученных образцах исследовали реакцию адсорбции микроорганизмов (РАМ), индекс дифференцировки клеток (ИДК) и индекс кератинизации (ИК). В соскобах фиксировали цитогенетические нарушения (наличие микроядер, протрузий), показатели апоптоза (кариорексис, кариолизис) и пролиферативные процессы (наличие многоядерных и двуядерных клеток).

Для определения РАМ в препаратах рассчитывали количество бактерий, адсорбированных на поверхности каждой эпителиальной клетки (расчёт проводили на 100 клеток). По количеству микроорганизмов клетки были разделены на 5 групп, определена их принадлежность к отрицательной РАМ (РАМ-) или положительной РАМ (РАМ+). Неспецифическую резистентность слизистой оболочки рта определяли в зависимости от количества клеток с РАМ+. Удовлетворительный показатель РАМ+ фиксировали при 31% и выше.

Индекс дифференцировки клеток определяли с помощью окуляра-линейки в соскобах: вычисляли ядерно-цитоплазматическое соотношение 100 эпителиальных клеток, на основании которого оценивали степень дифференцировки каждого эпителиоцита и присваивали одну из 6 степеней дифференцировки. ИДК вычисляли по формуле  $ИДК = 1a + 2b + 3v + 4г + 5д + 6е$ , где 1–6 — цифровое обозначение степеней дифференцировки, а, б, в, г, д, е — процент клеток соответствующей степени дифференцировки. Удовлетворительным значение ИДК считали в пределах 450–470.

Индекс кератинизации определяли, рассчитывая процент безъядерных клеток по формуле:  $ИК = (\text{число ороговевших клеток} / \text{общее количество клеток}) \times 100$ . Удовлетворительные значения ИК определяли в пределах 15–25% [11, 12].

Маркёрные пародонтопатогены *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *Tannerella forsythia*, *Treponema denticola*, *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia* и *Candida albicans* выявляли методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени в соответствии с инструкциями к наборам реагентов «ПародонтоСкрин» («ДНК-Технология», Россия). В качестве клинического материала использовали отделяемое зубодесневого кармана, полученное в ходе амбулаторного приема путём аспирации с помощью стерильного шприц-тюбика. Полученную пробу (2 мл) центрифугировали при 1500 об./мин в течение 20 мин. Аликвоты образцов замораживали и хранили при  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  до проведения молекулярно-генетических исследований.

**Статистическая обработка** полученных результатов проведена с помощью пакета программ Stata 12 (StataCorp, США). Категориальные переменные представлены в виде абсолютных чисел и долей (%).

Для определения значимости различий между количественными и качественными данными применяли критерий  $\chi^2$  Пирсона. Корреляционные взаимосвязи оценивали с помощью критерия Спирмена [13]. Критический уровень статистической значимости составил  $p \leq 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Функциональная характеристика клеток буккального эпителия включает определение способности адгезии микроорганизмов на поверхности клетки. Так, при цитологическом исследовании мазков буккального эпителия отмечено наличие бластоспор и псевдомицелия *C. albicans*, преобладающих в основной группе ( $p=0,024$  и  $p=0,011$ ). Кокковая флора, объединённая в микробные конгломераты, представлена стафилококками, стрептококками и диплококками и преобладает в группе с ВЗП (87,91; 67,03; 63,74% при  $p=0,024$ ,  $p < 0,001$ ,  $p=0,002$  соответственно). В ходе оценки РАМ установлено, что во всех образцах выявлена РАМ+. Несмотря на это, неудовлетворительный показатель резистентности слизистой оболочки рта преобладал в 1-й группе (с ВЗП) (41,2%;  $p=0,011$ ).

Индекс дифференцировки клеток в преобладающей степени оказался неудовлетворительным в обеих исследуемых группах (72,5%). Распределение по группам было следующим: удовлетворительный ИДК преобладал у здоровых пациентов (62,5%), в группе с пародонтитом он отмечен лишь у 13,4%. Неудовлетворительный индекс отмечался в группе с ВЗП (85,0%;  $p < 0,001$ ).

Изучение степени ороговения слизистой оболочки рта (что характеризует её барьерную функцию) показало явное преобладание неудовлетворительных показателей в группе с ВЗП (88%;  $p < 0,001$ ). Удовлетворительный уровень кератинизации в группе здоровых лиц составил 62,5% ( $p < 0,001$ ). Результаты индексной оценки представлены в табл. 1.

Проведённое исследование выявило следующие цитологические нарушения буккальных эпителиоцитов. В группе пациентов с хроническим пародонтитом установлено наличие микроядер (88%), протрузий (71,6%), отмечены показатели пролиферации (двуядерные клетки 89,5%) и апоптоза (кариолизис — 10,4% и кариорексис — 26,8%). В контрольной группе отмечали наличие микроядер (87,5%), протрузии (29,2%) и двуядерных клеток (37,5%). Показателей деструкции ядер в данной группе не выявлено. Клеток с кариопикнозом не обнаружено ни в одной из групп (табл. 2).

В исследовании оценивали маркёры пародонтопатогенных микроорганизмов зубодесневого кармана, колонизирующих экосистему при пародонтите. У пациентов 1-й группы частота выявления пародонтопатогенных бактерий составила 86,6%. Наиболее часто (70,1%) выявляли маркёры *P. gingivalis*, в 41,8% случаев — *T. forsythia*, в 22,4% — *A. actinomycetemcomitans*, в 26,9% — *C. albicans*, в 11,9% — *P. intermedia*, в 6,0% — *T. denticola*.

**Таблица 1.** Индексная оценка клеток буккального эпителия в сравниваемых группах, %**Table 1.** Index score of buccal epithelial cells in the study groups, %

| Показатель<br>Indicator   | Результат<br>Result                | Группа контроля<br>Control group<br>(n=24) | Пациенты<br>с воспалительными<br>заболеваниями пародонта<br>Patients with inflammatory<br>periodontal diseases<br>(n=67) | p      | $\chi^2$ |
|---|------------------------------------|--|--|--------|----------|
| Индекс дифференцировки клеток<br>Cell differentiation index             | Неудовлетворительный<br>Poor       | 37,5                                       | 85,0   | <0,001 | 20,072   |
|   | Удовлетворительный<br>Satisfactory | 62,5                                       | 15,0   |        |          |
| Индекс кератинизации<br>Keratinization index                            | Неудовлетворительный<br>Poor       | 37,5                                       | 88,0   | <0,001 | 38,270   |
|   | Удовлетворительный<br>Satisfactory | 62,5                                       | 12,0   |        |          |
| Реакция адсорбции микроорганизмов<br>Microbial cell adsorption reaction | Удовлетворительный<br>Satisfactory | 87,5                                       | 58,7   | 0,011  | 6,473    |
|   | Неудовлетворительный<br>Poor       | 12,5                                       | 41,2   |        |          |

Интересной особенностью стало выявление ассоциаций пародонтопатогенных бактерий у 12 пациентов (17,8%): наиболее часто встречалась ассоциация пародонтопатогенных представителей 1-го порядка *P. gingivalis* с *A. actinomycetemcomitans* (13,4%).

Анализ полученных данных показал, что в группе контроля частота выявления пародонтопатогенных видов бактерий составила 29,2% — преимущественно пародонтопатогенных представителей 2-го порядка *P. intermedia* (20,8%) и *T. denticola* (8,3%). Ассоциации пародонтопатогенов и представители 1-го порядка в группе контроля не выявлены.

Для выделения связей между выявленными видами пародонтопатогенов и нарушениями клеток буккального

эпителия у представителей обеих групп был проведён корреляционный анализ цитоморфологических изменений клеток буккального эпителия (табл. 3), который показал, что в группе пациентов с хроническим пародонтитом установлена выраженная корреляционная зависимость средней и слабой степени между наличием клеток с цитоморфологическими нарушениями и определением *P. gingivalis*: клетки с микроядрами ( $r=0,413$ ;  $p < 0,001$ ), клетки с протрузиями ( $r=0,228$ ;  $p=0,029$ ), двуядерные клетки ( $r=0,402$ ;  $p < 0,001$ ) и показатели апоптоза ( $r=0,283$ ;  $p=0,006$  и  $r=0,383$ ;  $p < 0,001$ ). Положительные корреляции средней степени установлены между всеми исследуемыми цитоморфологическими нарушениями и выделением пародонтопатогена *T. forsythia*. Отмечены положительные

**Таблица 2.** Средние значения и пределы варьирования кариологических показателей буккальных эпителиоцитов в обследуемых группах, M±S**Table 2.** Mean values and limits of variation in the karyological parameters of buccal epithelial cells in the studied groups, M±S

| Показатели (частота встречаемости)<br>Indicators (rate of occurrence) | Группа контроля<br>Control group<br>(n=24) | Пациенты с воспалительными<br>заболеваниями пародонта<br>Patients with inflammatory<br>periodontal diseases (n=67) | p     |
|---|--|--|-------|
| Клеток с микроядрами<br>Cells with micronuclei                        | 1,45±0,80                                  | 8,20±3,60  | 0,024 |
| Клеток с протрузиями<br>Cells with protrusions                        | 0,29±0,46                                  | 3,40±3,35  | 0,043 |
| Двуядерных клеток<br>Binuclear cells                                  | 0,37±0,57                                  | 8,71±5,0   | 0,012 |
| Клеток с кариорексисом<br>Cells with karyorhexis                      | 0,08±0,28                                  | 0,73±1,10  | 0,056 |
| Клеток с кариолизисом<br>Cells with karyolysis                        | 0  | 0,58±1,23  | 0,062 |

**Таблица 3.** Корреляционная матрица цитоморфологических изменений клеток буккального эпителия и маркеров пародонтопатогенных микроорганизмов**Table 3.** Correlation matrix of cytomorphological changes in the buccal epithelial cells and markers of periodontopathogenic microorganisms

| Показатели<br>Indicators   | Цитогенетические аномалии<br>Cytogenetic abnormalities |                               | Показатели<br>пролиферации<br>Proliferation<br>indicators | Показатели апоптоза<br>Apoptosis indicators |                               |
|--|--|-------------------------------|---|---|-------------------------------|
|  | Наличие<br>микроядер<br>Micronuclei                    | Протрузия<br>Protrusion       | Наличие<br>двухъядерных<br>клеток<br>Binuclear cells      | Кариорексис<br>Karyorhexis                  | Кариолизис<br>Karyolysis      |
| Пародонтит   Periodontitis   |  |                               |   |   |                               |
| <i>P. gingivalis</i>   | $r=0,4133$<br>( $p < 0,001$ )                          | $r=0,2280$<br>( $p=0,029$ )   | $r=0,4026$<br>( $p < 0,001$ )                             | $r=0,2831$<br>( $p=0,006$ )                 | $r=0,3831$<br>( $p < 0,001$ ) |
| <i>T. forsythia</i>  | $r=0,3528$<br>( $p < 0,001$ )                          | $r=0,7858$<br>( $p < 0,001$ ) | $r=0,6666$<br>( $p < 0,001$ )                             | $r=0,4135$<br>( $p < 0,001$ )               | $r=0,3745$<br>( $p < 0,001$ ) |
| <i>A. actinomycetemcomitans</i>                                      | $r=0,3332$<br>( $p=0,001$ )                            | $r=-0,1147$<br>( $p=0,279$ )  | $r=0,2312$<br>( $p=0,027$ )                               | $r=-0,0789$<br>( $p=0,457$ )                | $r=0,0510$<br>( $p=0,631$ )   |
| Ассоциации пародонтопатогенов<br>Associations of periodontopathogens | $r=0,1090$<br>( $p=0,303$ )                            | $r=0,3034$<br>( $p=0,003$ )   | $r=0,3522$<br>( $p < 0,001$ )                             | $r=0,4482$<br>( $p < 0,001$ )               | $r=0,4867$<br>( $p < 0,001$ ) |
| Контроль   Control   |  |                               |   |   |                               |
| <i>P. intermedia</i>   | $r=-0,1624$<br>( $p=0,124$ )                           | $r=-0,1892$<br>( $p=0,0725$ ) | $r=-0,2766$<br>( $p=0,008$ )                              | $r=-0,2160$<br>( $p=0,039$ )                | $r=-0,1875$<br>( $p=0,075$ )  |
| <i>T. denticola</i>  | $r=0,0812$<br>( $p=0,444$ )                            | $r=0,0656$<br>( $p=0,536$ )   | $r=0,0732$<br>( $p=0,491$ )                               | $r=0,1651$<br>( $p=0,117$ )                 | $r=0,2351$<br>( $p=0,024$ )   |

корреляции между выявлением клеток с наличием микроядер и наличием двухъядерных клеток с выделенным пародонтопатогеном *A. actinomycetemcomitans* ( $r=0,333$ ;  $p=0,001$  и  $r=0,231$ ;  $p=0,027$ ). Прямые корреляции средней степени установлены между выделением пародонтопатогенов в ассоциациях и наличием клеток с протрузиями, показателями пролиферации и апоптоза.

У обследованных контрольной группы выявлены отрицательные корреляции слабой силы между показателями пролиферации и апоптоза (кариорексис) с определением *P. gingivalis* ( $r=-0,276$ ;  $p=0,008$  и  $r=-0,216$ ;  $p=0,039$ ).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Ключевая функция клеток буккального эпителия в реакциях неспецифического и специфического реагирования иммунной системы делает их ключевыми клетками во взаимодействии с профессиональными индукторными и эффекторными клетками. Микробные факторы изменяют функциональный статус эпителиоцитов, включают их в образование порочных кругов, инициирующих хронический воспалительный процесс [14]. Присутствие стрептококков в цитологических препаратах относят к нормофлоре [9], однако увеличение количества адгезированных микроорганизмами клеток в цитограммах свидетельствует о снижении неспецифической резистентности организма

и повышении риска развития воспалительных заболеваний полости рта. Выявленные признаки митотической активности *C. albicans*, преобладание клеток с представителями кокковой флоры и микробных конгломератов, адгезированных на поверхностях эпителиоцитов, указывают на явное нарушение микробного равновесия в группе с ВЗП. Выявленное в нашем исследовании изменение уровня естественной колонизации эпителиоцитов может свидетельствовать об ослаблении колонизационной резистентности слизистой оболочки рта у лиц с пародонтитом, что находит отражение в работах исследователей из других регионов Российской Федерации [8, 10].

Неудовлетворительные результаты РАМ говорят о дестабилизации адаптационных механизмов — это потенциал для развития воспалительных реакций и в целом ослабление неспецифической резистентности как в полости рта, так и на системном уровне. Соответственно лица с неудовлетворительными результатами могут войти в группу риска с ослаблением колонизационной резистентности к условно-патогенным микроорганизмам, развитием дисбиоза, что в свою очередь может привести к развитию пародонтита либо значительно утяжелить его течение [2, 11].

Функциональный статус клеток буккального эпителия формируется в зависимости от степени их зрелости. Буккальные эпителиоциты представлены разными стадиями дифференцировки — от малодифференцированных

предшественников, расположенных в базальном слое и обеспечивающих обновление эпителиального пласта, до более дифференцированных клеток, смещающихся в поверхностные слои [4, 12, 15]. Преобладание парабазальных клеток отражает общее омоложение эпителиального пласта и преобладание процессов пролиферации, что свидетельствует о высокой активности регенераторного процесса [16].

Полученные результаты оценки ИК показывают, что в контрольной группе протекают естественные биологические процессы старения эпителиоцитов. В группе с ВЗП практически полное отсутствие безъядерных клеток свидетельствует о снижении репаративной регенерации клеток буккального эпителия.

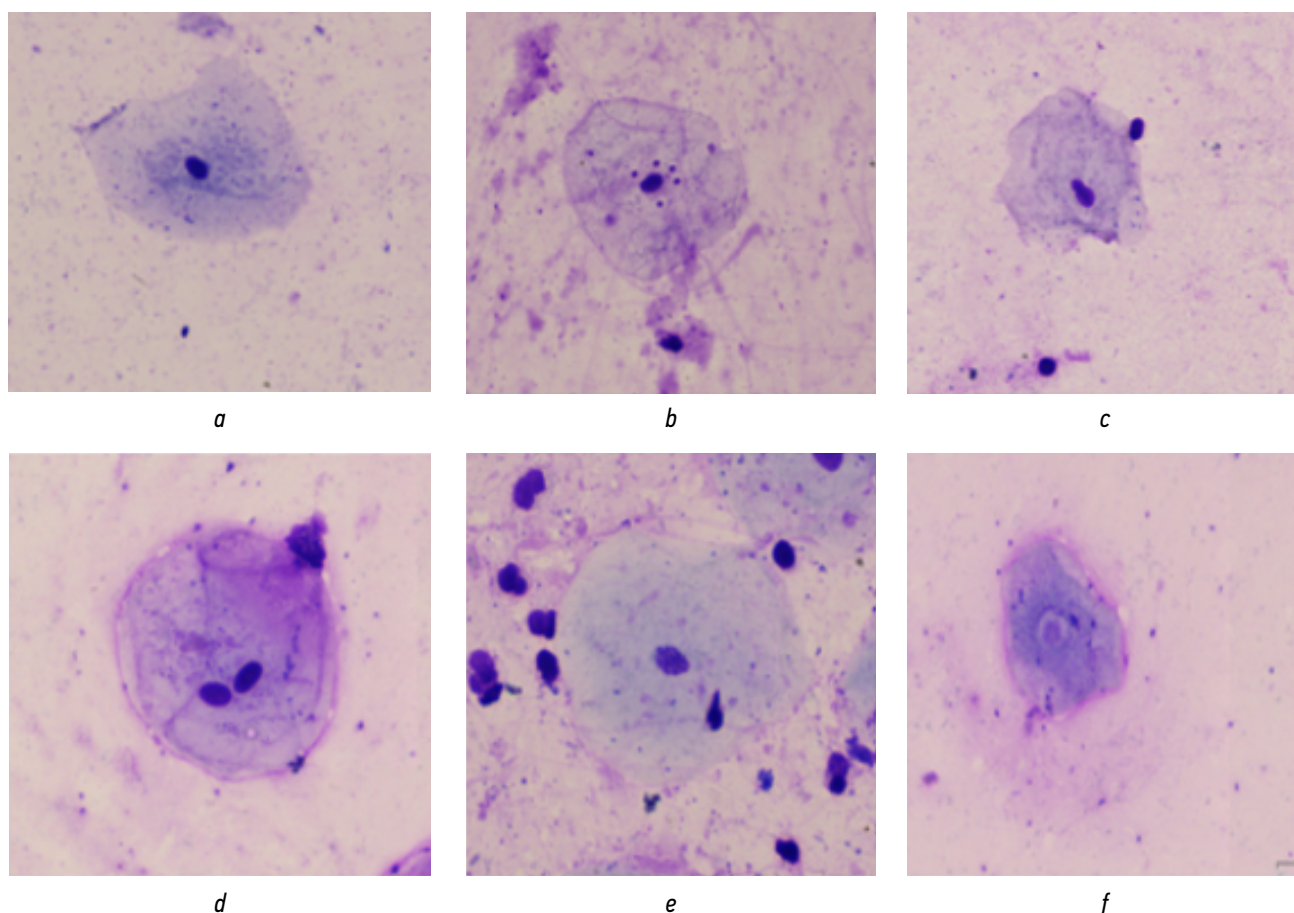
При анализе показателей деструкции ядер статистически значимых различий между группами не выявлено. Однако незначительное повышение показателей в 1-й группе по сравнению с контрольной может свидетельствовать об активной элиминации повреждённых клеток в ответ на бактериальную инвазию [8, 17].

Микроядра образуются при нарушении клеточного деления или фрагментации ядра. К причинам возникновения аномалии можно отнести влияние инвазивных

свойств и факторов агрессии пародонтопатогенных бактерий, присутствующих при ВЗП.

В ходе анализа показателей цитологических нарушений при ВЗП по регионам Российской Федерации установлено, что частота встречаемости клеток с аномалиями в южных и центральных регионах ниже, чем в Арктической зоне. Так, по данным изучения микроядерного теста у пациентов с ВЗП в южных регионах Российской Федерации, микроядра встречались с меньшей частотой, как и кариорексис [8, 9, 18]. Увеличение числа клеток с выявленными микроядрами и протрузиями ядер является показателем генетических нарушений [10].

В нашем исследовании морфологические признаки нарушения пролиферации регистрировались в соскобах у лиц с ВЗП (рис. 1). Увеличение количества двуядерных клеток может свидетельствовать о повышении пролиферативной активности и усилении регенеративных процессов. Появление многоядерных эпителиоцитов чаще связывают с результатом слияния клеток друг с другом или нарушением процесса цитотомии, что в свою очередь может быть результатом влияния различных факторов, таких как стресс, микробная инвазия, воспалительные процессы в полости рта.



**Рис. 1.** Цитологические нарушения в клетках буккального эпителия пациентов с воспалительными заболеваниями пародонта: *a* — норма; *b* — микроядра; *c* — протрузия; *d* — двуядерные клетки; *e* — кариорексис; *f* — кариолизис.

**Fig. 1.** Cytological abnormalities in the buccal epithelium cells of patients with inflammatory periodontal diseases: *a* — normal; *b* — micronuclei; *c* — protrusion; *d* — binuclear cells; *e* — karyorhexis; *f* — karyolysis.

Микробный фактор играет ведущую роль в возникновении и прогрессировании ВЗП, лежит в основе альтерации эпителиальной ткани, появления цитоморфологических аномалий и нарушения эндозекологического равновесия [9, 19].

Модуляция эпителиального барьера слизистой оболочки патогенными бактериями, по-видимому, является критическим шагом в инициации и прогрессировании заболеваний пародонта. Пародонтопатогены, такие как *P. gingivalis*, нарушают структурную и функциональную целостность эпителия слизистой оболочки рта; прикрепляясь к эпителиальным клеткам, проникают в них и размножаются, подавляя реакцию хозяина на бактериальные вызовы; инактивируя иммунные клетки и молекулы, активируют процессы, ведущие к разрушению тканей [20, 21]. *T. forsythia* почти всегда определяется в ассоциации с *P. gingivalis*. Некоторые авторы предполагают, что *T. forsythia* могут также проникать и существовать в эпителиальных клетках слизистой оболочки рта [7, 11]. Одним из факторов вирулентности *T. forsythia* является способность к цитотоксической активности и инициации апоптоза. *A. actinomycetemcomitans*, проникая в эпителиальные клетки, нарушает местный гомеостаз и защитную систему организма. Протеины *A. actinomycetemcomitans* (особенно лейкотоксин) индуцируют апоптоз иммунных клеток [9]. Представленные данные о выделенных пародонтопатогенах находят отражение в корреляционных взаимосвязях с цитоморфологическими аномалиями клеток буккальных эпителиоцитов, что свидетельствует о вовлечённости клеток слизистой оболочки рта в характер течения ВЗП. Адаптивная способность пародонтопатогенов, позволяющая им выживать в эпителиальных клетках и разрушать компоненты ткани пародонта, а также влиять на иммунный ответ организма, видимо, способствует возникновению и прогрессированию пародонтита. Вероятно, повышение частоты встречаемости цитологических аномалий клеток буккального эпителия в Арктической зоне Российской Федерации может быть следствием высокой частоты встречаемости пародонтопатогенов, а также действующих стрессорных факторов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Воспаление пародонтальных тканей обеспечивается сдвигами эндозекологического равновесия: сочетанным действием пародонтопатогенных микробов, запускающим каскад иммунных реакций, которые приводят

к повреждению тканевого микроокружения, в первую очередь клеток буккального эпителия.

Инвазивные, адгезивные и токсические свойства маркерных пародонтопатогенов *P. gingivalis*, *T. forsythia* и их ассоциаций лежат в основе сдвигов процессов репаративной регенерации слизистой оболочки ротовой полости и регуляции местного иммунитета. Появление нетипичных эпителиальных клеток с микроядрами, протрузиями и многоядерных клеток, нарушение процессов дифференцировки и кератинизации свидетельствуют о снижении реактивности эпителиоцитов, угнетении местного и системного иммунного ответа на микробную инвазию.

Цитологическое исследование клеток буккального эпителия может быть рекомендовано в качестве оценки системных и локальных реакций организма в диагностике воспалительных заболеваний пародонта, а также являться одним из методов оценки эффективности лечебно-профилактических мероприятий при воспалительных заболеваниях пародонта.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

**Вклад авторов.** А.С. Галиева внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных, подготовила первый вариант статьи; Н.В. Давидович внесла существенный вклад в концепцию исследования, анализ и интерпретацию данных, участвовала в подготовке первого варианта статьи; А.С. Оправин, Т.А. Бажукова, Е.Н. Башилова и Т.Ю. Гагарина участвовали в анализе данных, окончательно утвердили присланную в редакцию рукопись; Л.Л. Шагров внёс существенный вклад в анализ данных, проводил цитологическое исследование.

**Authors contribution.** A.S. Galieva made a significant contribution to the concept and design of the study, data acquisition, analysis, and interpretation, prepared the first version of the article; N.V. Davidovich made a significant contribution to the concept of the study, analysis, and interpretation of data, participated in the preparation of the first version of the article; A.S. Opravin, T.A. Bazhukova, E.N. Bashilova and T.J. Gagarina — participated in the analysis of the data, finally approved the manuscript sent to the editorial office; L.L. Shagrov — made a significant contribution to the analysis of data, conducted a cytological study.

**Funding source.** The project did not have financial support.

**Финансирование исследования.** Исследование проведено на личные средства авторского коллектива.

**Конфликт интересов** отсутствует.

**Competing interests.** The authors declare that there is no conflict of interests.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давидович Н.В., Соловьева Н.В., Галиева А.С., и др. Роль системы антимикробных пептидов в неспецифической защите полости рта при воспалительных заболеваниях пародонта // Клиническая лабораторная диагностика. 2021. Т. 66, № 7. С. 422–427. doi: 10.51620/0869-2084-2021-66-7-422-427
2. Дейнега А.Н., и др. Показатели естественной колонизации буккального эпителия у вегетарианцев. В кн.: Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения: сборник статей. В 3 т. // IV Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы современной ме-

- дицинской науки и здравоохранения»; Апрель 10–12; 2019; Екатеринбург. Екатеринбург : УГМУ, 2019. Доступ по ссылке: [http://elib.usma.ru/bitstream/usma/3984/1/USMU\\_Sbornik\\_statei\\_2019\\_1\\_257.pdf](http://elib.usma.ru/bitstream/usma/3984/1/USMU_Sbornik_statei_2019_1_257.pdf)
3. Трифонов Н.И. Экспрессия белков p16, p21 и p53 в буккальном эпителии у людей разного возраста в норме и при хроническом пародонтите // Научные результаты биомедицинских исследований. 2018. Т. 4, № 3. С. 96–104. doi: 10.18413/2313-8955-2018-4-3-0-10
  4. Hasiuk P., Hasiuk N., Kindiy D., et al. Characteristics of cellular composition of periodontal pockets // *Interv Med Appl Sci*. 2016. Vol. 8, N 4. P. 172–177. doi: 10.1556/1646.8.2016.4.5
  5. Зырянов Б.Н., Соколова Т.Ф. Адаптационные реакции и иммунитет у пришлого населения Крайнего Севера // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2021. № 2 (111). С. 48–58. doi: 10.26110/ARCTIC.2021.111.2.003
  6. Sharma N., Bhatia S., Sodhi A.S., Batra N. Oral microbiome and health // *AIMS Microbiol*. 2018. Vol. 4, N 1. P. 42–66. doi: 10.3934/microbiol.2018.1.42
  7. Ушницкий И.Д., Иванов А.В., Иванова А.А., и др. Клинико-эпидемиологическая характеристика патологических процессов тканей пародонта воспалительно-деструктивного характера // Якутский медицинский журнал. 2018. № 1. С. 83–86. doi: 10.25789/УМЖ.2018.61.25
  8. Серикова О.В., Шумилович Б.Р., Филиппова З.А., и др. Микроядерный тест в десневом эпителии у лиц с хроническим пародонтитом // Вестник новых медицинских технологий. 2021. Т. 28, № 2. С. 10–14. doi: 10.24412/1609-2163-2021-2-10-14
  9. Царев В.Н., Николаева Е.Н., Ипполитов Е.В. Пародонтопатогенные бактерии — основной фактор возникновения и развития пародонтита // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2017. № 5. С. 101–112. doi: 10.36233/0372-9311-2017-5-101-112
  10. Колмакова Т.С., Белик С.Н., Моргуль Е.В., Севрюков А.В. Использование микроядерного теста для оценки эффективности лечения аллергии у детей. Ростов-на-Дону : Издательство РостГМУ, 2013. 31 с.
  11. Патент РФ на изобретение № 2210770 / 20.08.2003. Токмакова С.И., Бондаренко О.В., Сысоева О.В., Баштовой А.А. Способ определения состояния слизистой оболочки полости рта. Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2210770>
  12. Куркин А.В., Тулеугаева С.Т., Есимова Р.Ж., Куриленко Н.Ю. Сравнительная характеристика цитогрaмм буккального эпителия в заключительный период ортодонтического лечения аномалий развития зубочелюстной системы у детей // *Universum: медицина и фармакология*. 2015. №12 (23). Режим доступа: <http://7universum.com/ru/med/archive/item/2840>. Дата обращения: 14.03.2018.
  13. Гржибовский А.М., Унгуряну Т.Н., Горбатова М.А. Корреляционный и однофакторный линейный регрессионный анализ с использованием программного обеспечения SPSS и STATA // *Наркология*. 2017. Т. 16, № 9 (189). С. 52–69.
  14. Kornman K.S., Van Dyke T.E. Bringing light to the heat: “inflammation and periodontal diseases: a reappraisal” // *J Periodontol*. 2008. Vol. 79, N 8. P. 1313. doi: 10.1902/jop.2008.080240
  15. Sahu M., Suryawanshi H., Nayak S., Kumar P. Cytomorphometric analysis of gingival epithelium and buccal mucosa cells in type 2 diabetes mellitus patients // *J Oral Maxillofac Pathol*. 2017. Vol. 21, N 2. P. 224–228. doi: 10.4103/jomfp.JOMFP\_152\_16
  16. Landay M.A., Schroeder H.E. Differentiation in normal human buccal mucosa epithelium // *J Anat*. 1979. Vol. 128(Pt 1). P. 31–51.
  17. Молоканова Ю.П. Особенности цитоморфологии буккального эпителия курящих лиц юношеского возраста // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2017. № 1. С. 21–30. doi: 10.18384/2310-7189-2017-1-21-30
  18. Сахарук Н.А. Микробная флора полости рта в норме и патологии. Морфология грибов рода *Candida* // Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2008. Т. 7, № 2. С. 137–143.
  19. Yamashita Y., Takeshita T. The oral microbiome and human health // *J Oral Sci*. 2017. Vol. 59, N 2. P. 201–206. doi: 10.2334/josnusd.16-0856
  20. Andrian E., Grenier D., Rouabhia M. Porphyromonas gingivalis-epithelial cell interactions in periodontitis // *J Dent Res*. 2006. Vol. 85, N 5. P. 392–403. doi: 10.1177/154405910608500502
  21. Rudney J.D., Chen R., Sedgewick G.J. Actinobacillus actinomycescetemcomitans, Porphyromonas gingivalis, and Tannerella forsythensis are components of a polymicrobial intracellular flora within human buccal cells // *J Dent Res*. 2005. Vol. 84, N 1. P. 59–63. doi: 10.1177/154405910508400110

## REFERENCES

1. Davidovich NV, Solovieva NV, Galieva AS, Lepeshkin SY, Bashilova EN, Pisareva SN, Bazhukova TA. Role of antimicrobial peptides system in inflammatory periodontal diseases non-specific oral cavity protection. *Klin Lab Diagn*. 2021;66(7):422–427. (In Russ). doi: 10.51620/0869-2084-2021-66-7-422-427
2. Deinega AN, et al. Indicators of natural colonization of buccal epithelium in vegetarians. In: *Topical issues of modern medical science and healthcare: collection of articles*. IV international scientific and practical conference «Actual issues of modern medical science and health care». 2019 April 10–12; Yekaterinburg. Yekaterinburg: Ural state medical university; 2019. (In Russ). Available from: [http://elib.usma.ru/bitstream/usma/3984/1/USMU\\_Sbornik\\_statei\\_2019\\_1\\_257.pdf](http://elib.usma.ru/bitstream/usma/3984/1/USMU_Sbornik_statei_2019_1_257.pdf)
3. Trifonov NI. Expression of proteins p16, p21 and p53 in buccal epithelium in people of different ages in normal and chronic periodontitis. *Research results in biomedicine*. 2018;4(3):96–104. (In Russ). doi: 10.18413/2313-8955-2018-4-3-0-10
4. Hasiuk P, Hasiuk N, Kindiy D, et al. Characteristics of cellular composition of periodontal pockets. *Interv Med Appl Sci*. 2016;8(4):172–177. doi: 10.1556/1646.8.2016.4.5
5. Zyryanov BN, Sokolova TF. Adaptive reactions and immunity in the newcomers of the Far North. *Scientific bulletin of the Yamal-Nenets autonomous district*. 2021;(2(111)):48–58. (In Russ). doi: 10.26110/ARCTIC.2021.111.2.003
6. Sharma N, Bhatia S, Sodhi AS, Batra N. Oral microbiome and health. *AIMS Microbiol*. 2018;4(1):42–66. doi: 10.3934/microbiol.2018.1.42

7. Ushnitsky ID, Ivanov AV, Ivanova AA, et al. Clinical and epidemiological characteristics of pathological processes of periodontal tissues of an inflammatory and destructive nature. *Yakut Medical Journal*. 2018;(1(61)):83–86. (In Russ). doi: 10.25789/YMJ.2018.61.25
8. Serikova OV, Shumilovich BR, Filippova ZA, et al. Micronuclear test in gingival epithelium in persons with chronic periodontitis. *Journal of new medical technologies*. 2021;28(2):10–14. doi: 10.24412/1609-2163-2021-2-10-14
9. Tsarev VN, Nikolaeva EN, Ippolitov EV. Periodontopathogenic bacteria are the main factor in the occurrence and development of periodontitis. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii [Journal of microbiology, epidemiology and immunobiology]*. 2017;(5):101–112. (In Russ).
10. Kolmakova TS, Belik SN, Morgul' EV, Sevryukov AV. *Using a micronuclear test to evaluate the effectiveness of allergy treatment in children*. Rostov-on-Don: Izdatel'stvo RostGMU; 2013. 31 p. (In Russ).
11. Patent RUS N 2210770/20.08.2003. Tokmakova SI, Bondarenko OV, Sysoeva OV, Bashtova AA. *Method for determining the state of the oral mucosa*. Available from: <http://www.freepatent.ru/patents/2210770>. (In Russ).
12. Kurkin AV, Tuleutaeva ST, Esimova RZh, Kurilenko NYu. Comparative characteristics of cytograms of buccal epithelium in the final period of orthodontic treatment of anomalies in the development of the dental system in children. *Universum: medicine and pharmacology*. 2015;(12 (23)). Available from: <http://7universum.com/ru/med/archive/item/2840>. (In Russ).
13. Grzhibovskii AM, Unguryanu TN, Gorbatova MA. Correlation and one-factor linear regression analysis using SPSS and STATA software. *Narcology*. 2017;16( 9(189)):52–69. (In Russ).
14. Kornman KS, Van Dyke TE. Bringing light to the heat: "inflammation and periodontal diseases: a reappraisal". *J Periodontol*. 2008;79(8):1313. doi: 10.1902/jop.2008.080240
15. Sahu M, Suryawanshi H, Nayak S, Kumar P. Cytomorphometric analysis of gingival epithelium and buccal mucosa cells in type 2 diabetes mellitus patients. *J Oral Maxillofac Pathol*. 2017;21(2):224–228. doi: 10.4103/jomfp.JOMFP\_152\_16
16. Landay MA, Schroeder HE. Differentiation in normal human buccal mucosa epithelium. *J Anat*. 1979;128(Pt 1):31–51.
17. Molokanova YuP. Cytomorphological features of buccal epithelial cells in smoking youths. *Bulletin of the Moscow state regional university (natural sciences)*. 2017;1:21–30. (In Russ). doi: 10.18384/2310-7189-2017-1-21-30
18. Sakharuk NA. The microbial flora of the oral cavity normal and pathological. Morphology of fungi of the genus *Candida*. *Vestnik of Vitebsk state medical university*. 2008;7(2):137–143. (In Russ).
19. Yamashita Y, Takeshita T. The oral microbiome and human health. *J Oral Sci*. 2017;59(2):201–206. doi: 10.2334/josnusd.16-0856
20. Andrian E, Grenier D, Rouabhia M. Porphyromonas gingivalis-epithelial cell interactions in periodontitis. *J Dent Res*. 2006;85(5):392–403. doi: 10.1177/154405910608500502
21. Rudney JD, Chen R, Sedgewick GJ. Actinobacillus actinomyces-comitans, Porphyromonas gingivalis, and Tannerella forsythensis are components of a polymicrobial intracellular flora within human buccal cells. *J Dent Res*. 2005;84(1):59–63. doi: 10.1177/154405910508400110

## ОБ АВТОРАХ

**\*Александра Сергеевна Галиева**, ассистент;  
адрес: Россия, 163069, Архангельск, пр. Троицкий, 51;  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7037-7730>;  
eLibrary SPIN: 3054-9139; e-mail: alexgalieva@yandex.ru

**Наталья Валерьевна Давидович**, к.м.н., доцент;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6414-9870>;  
eLibrary SPIN: 5230-2125; e-mail: nvdavidovich@gmail.ru

**Александр Сергеевич Оправин**, д.м.н., профессор;  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0057-3357>;  
eLibrary SPIN: 7270-2960; e-mail: opravinas@nsmu.ru

**Татьяна Александровна Бажукова**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7890-2341>;  
eLibrary SPIN: 2220-2151; e-mail: tbazhukova@yandex.ru

**Леонид Леонидович Шагров**, младший научный сотрудник;  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2655-9649>;  
eLibrary SPIN: 3842-2145; e-mail: leonidshagrov@mail.ru

**Елена Николаевна Башилова**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9247-6633>;  
eLibrary SPIN: 9526-8284; e-mail: ebashilova@mail.ru

**Татьяна Юрьевна Гагарина**, к.м.н., доцент;  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3071-4146>;  
eLibrary SPIN: 3594-2167; e-mail: gagarlic@mail.ru

## AUTHORS INFO

**\*Aleksandra S. Galieva**, assistant lecturer;  
address: 51, Troickij avenue, 163069, Arhangel'sk, Russia;  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7037-7730>;  
eLibrary SPIN: 3054-9139; e-mail: alexgalieva@yandex.ru

**Natalija V. Davidovich**, Cand. Sci. (Med.), assistant professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6414-9870>;  
eLibrary SPIN: 5230-2125; e-mail: nvdavidovich@gmail.ru

**Aleksandr S. Opravin**, Dr.Sci. (Med.), professor;  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0057-3357>;  
eLibrary SPIN 7270-2960; e-mail: opravinas@nsmu.ru

**Tat'jana A. Bazhukova**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7890-2341>;  
eLibrary SPIN: 2220-2151; e-mail: tbazhukova@yandex.ru

**Leonid L. Shagrov**, junior research associate;  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2655-9649>;  
eLibrary SPIN: 3842-2145; e-mail: leonidshagrov@mail.ru

**Elena N. Bashilova**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9247-6633>;  
eLibrary SPIN: 9526-8284; e-mail: ebashilova@mail.ru

**Tat'jana J. Gagarina**, Cand. Sci. (Med.), assistant professor;  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3071-4146>;  
eLibrary SPIN: 3594-2167; e-mail: gagarlic@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106218>

# Применение метода масс-спектрометрии для оценки содержания эссенциальных и токсичных элементов в крови неэкспонированного взрослого населения Российской Федерации

Н.В. Зайцева, Т.С. Уланова, А.В. Недошитова, Г.А. Вейхман, М.В. Волкова, Е.В. Стенно

Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Пермь, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Введение.** Определение эссенциальных и токсичных элементов в крови населения — важная и актуальная задача мониторинговых, экологических и гигиенических исследований в доказательной медицине при оценке риска здоровью населения.

**Цель.** Биомониторинг неэкспонированных групп взрослого населения Российской Федерации, интерпретация полученных данных с учётом международных требований.

**Материал и методы.** В крови взрослого населения ( $n=80$ , возраст —  $45,8\pm 3,7$  года), проживающего в сельских районах Западного Урала Российской Федерации и на территории Севера Восточной Сибири ( $n=90$ , возраст —  $38,2\pm 7,6$  года), определены массовые концентрации V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Cd, Tl и Pb. Измерения осуществляли на квадрупольном масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Agilent 7500cx (Agilent Technologies, США) с октопольной реакционно-столкновительной ячейкой (ORS) в соответствии с разработанными авторами методиками МУК 4.1.3230-14 и МУК 4.1.3161-14 (ФР.1.31.2014.17064). Сравнивали интервал значений P5–P95 для неэкспонированных групп взрослого населения Западного Урала и Севера Восточной Сибири с данными гигиенических исследований в Германии, Италии, Франции и Канаде.

**Результаты.** Среднее арифметическое содержания элементов в крови взрослого населения Западного Урала составило 0,13 мкг/л (V); 4,75 мкг/л (Cr); 13,41 мкг/л (Mn); 4,06 мкг/л (Ni); 827 мкг/л (Cu); 5369 мкг/л (Zn); 0,42 мкг/л (As); 123 мкг/л (Se); 22,75 мкг/л (Sr); 0,45 мкг/л (Cd); 0,04 мкг/л (Tl); 14,37 мкг/л (Pb). Правильность результатов подтверждена стандартными образцами SERONORM™ Whole Blood L1 и SERONORM™ Whole Blood L2 (Норвегия). Результаты представлены в виде базовых статистических показателей: минимальное и максимальное значение, среднее арифметическое, 5-, 50-, 95-й процентиля — и интерпретированы с учётом современных международных требований.

**Заключение.** При сравнении интервала значений P5–P95 для неэкспонированных групп взрослого населения Западного Урала и Севера Восточной Сибири с данными гигиенических исследований, проводимых в Германии, Италии, Франции и Канаде, установлено, что в крови взрослого населения изученных районов РФ превышены концентрации хрома, марганца, никеля. Отмечены отличия в содержании меди, цинка, селена, мышьяка в крови взрослого населения РФ относительно референсных значений, используемых в диагностических лабораториях ALS Scandinavia, SIVR List Italy и монографии Норберта Тица (США).

**Ключевые слова:** биологический мониторинг человека; масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой; реакционно-столкновительная ячейка; ORS; внутренний стандарт; эссенциальные и токсичные элементы; кровь.

## Как цитировать:

Зайцева Н.В., Уланова Т.С., Недошитова А.В., Вейхман Г.А., Волкова М.В., Стенно Е.В. Применение метода масс-спектрометрии для оценки содержания эссенциальных и токсичных элементов в крови неэкспонированного взрослого населения Российской Федерации // Экология человека. Т. 29, № 7. С. 481–491. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106218>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106218>

# Application inductively coupled plasma mass spectrometry for assessing the content of essential and toxic elements in whole blood of unexposed adults in the Russian Federation

Nina V. Zaitseva, Tatyana S. Ulanova, Anna V. Nedoshitova, Galina A. Veikhman, Marina V. Volkova, Elena V. Stenno

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm', Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Determination of the essential and toxic elements in human blood is an important and urgent task in monitoring, environmental, and hygienic studies accomplished in evidence-based medicine when the population health risks are assessed.

**AIM:** Biomonitoring of unexposed adult population in the Russian Federation, interpretation of the obtained data taking into account international requirements.

**MATERIAL AND METHODS:** The contents of V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Cd, Tl and Pb were determined in the blood of adults ( $n=80$ , aged  $45.8\pm 3.7$  years) living in rural areas in the Western Urals region of the Russian Federation and in the territory of the North of Eastern Siberia ( $n=90$ , age  $38.2\pm 7.6$  years). The measurements were carried out using Agilent 7500cx quadrupole inductively coupled plasma mass spectrometer (Agilent Technologies, USA) with an octopole reaction-collision cell (ORS) in conformity with the Methodical guidelines 4.1.3230-14 and 4.1.3161-14 (FR.1.31.2014.17064) developed by the authors. We compared the range of P5–P95 values for unexposed groups of the adult population of the Western Urals and the North of Eastern Siberia with data from hygiene studies in Germany, Italy, France, and Canada.

**RESULTS:** The arithmetic mean content of elements in blood of adults Western Urals region amounted to 0.13  $\mu\text{g/l}$  (V); 4.75  $\mu\text{g/l}$  (Cr); 13.41  $\mu\text{g/l}$  (Mn); 4.06  $\mu\text{g/l}$  (Ni); 827  $\mu\text{g/l}$  (Cu); 5369  $\mu\text{g/l}$  (Zn); 0.42  $\mu\text{g/l}$  (As); 123  $\mu\text{g/l}$  (Se); 22.75  $\mu\text{g/l}$  (Sr); 0.45  $\mu\text{g/l}$  (Cd); 0.04  $\mu\text{g/l}$  (Tl); 14.37  $\mu\text{g/l}$  (Pb). The validity of the results was confirmed by analyzing standard samples of SERONORM™ Whole Blood L1 and SERONORM™ Whole Blood L2 (Norway). The results are presented as basic statistical indicators: minimum and maximum values, arithmetic mean, 5<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup>, 95<sup>th</sup> percentiles and are interpreted in accordance with up-to-date international requirements.

**CONCLUSION:** We compared the range of P5–P95 values for unexposed groups of adults in the Western Urals and the North of Eastern Siberia region with the results produced by several hygienic studies conducted in Germany, Italy, France and Canada. As a result, we established elevated concentrations of chromium, manganese, and nickel in the blood of adults from Russia. The contents of copper, zinc, selenium, and arsenic in the blood of adults living in the Russian Federation were different from the reference values used in such diagnostic laboratories as ALS Scandinavia, SIVR List Italy and in the monograph by Norbert Titz (USA).

**Keywords:** human biological monitoring; inductively coupled plasma mass spectrometry; reaction-collision cell; ORS; internal standard; essential and toxic elements; blood.

## To cite this article:

Zaitseva NV, Ulanova TS, Nedoshitova AV, Veikhman GA, Volkova MV, Stenno EV. Application inductively coupled plasma mass spectrometry for assessing the content of essential and toxic elements in whole blood of unexposed adults in the Russian Federation. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(7):481–491. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106218>

Received: 13.04.2022

Accepted: 05.07.2022

Published online: 05.08.2022

## ВВЕДЕНИЕ

Возрастающее поступление в среду обитания химических загрязнителей в процессе деятельности объектов промышленности, энергетики и транспорта приводит к возникновению рисков здоровью населения [1]. Химические загрязнители являются факторами окружающей среды и могут представлять различные классы химических токсикантов, включая мутагены, аллергены, канцерогены, репродуктивные токсиканты. Существует необходимость выбора биомаркёров на основе оценки риска для здоровья населения, уровня экспозиции в каждом конкретном регионе, токсикологической характеристики, интерпретации результатов, возможности снижения экспозиции [2]. Допустимые уровни воздействия вредных химических элементов на организм человека определяют, основываясь на результатах токсикологических и эпидемиологических исследований.

Вместе с тем нецелесообразно ограничивать перечень исследуемых элементов только токсичными. Микроэлементы играют важную роль в функционировании всех биологических систем и принимают участие во всех метаболических процессах, являются компонентами различных ферментов, катализируют биохимические реакции в клетках живых организмов и других биологически активных веществ. Например, Fe, Mn, Cu, Zn, Se вовлечены в работу эндогенной антиоксидантной системы, участвуют в работе транспортных белков и рецепторов. Особый интерес представляет взаимодействие эссенциальных и неэссенциальных элементов, токсических микроэлементов. Известно, что токсические эффекты кадмия, ртути и свинца могут быть нейтрализованы эссенциальными элементами, такими как селен и цинк [3].

Рекомендованными микроэлементами для диагностических целей в крови являются Cu, Zn, Mn, Ni, Se, Pb, Cr, As, Cd, Tl и V [4]. На территории Российской Федерации в рамках социально-гигиенического мониторинга оценивается влияние загрязнения среды обитания на здоровье населения. В дополнение к социально-гигиеническому мониторингу как эффективный инструмент для принятия управленческих решений может рассматриваться биологический мониторинг человека (БМЧ) для оценки риска здоровью населения [5].

В странах Евросоюза, Канаде, Японии, Австралии, США и в ряде других успешно функционируют национальные системы БМЧ, охватывающие различные категории населения. Во всём мире биомониторинг признан в качестве стандарта оценки воздействия (экспозиции) на человека токсических химических элементов, поступающих из объектов окружающей среды, и как основание для реагирования на серьёзные проблемы общественного здоровья. Анализ биологических материалов на содержание химических элементов — один из важных этапов медико-биологических исследований для формирования доказательной базы вреда здоровью под воздействием

среды обитания [6]. Для интерпретации данных биомониторинга используются разработанные в Германии комиссией Федерального агентства по окружающей среде референсные значения биологического воздействия на здоровье человека (БМЧ I, БМЧ II). Если содержание определяемого токсического элемента в биологических средах человека соответствует или ниже уровня БМЧ I, то негативное воздействие на здоровье не оказывается. Риск возникновения вредных эффектов для здоровья повышается, если концентрация превышает БМЧ II [7].

Анализ результатов определения биомаркёров в международных исследованиях предусматривает расчёт 95-го перцентиля (P95), который рассматривается как референсные значения для данной популяции [8]. В 2017 году [9] опубликованы исследования референсных значений RV95 таких элементов, как As, Cd, Co, Cu, Pb, Mn, Hg, Mo, Ni, Se, Zn, в крови населения Канады различного возраста.

В Российской Федерации биомониторинг проводят путем сравнения содержания химических элементов в биологических средах экспонированных групп с фоновыми значениями для соответствующих регионов [10, 11] или с данными по клиническим и лабораторным тестам [12, 13]. Совершенствование и развитие биомониторинга с расширением спектра определяемых специфических биомаркёров приведёт к повышению объективности оценки риска воздействия на здоровье населения в результате загрязнения окружающей среды.

Сопоставимость данных БМЧ между странами позволит обеспечить применение стандартизованных подходов к проведению исследований, выявить группы с высоким уровнем экспозиции и обеспечить эффективность мер по устранению негативного воздействия [14].

Определение содержания химических элементов в биологических средах является сложной аналитической задачей по причине очень малых концентраций большинства микроэлементов и их сложного матричного состава [15].

Наиболее перспективными методами, которые применяют для анализа биологических жидкостей без предварительной пробоподготовки, являются атомно-абсорбционный с электротермической атомизацией и масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) согласно рекомендациям ВОЗ и авторов [5, 16]. В данном исследовании был применён метод ИСП-МС как наиболее эффективный в определении большого количества элементов из одной пробы, обладающий низкими пределами обнаружения, характеризующийся широким линейным диапазоном определяемых концентраций, требующий небольшого количества анализируемого образца, экспрессный и селективный.

Для исследования влияния химических элементов на здоровье населения нами разработаны методики определения ванадия, хрома, марганца, никеля, меди, цинка, мышьяка, селена, стронция, кадмия, таллия, свинца в биологических средах (кровь, моча) методом ИСП-МС (МУК

4.1.3161-14, МУК 4.1.3230-14), позволяющие определить содержание 12 элементов из одной пробы на уровне следовых концентраций. Способ определения содержания 12 элементов в крови запатентован [17]. Методические особенности определения содержания ванадия, стронция, ртути и других элементов в крови, моче и волосах также представлены в наших работах [18–22].

**Цель работы.** Биомониторинг неэкспонированных групп взрослого населения РФ, представление результатов, основанных на анализе распределений, и интерпретация полученных данных с учётом современных международных требований.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследованы образцы крови взрослого населения, проживающего в сельских районах Западного Урала Российской Федерации ( $n=80$ , 92% женщин и 8% мужчин, возраст —  $45,8 \pm 3,7$  года) и на территории Севера Восточной Сибири ( $n=90$ , 91% женщин и 9% мужчин, возраст —  $38,2 \pm 7,6$  года). Информация об условиях экспозиции получена путем анкетирования. Участники дали добровольное согласие на проведение эксперимента. Исследование одобрено локальным комитетом по этике Федерального научного центра медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения (протокол № 7 от 25.04.2019), выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации (2013).

Количественное определение элементов в крови проводили, используя квадрупольный масс-спектрометр

с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7500cx (Agilent Technologies, США) с октопольной реакционно-столкновительной ячейкой (ORS). Мощность генератора плазмы — 1460 Вт. Пробы вводили с помощью двухканальной распылительной камеры Скотта при температуре 2 °С. Скорость подачи образца в распылительную камеру — 0,4 мл/мин. Расстояние от горелки до отбирающего конуса — 7,1 мм. Скорость работы детектора —  $\geq 100$  мкс на 1 ион. Соотношения  $^{140}\text{Ce}^{16}\text{O}^+ / ^{140}\text{Ce}^+$  составляли  $< 1\%$ , а для  $^{140}\text{Ce}^{2+} / ^{140}\text{Ce}^+$   $< 3\%$ . Для настройки использовали раствор  $^7\text{Li}$ ,  $^{59}\text{Co}$ ,  $^{89}\text{Y}$  и  $^{205}\text{Tl}$  в 2%  $\text{HNO}_3$  с концентрацией 1 мкг/л для каждого элемента (Tuning Solution, США). Применяли также жидкий аргон высокой (99,99%) чистоты (ТУ-2114-005-00204760-99). Максимальная скорость потока аргона — 20 л/мин, давление в канале подводки газа —  $700 \pm 20$  кПа. В качестве газа, заполняющего реакционно-столкновительную ячейку со скоростью 4,4 л/мин, использовали гелий высокой чистоты (ТУ-0271-135-31323949). Для снижения влияния «кислотного эффекта» скорость потока газа-носителя была установлена на 1,05 л/мин, скорость поддувочного газа — 0,13 л/мин [15].

В качестве основного стандартного раствора брали раствор, содержащий 27 элементов с концентрацией 10 мг/л в 5% водном растворе  $\text{HNO}_3$  (Multi-element calibration standard-2A; Agilent, США). Для приготовления растворов внутреннего стандарта (ВС) применяли комплексный стандартный раствор  $^{209}\text{Bi}$ ,  $^{73}\text{Ge}$ ,  $^{115}\text{In}$ ,  $^6\text{Li}$ ,  $^{45}\text{Sc}$ ,  $^{159}\text{Tb}$ ,  $^{89}\text{Y}$  с концентрацией 10 мг/л в 5% водном растворе  $\text{HNO}_3$  (Internal Standard Mix; Agilent, США). В качестве ВС для определения Pb и Tl использовали  $^{159}\text{Tb}$ ,

**Таблица 1.** Содержание элементов в стандартных образцах SERONORM™ Whole Blood L1 и SERONORM™ Whole Blood L2 (Норвегия), мкг/л

**Table 1.** The content of elements in control materials SERONORM™ Whole Blood L1 and SERONORM™ Whole Blood L2 (Norway), µg/l

| Элемент<br>Element | SERONORM Whole Blood L1 ( $n=50$ ) |   |   | SERONORM Whole Blood L2 ( $n=50$ ) |   |   |
|--------------------|------------------------------------|---|---|------------------------------------|---|---|
|                    | Найдено<br>Found                   | Аттестованное значение<br>Certified value | Процент извлечения<br>Percent of extraction | Найдено<br>Found                   | Аттестованное значение<br>Certified value | Процент извлечения<br>Percent of extraction |
| V                  | 1,08–1,56                          | 1,30                                      | 83–119                                      | 5,6–6,3                            | 5,9                                       | 95–106                                      |
| Cr                 | 0,70–1,03                          | 0,86                                      | 81–120                                      | 10,3–13,3                          | 11,8                                      | 87–112                                      |
| Mn                 | 17,0–23,1                          | 20,7                                      | 82–111                                      | 26,6–32,6                          | 29,9                                      | 89–109                                      |
| Ni                 | 1,01–1,36                          | 1,18                                      | 86–115                                      | 16,2–19,4                          | 17,9                                      | 91–108                                      |
| Cu                 | 583–720                            | 680                                       | 86–106                                      | 1171–1482                          | 1330                                      | 88–111                                      |
| Zn                 | 4008–4677                          | 4400                                      | 91–106                                      | 6232–6757                          | 6500                                      | 96–104                                      |
| As                 | 2,11–2,65                          | 2,40                                      | 88–110                                      | 13,1–15,3                          | 14,3                                      | 92–107                                      |
| Se                 | 50–62                              | 59  | 85–106                                      | 99–132                             | 112                                       | 88–118                                      |
| Sr                 | 13,7–16,4                          | 15,3                                      | 90–107                                      | 13,8–16,3                          | 14,9                                      | 92–109                                      |
| Cd                 | 0,34–0,40                          | 0,36                                      | 94–110                                      | 5,4–6,2                            | 5,8                                       | 93–106                                      |
| Tl                 | —                                  | —   | —   | 9,8–10,9                           | 10,3                                      | 95–105                                      |
| Pb                 | 9,0–12,2                           | 10,2                                      | 88–119                                      | 275–343                            | 310                                       | 89–111                                      |

при определении Cd —  $^{115}\text{In}$ , а для остальных элементов —  $^{72}\text{Ge}$  вследствие близости потенциалов ионизации и атомной массы.

Для подготовки проб и приготовления градуировочных растворов применяли особо чистую  $\text{HNO}_3$  (Sigma-Aldrich, США). Концентрации градуировочных растворов для определения V, Cr, Mn, Ni, As, Se, Sr, Cd, Tl и Pb в крови составляли 0,0; 0,1; 0,5; 1,0; 5,0 мкг/л, для Cu, Zn — 0,0; 0,1; 0,5; 1,0; 5,0; 10,0; 50,0 мкг/л. Лабораторную посуду для подготовки к анализу очищали в ультразвуковой мойке Elmasonic S100H (ELMA, Германия). Особо чистая вода с удельным сопротивлением 18,2 МОм·см получена с использованием системы Milli-Q Integral (Millipore SAS, Франция).

Пробы для анализа крови брали из вены в вакуумные пробирки из полипропилена с напылением лития гепарина (Chengdu Puth Medical Plastics Packaging Co, Китай) и готовили способом кислотной минерализации: к пробе крови объемом 0,1 мл добавляли 0,1 мл комплексного раствора  $\text{BC}$ , 0,2 мл концентрированной  $\text{HNO}_3$  и выдерживали при нагревании 65–70 °С в течение 2–3 ч до гомогенизации. Затем содержимое пробирки доводили до 10 мл деионизованной водой и центрифугировали 10 мин со скоростью 2700–3000 об./мин на центрифуге «ЦЛМН-Р10-01 Элекон» («Листон», Россия). Данный способ кислотного растворения значительно сокращает время, затраченное на подготовку проб крови для анализа, и позволяет определять за рабочий день до 60–70 проб.

Определение токсичных и эссенциальных элементов в крови взрослых, проживающих в условиях отсутствия экспозиции, в типичных природно-климатических зонах

Западного Урала и на территории Севера Восточной Сибири, осуществляли методом ИСП-МС в соответствии с МУК 4.1.3230-14, МУК 4.1.3161-14.

Для проверки правильности и точности результатов анализа крови проводимого исследования использовали стандартные образцы SERONORM™ Whole Blood L1 и SERONORM™ Whole Blood L2 (Sero AS, Норвегия) (табл. 1). Перед анализом сертифицированные контрольные материалы подвергались той же процедуре подготовки, что и рабочие пробы.

**Статистическая обработка** результатов исследования выполнена в программе Microsoft Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Данные исследования крови неэкспонированного взрослого населения Западного Урала представлены в табл. 2. Результаты даны в виде базовых статистических показателей: минимальное и максимальное значение, среднее арифметическое, 5-, 50-, 95-й процентиля. Были также получены данные по неэкспонированной территории Севера Восточной Сибири, которые представлены в виде диапазона P5-P95 в табл. 3.

Результаты проведенного исследования сравнивали с аналогичными исследованиями крови взрослого населения Канады [23], Франции [24], городских жителей Италии [25] и жителей Германии, проживающих вдали от промышленного региона [26] (см. табл. 3). В качестве референсных значений приведены данные, используемые в диагностических лабораториях ALS Scandinavia [13], SIVR LIST Italy [27] и монографии Норберта Тица [12].

**Таблица 2.** Содержание элементов в крови неэкспонированного взрослого населения Западного Урала, мкг/л

**Table 2.** The content of elements in the blood of the unexposed adults in the Western Urals, µg/l

| Элемент<br>Element | Min-Max     | Среднее арифметическое<br>Arithmetical mean | Процентили / Percentiles |       |       |
|--------------------|-------------|---|--------------------------|-------|-------|
|                    |             |   | P5                       | P50   | P95   |
| $^{51}\text{V}$    | 0,05–1,2    | 0,13  | 0,05                     | 0,05  | 0,52  |
| $^{53}\text{Cr}$   | 0,5–11,6    | 4,75  | 0,60                     | 4,60  | 9,03  |
| $^{55}\text{Mn}$   | 1,3–34,7    | 13,41                                       | 2,50                     | 13,2  | 26,18 |
| $^{60}\text{Ni}$   | 0,1–18,7    | 4,06  | 0,1                      | 3,20  | 10,0  |
| $^{63}\text{Cu}$   | 602–1633    | 827   | 651                      | 793   | 1047  |
| $^{66}\text{Zn}$   | 644–9566    | 5369  | 4046                     | 5308  | 7299  |
| $^{75}\text{As}$   | 0,05–2,80   | 0,42  | 0,05                     | 0,13  | 1,80  |
| $^{82}\text{Se}$   | 66–175      | 123   | 77                       | 127   | 166   |
| $^{88}\text{Sr}$   | 1,1–107,0   | 22,75                                       | 4,54                     | 19,4  | 51,28 |
| $^{111}\text{Cd}$  | 0,05–2,0    | 0,45  | 0,05                     | 0,27  | 1,6   |
| $^{205}\text{Tl}$  | 0,007–0,190 | 0,04  | 0,007                    | 0,06  | 0,12  |
| $^{208}\text{Pb}$  | 1–44        | 14,37                                       | 3,75                     | 12,70 | 37,06 |

Примечание: P5 — 5-й процентиль; P50 — 50-й процентиль (медиана); P95 — 95-й процентиль.

Note: P5 — 5 percentile; P50 — 50 percentile (median); P95 — 95 percentile.

**Таблица 3.** Критериальные оценочные уровни содержания элементов в крови взрослого населения Российской Федерации и стран Европы, мкг/л  
**Table 3.** Criteria estimated levels of the elements in the blood of adults in the Russian Federation and Europe, µg/l

| Элемент<br>Element | Западный Урал<br>West Urals (n=80),<br>2019 год,<br>P5–P95 | Север Восточной<br>Сибири / North of East<br>Siberia (n=90),<br>2019 год, P5–P95 | Германия /<br>Germany (n=130),<br>2006 год,<br>P5–P95 | Канада / Canada<br>(n=1222),<br>2009–2011 гг.,<br>P10–P95 | Италия / Italy<br>(n=110),<br>2005 год,<br>P5–P95 | Франция / France<br>(n=100),<br>2005 год,<br>P5–P95 | Референсные уровни / Reference |                    |            |
|--------------------|--|--|---|---|---|---|--------------------------------|--------------------|------------|
|                    |  |  |   |   |   |   | SIVR Italy,<br>P5–P95          | ALS<br>Scandinavia | N. Tietz   |
| <sup>51</sup> V    | 0,05–0,52  | 0,05–0,77  | 0,021–0,103   | —   | 0,03–0,18   | —   | 0,03–0,20                      | 0,012–0,230        | 0,06–0,87  |
| <sup>53</sup> Cr   | 0,60–9,03  | 0,30–8,95  | —   | <0,12–0,43  | 0,12–1,07   | —   | 0,1–0,5                        | 0,4–1,2            | 0,7–28,0   |
| <sup>55</sup> Mn   | 2,50–26,18   | 3,04–28,43   | 5,7–14,6  | 6,7–15,0  | 1,53–13,20  | 5,0–12,8  | 3,0–8,0                        | 7–18               | 4,2–16,5   |
| <sup>60</sup> Ni   | 0,1–10,0   | 0,90–19,09   | 0,03–0,22   | <0,32–1,10  | 0,14–2,13   | 0,09–4,18   | 0,1–2,0                        | 0,30–0,77          | 1,0–28,0   |
| <sup>63</sup> Cu   | 651–1047   | 654–1450   | 804–1620  | 720–1100  | 686–1157  | —   | 600–1280                       | 590–1470           | 900–1500   |
| <sup>66</sup> Zn   | 4046–7299  | 2797–6815  | —   | 5100–7500   | 5189–8337   | —   | 3500–7500                      | 3500–9100          | 7000–12000 |
| <sup>75</sup> As   | 0,05–1,80  | 0,19–5,56  | 0,16–2,30   | —   | —   | 2,6–17,8  | 1,0–12,0                       | 0,5–4,2            | 2,0–23,0   |
| <sup>82</sup> Se   | 77–166   | 67,3–142,8   | 105–164   | 160–240   | —   | 89–154  | 70–145                         | 138–277            | 58–234     |
| <sup>88</sup> Sr   | 4,54–51,28   | 6,65–59,39   | 11–39   | —   | 10,1–50,3   | 9–41  | —                              | 7–25               | —          |
| <sup>111</sup> Cd  | 0,05–1,60  | 0,09–1,90  | 0,12–1,90   | 0,11–3,10   | 0,25–1,97   | 0,15–2,04   | 1,0–1,5                        | 0,03–0,54          | 0–5,0      |
| <sup>205</sup> Tl  | 0,007–0,120  | —  | <0,010–0,035  | —   | 0,03–0,15   | 0,011–0,035   | <0,01–0,08                     | 0,021–0,062        | <5         |
| <sup>208</sup> Pb  | 3,75–37,06   | 3,84–32,78   | 8–47  | 7–32  | 12,8–79,5   | 11,4–62,8   | 1–100                          | 4–43               | 0–249      |

## ОБСУЖДЕНИЕ

На территории Западного Урала не обнаружено превышения предельно допустимых концентраций определяемых элементов в атмосферном воздухе и питьевой воде. Степень извлечения для каждого элемента находится в диапазоне соответствующих методик определения и не превышает 20%. Таким образом, разработанные методики позволяют определять содержание элементов в крови на референсном уровне с высокой точностью.

В крови неэкспонированной группы взрослого населения Западного Урала медиана близка к средней арифметической для хрома, марганца, никеля, меди, цинка, селена, таллия и свинца, что свидетельствует о нормальном распределении значений в выборке, и оценивать содержание элементов можно с использованием среднего арифметического. Для ванадия и мышьяка необходимо использовать медиану (50-й перцентиль). Диапазон P5–P95 позволяет достоверно оценить содержание всех элементов и использовать в качестве границы нормы лабораторных показателей в неэкспонированной группе для любого типа распределения.

## Токсичные элементы

**Мышьяк.** Самым важным источником экспозиции к неорганическим соединениям мышьяка является питьевая вода, что выявляет зависимость от геохимических условий территории. Содержание мышьяка в крови неэкспонированных жителей района Севера Восточной Сибири превышает в 3 раза P95 в сравнении с группой взрослых Западного Урала. Концентрация мышьяка в крови исследуемых взрослых Российской Федерации ниже, чем на обследуемых территориях Германии и Франции. У жителей Западного Урала концентрация мышьяка ниже референсных значений диагностических лабораторий Италии и Скандинавии и находится в пределах референсных значений по Н. Тицу. Данные распределения представлены на рис. 1.

**Кадмий** — мощный нефротоксический загрязнитель окружающей среды, оказывает негативное воздействие на организм человека (экспозиция через продукты питания и табачный дым), поэтому особенно актуален биомониторинг индустриальной местности [5]. Среднее содержание кадмия в крови взрослого населения Западного Урала превышает референсные значения в диагностических

лабораториях Италии и Скандинавии, но вместе с тем находится в пределах референсных значений по Н. Тицу. Концентрации кадмия исследуемых взрослых Российской Федерации ниже в сравнении со взрослым населением Германии, Канады, Италии и Франции. Содержание в крови неэкспонированных жителей Севера Восточной Сибири превышает P95 кадмия в 1,2 раза по сравнению с группой взрослых Западного Урала.

**Таллий.** Содержание таллия в крови неэкспонированного взрослого населения Западного Урала — 0,007–0,120 мкг/л, что значительно ниже референсных значений по Н. Тицу (<5 мкг/л).

**Свинец.** Значения БМЧ I 150 мкг/л и БМЧ II 250 мкг/л, установленные для свинца в крови взрослых, отменены в 2010 году. Немецкая комиссия по биомониторингу заключила, что не существует безопасного уровня экспозиции к свинцу. Даже низкие уровни экспозиции (ниже 100 мкг/л) оказывают негативное воздействие на здоровье, а нижний порог негативного воздействия не был выявлен [28]. Концентрация свинца в крови взрослых Западного Урала значительно ниже в сравнении со взрослым населением Германии, Италии и Франции, а также гораздо ниже референсных уровней Италии и Скандинавии. Вместе с тем особых различий содержания свинца в крови неэкспонированных взрослых на территориях Западного Урала и Севера Восточной Сибири не выявлено.

## Эссенциальные элементы

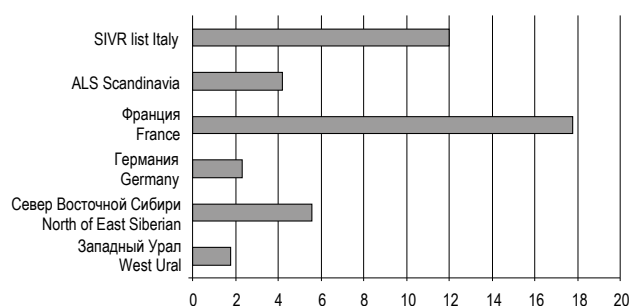
В качестве региональных особенностей у населения Российской Федерации следует отметить повышенное содержание таких исследуемых элементов, как ванадий, хром, марганец, никель, стронций, по сравнению с содержанием определяемых элементов в крови взрослого населения Германии, Канады, Италии и Франции.

**Марганец.** Среднее содержание марганца в крови взрослого населения Западного Урала превышает референсные уровни и соответствует содержанию этого элемента в крови взрослых на территории Севера Восточной Сибири (рис. 2).

**Медь и цинк.** Концентрации меди и цинка в крови на исследуемой территории соответствуют референсным уровням. Содержание данных элементов в крови взрослых Западного Урала ниже в сравнении со взрослым населением Германии, Канады, Италии и Франции.

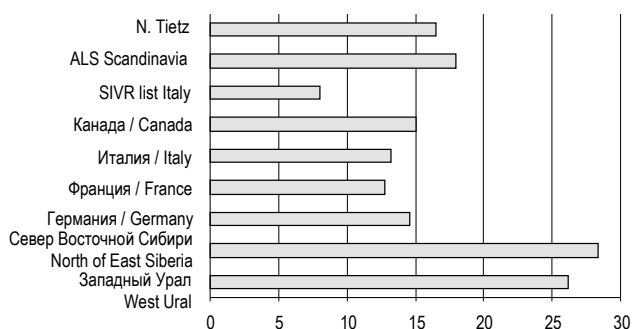
**Селен.** Содержание селена у взрослого населения Западного Урала в 1,2 раза выше, чем у взрослых на территории Севера Восточной Сибири, и в 1,4 раза ниже по сравнению с жителями Канады, а также соответствует референсным значениям у жителей Италии, Скандинавии и находится в пределах референсных значений по Н. Тицу.

**Стронций.** Содержание стронция в крови неэкспонированного взрослого населения Западного Урала превышает референсные значения у жителей Скандинавии. На территории Севера Восточной Сибири



**Рис. 1.** Содержание мышьяка (P95) в крови взрослого населения, мкг/л.

**Fig. 1.** Arsenic concentration (P95) in blood adults, µg/l.



**Рис. 2.** Содержание марганца (P95) в крови взрослого населения, мкг/л.

**Fig. 2.** Manganese concentration (P95) in blood adults, µg/l.

у неэкспонированных взрослых повышена концентрация стронция по P95 в 1,2 раза по сравнению с исследуемым населением Западного Урала.

**Ванадий.** Установлено, что содержание ванадия в крови неэкспонированных жителей Севера Восточной Сибири превышает P95 ванадия в 1,48 раза по сравнению с группой взрослых Западного Урала. Концентрация этого элемента находится в пределах референсных значений по Н. Тицу. Среднее содержание ванадия превышает референсные уровни, используемые в диагностических лабораториях Италии и Скандинавии.

## Канцерогены

Никель, хром и мышьяк относят к числу канцерогенов, так как они ускоряют развитие опухолей или увеличивают частоту появления новообразований. Их выделяют по генетическому механизму канцерогенного действия, относят к веществам, действующим на геном клетки, и называют «генотоксическими агентами» [29].

**Никель.** Содержание в крови неэкспонированных жителей Севера Восточной Сибири превышает P95 никеля в 2 раза по сравнению с группой взрослых Западного Урала. Среднее содержание никеля в крови взрослых Западного Урала превышает референсные уровни, используемые в диагностических лабораториях Италии и Скандинавии. Концентрация никеля находится в пределах референсных значений по Н. Тицу (рис. 3).

**Хром.** Среднее содержание хрома в крови взрослого населения Западного Урала превышает референсные уровни Италии и Скандинавии, а также соответствует содержанию хрома в крови взрослых на территории Севера Восточной Сибири (рис. 4). Концентрация хрома находится в пределах референсного интервала по Н. Тицу.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определены массовые концентрации V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Cd, Tl, и Pb в крови неэкспонированного населения Западного Урала и Севера Восточной Сибири методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой в соответствии с разработанными авторами МУК 4.1.3230-14 и МУК 4.1.3161-14. Результаты представлены в виде базовых статистических показателей: минимальное и максимальное значение, среднее арифметическое, 5-, 50-, 95-й процентиля — и интерпретированы с учётом современных международных требований.

Установлено, что содержание ванадия, хрома, никеля, меди, цинка, мышьяка, селена, кадмия и свинца в крови неэкспонированного взрослого населения Западного Урала находится в пределах референсных значений по Н. Тицу. В качестве региональных особенностей следует отметить повышенное содержание ванадия, хрома, марганца, никеля и стронция по сравнению со взрослым населением Франции, Италии, Германии и Канады.

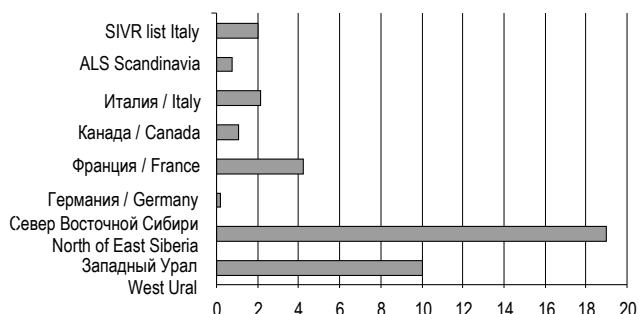
Сравнение с содержанием элементов в крови стран Европы и Канады по P95 показало пониженное содержание мышьяка, кадмия и свинца в крови неэкспонированных взрослых на территории Западного Урала. Найденное содержание стронция в крови выше значений, характерных для стран Европы, при отсутствии рекомендательных значений по Н. Тицу.

В крови взрослого населения Западного Урала также следует отметить пониженное содержание таких эссенциальных элементов, как медь, цинк, селен, относительно значений, характерных для стран Европы и Канады, а также референсных уровней по Н. Тицу.

Результаты данного исследования могут быть использованы в доказательной медицине для оценки воздействия токсичных элементов на различных территориях, биомониторинговых исследований по оценке рисков для здоровья населения, а также как фоновые уровни для неэкспонированных групп взрослого населения РФ.

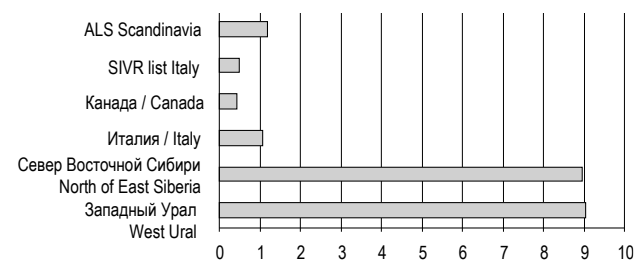
## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITION INFORMATION

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы



**Рис. 3.** Содержание никеля (P95) в крови взрослого населения, мкг/л.

**Fig. 3.** Nickel concentration (P95) in blood adults, µg/L.



**Рис. 4.** Содержание хрома (P95) в крови взрослого населения, мкг/л.

**Fig. 4.** Chromium concentration (P95) in blood adults, µg/L.

внесли вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: концепция и дизайн исследования — Н.В. Зайцева, Т.С. Уланова, Г.А. Вейхман; сбор и обработка материалов — А.В. Недошитова, М.В. Волкова, Е.В. Стенно; статистическая обработка и написание текста — А.В. Недошитова, Г.А. Вейхман; редактирование и утверждение окончательного варианта статьи — Н.В. Зайцева, Т.С. Уланова, А.В. Недошитова.

**Authors' contribution.** Concept and design of the study — N.V. Zaitseva, T.S. Ulanova, G.A. Veikhman; collection and processing of materials — A.V. Nedoshitova, M.V. Volkova, E.V. Steno; statistical processing and writing of the text — A.V. Nedoshitova, G.A. Veikhman; editing and approval of the final version of the article — N.V. Zaitseva, T.S. Ulanova, A.V. Nedoshitova. 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).

**Финансирование.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Funding source.** The authors declare no external funding for the study.

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

**Competing interests.** The authors declare the absence of any potential conflict of interests.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маркова О.Л., Шилов В.В., Кузнецов А.В., Метелица Н.Д. Сравнительная оценка подходов к проблеме биомониторинга здоровья человека отечественных и зарубежных исследователей (обзор литературы) // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99, №6. С. 545–550. doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-6-545-550
2. Шилов В.В., Маркова О.Л., Кузнецов А.В. Биомониторинг воздействия вредных химических веществ на основе современных биомаркеров. Обзор литературы // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 6. С. 591–596. doi:10.18821/0016-9900-2019-98-6-591-596
3. Зверева В.В., Трунова В.А. Определение элементного состава тканей сердечно-сосудистой системы атомно-спектрометрическими, масс-спектрометрическими и рентгено-спектральными методами анализа // Журнал аналитической химии. 2012. Т. 67, № 7. С. 677–696.
4. Калетина Н.И. Токсикологическая химия. Метаболизм и анализ токсикантов. Москва : Геотар-Медиа, 2008. 1016 с.
5. WHO. Human biomonitoring: facts and figures. WHO european regional office : 2015.
6. <https://www.cdc.gov/> [Internet]. Third national report on human exposure to environmental chemicals: centers for disease control and prevention. Atlanta, Georgia, USA, 2005. [дата обращения: 22.03.2022]. Доступ по ссылке: [https://www.cdc.gov/exposurereport/data\\_tables.html](https://www.cdc.gov/exposurereport/data_tables.html)
7. Schulz C., Wilhelm M., Heudorf U., Kolossa-Gehring M., Human biomonitoring commission of the german federal environment agency. Update of the reference and HBM values derived by the German Human Biomonitoring Commission // Int J Hyg Environ Health. 2011. Vol. 215, N 1. P. 26–35. doi: 10.1016/j.ijheh.2011.06.007
8. Ewers U., Krause C., Schulz C., Wilhelm M. Reference values and human biological monitoring values for environmental toxins. Report on the work and recommendations of the Commission on Human Biological Monitoring of the German Federal Environmental Agency // Int Arch Occup Environ Health. 1999. Vol. 72, N 4. P. 255–260. doi: 10.1007/s004200050369
9. Saravanabhavan G., Werry K., Walker M., et al. Human biomonitoring reference values for metals and trace elements in blood and urine derived from the Canadian Health Measures Survey 2007–2013 // Int J Hyg Environ Health. 2017. Vol. 220. P. 189–200. doi: 10.1016/j.ijheh.2016.10.006
10. МУ 2.1.10.2809-10. Состояние здоровья населения в связи с состоянием природной среды и условиями проживания населения. Использование биологических маркеров для оценки загрязнения среды обитания металлами в системе социально-гигиенического мониторинга: методические указания (утв. Роспотребнадзором 28.10.2010). Москва, 2011.
11. Уланова Т.С., Нурисламова Т.В., Карнажицкая Т.Д., Гилева О.В. Методические особенности определения химических соединений и элементов в биологических средах // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 1. С. 112–116. doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-112-116
12. Tietz N.W. Clinical guide to laboratory tests. 4th edition. USA : W.B. Saunders Company, 2006.
13. Reference data biomonitoring. Trace elements in human biological material [Internet]. ALS Scandinavia : 2014. Дата обращения: 22.03.2022. Доступ по ссылке: [https://www.alsglobal.se/media-se/pdf/reference\\_data\\_biomonitoring.pdf](https://www.alsglobal.se/media-se/pdf/reference_data_biomonitoring.pdf)
14. Егоров А.И., Ильченко И.Н., Ляпунов С.М., и др. Применение стандартизированной методологии биомониторинга человека для оценки пренатальной экспозиции к ртути // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93, № 5. С. 10–18.
15. Серегина И.Ф., Осипов К., Большов М.А., Филатова Д.Г., Ланская С.Ю. Матричные помехи при определении элементов в биологических образцах методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и пути их устранения // Журнал аналитической химии. 2019. Т. 74, № 2. С. 136–146. doi: 10.1134/S0044450219020117
16. Иваненко Н.Б., Ганеев А.А., Соловьев Н.Д., Москвин Л.Н. Определение микроэлементов в биологических жидкостях // Журнал аналитической химии. 2011. Т. 66, № 9. С. 900–915.
17. Патент РФ на изобретение № 2585369С1. Зайцева Н.В., Уланова Т.С., Вейхман Г.А., Стенно Е.В., Гилева О.В., Недошитова А.В. Способ определения содержания кадмия, свинца, мышьяка, хрома, никеля, меди, цинка, марганца, ванадия, стронция, селена, таллия в крови методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Режим доступа: <https://patentimages.storage.googleapis.com/30/20/95/531c5544c0168f/RU2585369C1.pdf>
18. Уланова Т.С., Гилева О.В., Стенно Е.В., Вейхман Г.А., Недошитова А.В. Особенности определения стронция в цельной крови и моче методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой // Биомедицинская химия. 2015. Т. 61, № 5. С. 613–616. doi: 10.18097/PBMC20156105613
19. Гилева О.В., Уланова Т.С., Вейхман Г.А., Недошитова А.В., Стенно Е.В. Методическое обеспечение определения токсичных и эссенциальных элементов в биологических средах человека для задач социально-гигиенического мониторинга и биомедицинских исследований // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 1. С. 116–121. doi: 10.18821/00169900-2016-95-1-116-121
20. Уланова Т.С., Стенно Е.В., Вейхман Г.А., Недошитова А.В. Методические и практические аспекты определения общей ртути в образцах цельной крови, мочи и волос методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой // Анализ риска здоровью. 2018. № 2. С. 119–128. doi: 10.21668/health.risk/2018.2.14
21. Уланова Т.С., Вейхман Г.А., Недошитова А.В. Методические особенности и практическое использование определения алюминия в крови и моче методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 165–174. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.18
22. Зайцева Н.В., Уланова Т.С., Вейхман Г.А., Стенно Е.В., Недошитова А.В. Особенности элементного состава цельной крови неэкспонированного детского населения Западного Урала // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 12. С. 1408–1413. doi: 10.47470/0016-9900-2019-98-12-1408-1413
23. Second report on human biomonitoring of environmental chemicals in Canada. Results of the Canadian health measures

- survey cycle 2 (2009–2011). Health Canada Ottawa, 2013. Дата обращения: 22.03.2022. Доступ по ссылке: [https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt\\_formats/pdf/pubs/contaminants/chms-ecms-cycle2/chms-ecms-cycle2-eng.pdf](https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt_formats/pdf/pubs/contaminants/chms-ecms-cycle2/chms-ecms-cycle2-eng.pdf)
24. Goulle J.-P., Mahieu L., Castermant J., et al. Metal and metalloid multi-elementary ICP-MS validation in whole blood, plasma, urine and hair. Reference values // *Forensic Sci Int*. 2005. Vol. 153, N 1. P. 39–44. doi: 10.1016/j.forsciint.2005.04.020
  25. Alimonti A., Bocca B., Mannella E., et al. Assessment of reference values for selected elements in a healthy urban population // *Ann Ist Super Sanita*. 2005. Vol. 41, N 2. P. 181–187.
  26. Heitland P., Köster H.D. Biomonitoring of 37 trace elements in blood samples from inhabitants of northern Germany by ICP-MS // *J Trace Elem Med Biol*. 2006. Vol. 20, N 4. P. 253–262. doi: 10.1016/j.jtemb.2006.08.001
  27. SIVR circuit laboratory or literature valuation: 5–95<sup>th</sup> of reference values in blood of Italian population. 2005.
  28. Sanders T., Liu Y., Buchner V., Tchounwou PB. Neurotoxic effects and biomarkers of lead exposure: a review // *Rev on Environ Health*. 2009. Vol. 24, N 1. P. 15–45. doi: 10.1515/REVEH.2009.24.1.15
  29. Куценко С.А. Основы токсикологии. Санкт-Петербург : Фолиант (мед.), 2004. 720 с.

## REFERENCES

1. Markova OL, Shilov VV, Kuznetsov AV, Metelitsa ND. Comparative assessment of approaches to human biomonitoring problem by national and foreign researchers (literature review). *Hygiene and Sanitation*. 2020;99(6): 545–550. (In Russ). doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-6-545-550
2. Shilov VV, Markova OL, Kuznetsov AV. Biomonitoring of influence of harmful chemicals on the basis of the modern biomarkers. Literature review. *Hygiene and sanitation*. 2019;98(6):591–596. (In Russ). doi:10.18821/0016-9900-2019-98-6-591-596
3. Zvereva VV, Trunova VA. Determination of the elemental composition of tissues of the cardiovascular system by atomic spectrometry, mass spectrometry and X-Ray spectrometry methods. *Journal of analytical chemistry*. 2012;67(7):677–696. (In Russ).
4. Kaletina NI. *Toxicological chemistry. Metabolism and analysis of toxicants*. Moscow; 2008. 1016 p. (In Russ).
5. WHO. *Human biomonitoring: facts and figures*. WHO european regional office; 2015.
6. <https://www.cdc.gov/> [Internet]. *Third national report on human exposure to environmental chemicals: centers for disease control and prevention*. Atlanta, Georgia, USA; 2005. [cited 2022 March 22]. Available from: [https://www.cdc.gov/exposurereport/data\\_tables.html](https://www.cdc.gov/exposurereport/data_tables.html)
7. Schulz C, Wilhelm M, Heudorf U, Kolossa-Gehring M; Human Biomonitoring Commission of the German Federal Environment Agency. Update of the reference and HBM values derived by the German Human Biomonitoring Commission. *Int J Hyg Environ Health*. 2011;215(1):26–35. doi: 10.1016/j.ijheh.2011.06.007
8. Ewers U, Krause C, Schulz C, Wilhelm M. Reference values and human biological monitoring values for environmental toxins. Report on the work and recommendations of the Commission on Human Biological Monitoring of the German Federal Environmental Agency. *Int Arch Occup Environ Health*. 1999;72(4):255–260. doi: 10.1007/s004200050369
9. Saravanabhavan G, Werry K, Walker M, et al. Human biomonitoring reference values for metals and trace elements in blood and urine derived from the Canadian Health Measures Survey 2007–2013. *Int J Hyg Environ Health*. 2017;220(2 Pt A): 189–200. doi: 10.1016/j.ijheh.2016.10.006
10. *Methodological instructions 2.1.10.2809–10. Population health in connection with the state of the environment and living conditions of the population (approved by Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing 28.10.2010)*. Moscow; 2011. (In Russ).
11. Ulanova TS, Nurislamova TV, Karnazhitskaya TD, Gileva OV. Methodical peculiarities and guidelines for the determination of chemical compounds and elements in the biological matrices. *Hygiene and sanitation*. 2016;95(1):112–116. (In Russ). doi:10.18821/0016-9900-2016-95-1-112-116
12. Tietz NW. *Clinical guide to laboratory tests. 4th edition*. USA: W.B. Saunders Compani; 2006.
13. Reference data biomonitoring. *Trace elements in human biological material* [Internet]. ALS Scandinavia: 2014 [cited 2022 March 22]. Available from: [https://www.alsglobal.se/media-se/pdf/reference\\_data\\_biomonitoring.pdf](https://www.alsglobal.se/media-se/pdf/reference_data_biomonitoring.pdf)
14. Egorov AI, Ilchenko IN, Lyapunov SM, et al. Application of a standardized human biomonitoring methodology to assess prenatal exposure to mercury. *Hygiene and sanitation*. 2014;93(5):10–18. (In Russ).
15. Seregina IF, Bol'shov MA, Filatova DG, Lanskaya SY, Osipov K. Matrix interference in the determination of elements in biological samples by inductively coupled plasma-mass spectrometry and methods for its elimination. *Journal of analytical chemistry*. 2019;74(2):136–146. (In Russ). doi: 10.1134/S0044450219020117
16. Ivanenko NB, Ganeev AA, Solovyev ND, Moskvina LN. Determination of trace elements in biological fluids. *Journal of analytical chemistry*. 2011;66(9):900–915. (In Russ).
17. Patent RUS N 2585369C1. *Method for determining the content of cadmium, lead, arsenic, chromium, nickel, copper, zinc, manganese, vanadium, strontium, selenium, thallium in the blood by inductively coupled plasma mass spectrometry*. Zajceva NV, Ulanova TS, Veikhman GA, Stenno EV, Gileva OV, Nedoshitova AV. Available from: <https://patentimages.storage.googleapis.com/30/20/95/531c-5544c0168f/RU2585369C1.pdf> (In Russ).
18. Ulanova TS, Gileva OV, Stenno EV, Veikhman GA, Nedoshitova AV. Determination of strontium content in whole blood and urine by ICP-MS. *Biomedical chemistry*. 2015;61(5):613–616. (In Russ). doi: 10.18097/PBMC20156105613
19. Gileva OV, Ulanova TS, Veikhman GA, Nedoshitova AV, Stenno EV. Methodical assurance of the assessment of toxic and essential elements in human biological matrices. *Hygiene and sanitation*. 2016;95(1):116–121. (In Russ). doi: 10.18821/00169900-2016-95-1-116-121

20. Ulanova TS, Stenno EV, Veikhman GA, Nedoshitova AV. Methodical and practical aspects related to total mercury determination in whole blood, urine and hair with mass-spectrometry with inductively coupled plasma. *Health risk analysis*. 2018;(2):119–128. (In Russ). doi: 10.21668/health.risk/2018.2.14
21. Ulanova TS, Veikhman GA, Nedoshitova AV. Methodical peculiarities and practice of determining aluminum in blood and urine via mass spectrometry with inductively coupled plasma. *Health risk analysis*. 2019;(4):165–174. (In Russ). doi: 10.21668/health.risk/2019.4.18
22. Zaitseva NV, Ulanova TS, Veikhman GA, Stenno EV, Nedoshitova AV. Features of the elemental composition of whole blood in children's population of the Western Ural. *Hygiene and sanitation*. 2019;98(12):1408–1413. (In Russ). doi: 10.47470/0016-9900-2019-98-12-1408-1413
23. Second report on human biomonitoring of environmental chemicals in Canada. Results of the Canadian health measures survey cycle 2 (2009–2011). [Internet]. Health Canada Ottawa; 2013. [cited 2022 March 22]. Available from: [https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt\\_formats/pdf/pubs/contaminants/chms-ecms-cycle2/chms-ecms-cycle2-eng.pdf](https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt_formats/pdf/pubs/contaminants/chms-ecms-cycle2/chms-ecms-cycle2-eng.pdf)
24. Goullé JP, Mahieu L, Castermant J, et al. Metal and metalloids multi-elementary ICP-MS validation in whole blood, plasma, urine and hair. Reference values. *Forensic Sci Int*. 2005;153(1):39–44. doi: 10.1016/j.forsciint.2005.04.020
25. Alimonti A, Bocca B, Mannella E, et al. Assessment of reference values for selected elements in a healthy urban population. *Ann Ist Super Sanita*. 2005;41(2):181–187.
26. Heitland P, Köster HD. Biomonitoring of 37 trace elements in blood samples from inhabitants of northern Germany by ICP-MS. *J Trace Elem Med Biol*. 2006;20(4):253–262. doi: 10.1016/j.jtemb.2006.08.001
27. *SIVR circuit laboratory or literature valuation: 5–95<sup>th</sup> of reference values in blood of Italian population*. 2005.
28. Sanders T, Liu Y, Buchner V, Tchounwou PB. Neurotoxic effects and biomarkers of lead exposure: a review. *Rev Environ Health*. 2009;24(1):15–45. doi: 10.1515/revh.2009.24.1.15
29. Kutsenko SA. Fundamentals of toxicology. Saint Petersburg: 2004, 720 p. (In Russ).

## ОБ АВТОРАХ

\***Анна Владимировна Недошитова**, научный сотрудник;  
адрес: Россия, 614045, Пермь, ул. Монастырская, 82;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6514-7239>;  
eLibrary SPIN: 5351-7920;  
e-mail: nedoshitova@fcrisk.ru

**Нина Владимировна Зайцева**, д.м.н., профессор,  
академик РАН;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2356-1145>;  
eLibrary SPIN: 7036-3511;  
e-mail: znv@fcrisk.ru

**Татьяна Сергеевна Уланова**, д.б.н.;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9238-5598>;  
eLibrary SPIN: 3377-6293;  
e-mail: ulanova@fcrisk.ru

**Галина Ахметовна Вейхман**, к.фарм.н.,  
ведущий научный сотрудник;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8490-7624>;  
eLibrary SPIN: 3823-3178; e-mail: veikhman\_ga@mail.ru

**Марина Валерьевна Волкова**, научный сотрудник;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0600-4075>;  
eLibrary SPIN: 1404-8142;  
e-mail: volkova@fcrisk.ru

**Елена Вячеславовна Стенно**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5772-2379>;  
eLibrary SPIN: 2237-1186;  
e-mail: stenno@fcrisk.ru

## AUTHORS INFO

\***Anna V. Nedoshitova**, research associate;  
address: 82 Monastyrskaya street, 614045, Perm, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6514-7239>;  
eLibrary SPIN: 5351-7920;  
e-mail: nedoshitova@fcrisk.ru

**Nina V. Zaitseva**, Dr. Sci. (Med.), professor, academician  
of the Russian Academy of Sciences;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2356-1145>;  
eLibrary SPIN: 7036-3511;  
e-mail: znv@fcrisk.ru

**Tatyana S. Ulanova**, Dr. Sci. (Biol.);  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9238-5598>;  
eLibrary SPIN: 3377-6293;  
e-mail: ulanova@fcrisk.ru

**Galina A. Veikhman**, Cand.Sci. (Pharm.), leading researcher;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8490-7624>;  
eLibrary SPIN: 3823-3178;  
e-mail: veikhman\_ga@mail.ru

**Marina V. Volkova**, research associate;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0600-4075>;  
eLibrary SPIN: 1404-8142;  
e-mail: volkova@fcrisk.ru

**Elena V. Stenno**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5772-2379>;  
eLibrary SPIN: SPIN 2237-1186;  
e-mail: stenno@fcrisk.ru

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106956>

# Гигиеническая оценка многолетней динамики показателей суточного потребления доочищенной питьевой воды подростковым населением во Владивостоке

В.К. Ковальчук, С.Д. Истомин, В.Н. Матвеева, Д.Э. Шалом, Е.Р. Янбарисова

Тихоокеанский государственный медицинский университет, Владивосток, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Введение.** За последние годы во многих странах мира активно используются бытовые устройства для доочистки питьевой воды систем хозяйственно-питьевого водоснабжения. Известно, что по своему техническому устройству такие фильтры одновременно удаляют из воды вредные химические вещества и полезные для организма человека биогенные химические элементы (Ca, Mg и др.), что может оказывать неблагоприятное влияние на здоровье в условиях дефицитной биогеохимической провинции.

**Цель.** Гигиеническая оценка многолетней динамики показателей суточного потребления доочищенной водопроводной питьевой воды в г. Владивостоке на примере подросткового населения.

**Материал и методы.** Проспективное исследование включало 4 отдельных срока наблюдения: февраль 2012, 2015, 2017 и 2021 годов. В общем за все сроки наблюдения обследовали 667 подростков г. Владивостока в возрасте 14–17 лет. Использовали метод интервьюирования по специально разработанному опроснику. Регистрировали объём суточного потребления и частоту потребления в неделю трёх видов воды: водопроводной питьевой; доочищенной на индивидуальных фильтрах питьевой; бутилированной питьевой и минеральной. Отдельно учитывали число подростков, не потребляющих доочищенную на бытовых устройствах водопроводную питьевую воду. Статистическая обработка полученных материалов проведена с использованием пакета «Анализ данных» в Microsoft Excel 2019.

**Результаты.** Установлено, что за годы наблюдения доля доочищенной питьевой воды в структуре суточного питьевого водопотребления подросткового населения г. Владивостока составила 7,6–15,8%. При этом потребление доочищенной воды увеличилось в 4 раза у юношей и почти в 2,5 раза у девушек ( $p < 0,001$ ), а показатель встречаемости (на 100 человек) юношей и девушек, не потребляющих доочищенную воду, сократился почти в два раза ( $p < 0,001$ ).

**Заключение.** В условиях г. Владивостока, расположенного в зоне дефицитной биогеохимической провинции, выраженный многолетний рост применения бытовых фильтров для доочистки физиологически неполноценной, слабоминерализованной водопроводной воды следует признать популяционным фактором риска возможного ухудшения состояния здоровья подросткового населения.

**Ключевые слова:** подростковое население; доочищенная питьевая вода; бытовые средства фильтрации воды; дефицитная биогеохимическая провинция.

## Как цитировать:

Ковальчук В.К., Истомин С.Д., Матвеева В.Н., Шалом Д.Э., Янбарисова Е.Р. Гигиеническая оценка многолетней динамики показателей суточного потребления доочищенной питьевой воды подростковым населением во Владивостоке // Экология человека. Т. 29, № 7. С. 493–500.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106956>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106956>

# Hygienic evaluation of long-term dynamics of post treated drinking water daily consumption indicators by adolescent population in Vladivostok

Victor K. Koval'chuk, Sergej D. Istomin, Valerija N. Matveeva, Dar'ja E. Shalom, Ekaterina R. Yanbarisova

Pacific State Medical University, Vladivostok, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Domestic water filter systems have been actively used for tap water treatment by many countries of the world in recent years. It is already known that, according to their technical design, such domestic filters simultaneously remove harmful chemicals and biogenic chemical elements that are useful for the human body (such as Ca and Mg) from water. The use of individual post-treatment water systems can have an adverse effect on human health, especially in deficient biogeochemical provinces.

**AIM:** Hygienic assessment of the long-term dynamics of the daily consumption of post treated drinking tap water in Vladivostok on an adolescent population.

**MATERIAL AND METHODS:** A prospective research was conducted across 4 separate follow-up periods: February of 2012, 2015, 2017, and 2021. A total of 667 adolescents from Vladivostok of age 14–17 years were examined by interviewing using a specially designed questionnaire. The volume of daily consumption and the frequency of consumption per week of 3 types of water (tap drinking water, treated drinking water on individual filters, bottled drinking and mineral water) were recorded. The number of adolescents who did not consume tap drinking water that was post-treated on household devices was considered separately. Statistical processing of the received materials was performed using the "Data Analysis" package in Microsoft Excel 2019.

**RESULTS:** The share of post-treated drinking water in the structure of daily drinking water consumption of Vladivostok adolescent population was 7.6–15.8% over the years of observation. Meanwhile, the consumption of post-treated water increased by 4 times among boys and almost by 2.5 times among girls ( $p < 0.001$ ), and the rate of occurrence (per 100 persons) of boys and girls who did not consume post-treated tap water decreased by almost two times ( $p < 0.001$ ).

**CONCLUSION:** A pronounced long-term increase in the use of household filters for the post-treatment of physiologically inferior, low-mineralized tap drinking water should be recognized as a population risk factor for a possible deterioration of the health status of an adolescent population under the current conditions of the city of Vladivostok, which is located in the zone of a deficient biogeochemical province.

**Keywords:** adolescent population; post treated drinking water; domestic water filter systems; deficient biogeochemical province.

## To cite this article:

Koval'chuk VK, Istomin SD, Matveeva VN, Shalom DE, Yanbarisova ER. Hygienic evaluation of long-term dynamics of post treated drinking water daily consumption indicators by adolescent population in Vladivostok. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(7):493–500.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106956>

Received: 29.04.2022

Accepted: 05.07.2022

Published online: 12.08.2022

## ВВЕДЕНИЕ

Подростковое население и состояние его здоровья напрямую определяет демографическую ситуацию в стране в ближайшем будущем и её дальнейшее экономическое развитие. Среди факторов среды обитания, формирующих здоровье растущего человека, прежде всего следует выделить постоянные, воздействующие на него с самого рождения. Питьевая вода и её качество — один из таких факторов. Если раньше население в основном потребляло воду из систем питьевого водоснабжения, то с начала двухтысячных годов стали активно использоваться бытовые средства доочистки воды. Такие фильтры ощутимо улучшают органолептические свойства питьевой воды.

В настоящее время рост популярности бытовых устройств доочистки питьевой воды отмечен во многих странах [1–5]. Принцип работы таких устройств, как правило, базируется на методах адсорбции и обратного осмоса, иногда ионного обмена [6–8]. Наиболее распространённым является метод адсорбции, в качестве сорбента используются различные виды древесного угля и их комбинации. По своим физико-химическим параметрам процесс адсорбции не обладает избирательностью. В водной среде сорбент одновременно сорбирует вредные вещества-загрязнители и полезные для организма человека макро- и микроэлементы, формирующие природный минеральный состав воды.

Опубликовано несколько научных работ по оценке уровня потребления населением доочищенной жёсткой питьевой воды с оптимальным и повышенным содержанием биогенных элементов (что типично для большей части центральной Восточной Европы), в которых не установлено выраженного влияния потребления такой воды на состояние здоровья человека [2, 5]. Подобных исследований, касающихся Дальнего Востока России, в доступной литературе авторы не нашли, при этом многие населённые пункты данного региона расположены в зоне дефицитной биогеохимической провинции.

**Цель исследования.** Дать гигиеническую оценку многолетней динамике показателей суточного потребления доочищенной водопроводной питьевой воды в г. Владивостоке на примере подросткового населения.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве района наблюдения выбран г. Владивосток Приморского края. Проспективное динамическое (продольное) аналитическое исследование включало 4 отдельных срока наблюдения: февраль 2012, 2015, 2017 и 2021 годов. Объектом наблюдения явились 667 подростков 14–17-летнего возраста.

Отбор подростков для исследования в каждый срок наблюдения проводили отдельно. Данная процедура базировалась на принципе выборочного, случайного отбора лиц для обследования. Использовали гнездовой

двухступенный метод отбора. Для наблюдения отбирали 3–4 крупных общеобразовательных средних школы, территориально расположенные в разных административных районах города. Каждый срок наблюдения набор школ меняли. Далее по классным журналам этих школ составляли единый сквозной список учащихся 9–11 классов на момент исследования, где каждому ученику присваивали индивидуальный номер. Непреднамеренный отбор подростков для исследования выполняли с помощью обычной программы генератора случайных чисел. Объём необходимой выборки рассчитывали общепринятым методом [9] при доверительном коэффициенте  $t$ , равном 2, с предварительным определением допущенного размера неточности  $\Delta$ .

Каждого подростка опрашивали методом интервьюирования, в ходе которого выясняли объём суточного потребления и частоту потребления в неделю трёх разных видов воды: простой водопроводной; доочищенной водопроводной; бутилированной питьевой и минеральной. Для этой цели использовали разработанный авторами опросник, содержащий помимо паспортной части блоки регистрации потребления в сутки и за неделю отдельных видов воды: доочищенной водопроводной; бутилированной столовой; лечебно-столовой; лечебной. Для облегчения работы блоки опросника укомплектованы списком бытовых водоочистителей (7 моделей) и перечнями бутилированных питьевых и столовых (40 наименований), лечебных и лечебно-столовых (45 наименований) вод, реализуемых в торговой сети Владивостока.

Такая структура опросника была разработана до начала исследования в 2011 году по итогам пилотного опроса — респонденты затруднялись разграничить потребление разных видов бутилированной питьевой и минеральной воды. Однако основная трудность заключалась в определении объёма питьевого потребления простой водопроводной воды. Реализованная в данной работе версия опросника предусматривает вычисление объёма обычной питьевой воды путём вычитания суммы потребления доочищенной и бутилированной воды из величины физиологической потребности в воде организма в сутки по данным ВОЗ [10] с учётом возраста респондента.

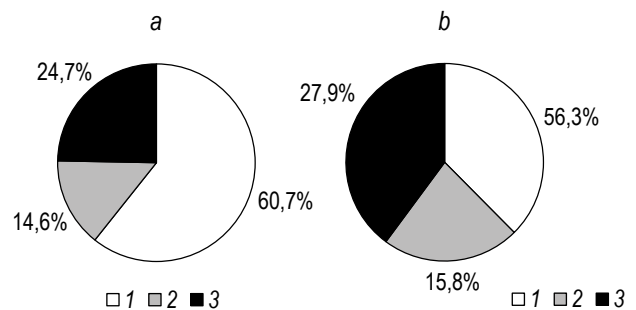
В заполненных опросниках оценивали корректность ответов респондентов. По результатам этой оценки в исследование были включены ответы 547 респондентов. Сгруппированные и систематизированные материалы исследовали на нормальность распределения. Использовали критерий Шапиро–Уилка. После чего данные обрабатывали методами вариационной статистики, с вычислением арифметического среднего ( $M$ ) для объёма потребления воды или показателя числа случаев ( $P$ ) на 100 человек для других показателей в сочетании с оценкой их 95% доверительного интервала (95% ДИ). Динамические ряды анализируемых показателей исследовали методом наименьших квадратов для вычисления темпа многолетнего прироста. Все расчёты выполняли с помощью пакета

«Анализ данных» в Microsoft Excel 2019. Статистическую значимость различий между величинами оценивали с помощью *t*-критерия Стьюдента. В качестве критерия значимости различия сравниваемых величин использовали значение  $p \leq 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Доочищенная на бытовых устройствах питьевая вода занимает заметную долю в структуре суточного питьевого потребления подросткового населения. За годы наблюдения эта доля составила 7,6–15,8%. Максимальных значений она достигает в последний год наблюдения — 2021 (рис. 1). Гендерные различия при этом не выявлены, величины потребления доочищенной на бытовых устройствах питьевой воды у юношей (15,8%) и девушек (14,6%) отличаются весьма незначительно, чуть более одного процента.

Объёмы фактического среднесуточного потребления доочищенной воды подростковым населением по годам наблюдения сведены в табл. 1. Данные таблицы демонстрируют устойчивый, статистически значимый многолетний рост объёма потребления такой воды как у юношей,



**Рис. 1.** Структура среднесуточного питьевого водопотребления подросткового населения г. Владивостока в 2021 году, %:

*a* — девушки; *b* — юноши. 1 — водопроводная питьевая вода; 2 — доочищенная водопроводная питьевая вода; 3 — бутилированная минеральная и питьевая вода.

**Fig. 1.** The structure of the average daily drinking water consumption of Vladivostok adolescent population in 2021, %:

*a* — girls; *b* — boys. 1 — tap water; 2 — post treated tap water; 3 — bottled mineral and drinking water.

так и у девушек. По сравнению с исходным 2012 годом в последний год исследования (2021) потребление доочищенной водопроводной воды весьма существенно — в 4 раза — увеличилось у юношей и почти в 2,5

**Таблица 1.** Многолетняя динамика среднесуточного потребления доочищенной питьевой воды подростковым населением в г. Владивостоке, мл/сут, М (95%ДИ)

**Table 1.** The long-term dynamics of the average daily consumption of post treated drinking water by adolescent population in Vladivostok, ml/day, M (95%CI)

| Год<br>Year | <i>n</i> | Юноши<br>Boys            | <i>n</i> | Девушки<br>Girls         |
|-------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|
| 2012        | 57       | 79,0 (26,36–131,64)      | 67       | 119,87 (57,87–181,87)    |
| 2015        | 53       | 304,55** (195,21–413,89) | 57       | 335,91** (230,66–441,16) |
| 2017        | 109      | 328,27** (241,82–414,72) | 112      | 282,06** (207,73–356,39) |
| 2021        | 43       | 316,81** (189,24–444,38) | 49       | 290,20* (177,07–403,33)  |

Примечание: статистическая значимость различия величин относительно 2012 года: \*  $p=0,011$ ; \*\*  $p < 0,001$ .

Note: statistical significance of the difference in values relative to 2012: \*  $p=0,011$ ; \*\*  $p < 0,001$ .

**Таблица 2.** Многолетняя динамика изменения частоты встречаемости лиц, не потребляющих доочищенную питьевую воду, среди подросткового населения г. Владивостока (число случаев на 100 подростков), P (95% ДИ)

**Table 2.** The long-term dynamics of changes in the frequency of occurrence of persons don't consume post treated drinking water in Vladivostok adolescent population (cases per 100 adolescents), P (95% CI)

| Год<br>Year | <i>n</i> | Абс. число<br>Absolute number | Юноши<br>Boys        | <i>n</i> | Абс. число<br>Absolute number | Девушки<br>Girls     |
|-------------|----------|-------------------------------|----------------------|----------|-------------------------------|----------------------|
| 2012        | 57       | 42                            | 73,68 (62,25–85,11)  | 67       | 44                            | 65,67 (54,30–77,04)  |
| 2015        | 53       | 19                            | 35,85* (22,94–48,76) | 57       | 18                            | 31,58* (19,51–43,65) |
| 2017        | 109      | 41                            | 37,61* (28,52–46,70) | 112      | 46                            | 41,07* (31,96–50,18) |
| 2021        | 43       | 19                            | 44,19* (29,35–59,03) | 49       | 27                            | 55,10 (53,22–56,98)  |

Примечание: статистическая значимость различия величин относительно 2012 года: \*  $p < 0,001$ .

Note: statistical significance of the difference in values relative to 2012: \*  $p < 0,001$ .

раза — у девушек. Темп многолетнего прироста показателя у юношей составил 19,4%, у девушек — 11,2%, что подчёркивает возрастающую популярность индивидуальных средств доочистки питьевой воды среди подростков Владивостока.

Установлено, что такая ситуация характерна не для всего подросткового населения города. В табл. 2 представлены данные о частоте встречаемости среди подростков Владивостока лиц, не потребляющих воду, очищенную с помощью фильтров для доочистки питьевой воды. С годами число таких подростков обоего пола статистически значимо сокращается, особенно во 2-й и 3-й сроки наблюдения — до 2 раз по сравнению с началом исследования (2012 год). В последний год наблюдения эта тенденция несколько ослабла. В 2021 году по сравнению с предыдущим сроком наблюдения (2017 год) показатель частоты встречаемости подростков, не потребляющих доочищенную водопроводную воду, весьма незначительно увеличился — в среднем в 1,2 раза и у юношей, и у девушек. При этом данное различие не имеет статистической значимости.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования, полученные в г. Владивостоке, подтверждают устойчивую тенденцию роста использования населением в быту индивидуальных устройств доочистки питьевой воды, наблюдаемую в последние 10–15 лет в России и других странах мира [3, 5, 11, 12]. Во Владивостоке этот рост резко выражен и прежде всего у подростков — наиболее прогрессивной группы населения. Число подростков в городе, не потребляющих доочищенную в бытовых условиях водопроводную питьевую воду, за последние 9 лет сократилось почти на 50% (см. табл. 2). Основной причиной этого явления, очевидно, является более низкая цена таких фильтров (особенно фильтров-кувшинов), чем бутилированной питьевой воды, на фоне повышения информированности подростков о текущих медико-экологических проблемах качества водопроводной питьевой воды в городе.

Известно, что апробация и сертификация отечественных моделей индивидуальных средств доочистки воды была выполнена на питьевой воде из водисточников европейской части страны с повышенным или оптимальным уровнем минерализации [13]. Все научные публикации на эту тему посвящены эффективности доочистки питьевой воды от загрязняющих вредных веществ и микроорганизмов, а также оценке остаточного содержания серебра, иногда применяемого в фильтрах для обеззараживания отфильтрованной воды [1, 2, 5]. При этом в доступной отечественной и зарубежной научной литературе отсутствуют публикации по оценке степени деминерализации воды как параллельного процесса, который происходит при доочистке воды на устройствах, работающих на принципе адсорбции или обратного осмоса. Актуальность

таких исследований очевидна, особенно для устройств, применяемых населением для доочистки маломинерализованной («ультрапресной» по технической терминологии) мягкой питьевой воды. Такую воду потребляет большая часть жителей Северо-Запада и Дальнего Востока России, к числу которых следует причислить население г. Владивостока, входящего в состав Приморского края.

Приморский край располагается в зоне обширной биогеохимической провинции, отличительным признаком которой является резкий дефицит солей жёсткости в поверхностных и подземных водах и избыточное содержание в них железа, марганца и кремния. По природному минеральному составу эта вода признана физиологически неполноценной [14–18]. В ходе выполнения настоящего исследования отмечено, что бытовые водоочистители у подростков г. Владивостока в основной массе представлены моделями, работа которых основана на принципе адсорбции, что с позиций гигиенической науки следует расценивать как неблагоприятный фактор. Согласно опубликованным нами ранее материалам лабораторной оценки эффективности доочистки питьевой воды из водопроводной сети г. Владивостока [12], модели бытовых фильтров с адсорбентом (древесный или бамбуковый уголь) практически полностью удаляют из водопроводной воды кальций и магний, приближая её по минеральному составу к дистиллированной воде.

Кальций и магний являются биогенными элементами, необходимыми для жизнедеятельности человека. Доказано, что хроническое многолетнее потребление питьевой воды с выраженным дефицитом кальция и магния представляет собой популяционный фактор риска возникновения у населения остеопороза, сахарного диабета, атопического дерматита, роста смертности от острого инфаркта миокарда и риска увеличения числа новорождённых с малым весом [12, 19, 20]. В условиях г. Владивостока увеличение суточного потребления доочищенной водопроводной питьевой воды такого качества, а также рост числа её потребителей следует расценивать как дополнительный фактор риска, усугубляющий негативное влияние на население природного дефицита и дисбаланса кальция и магния в мягкой питьевой воде систем водоснабжения Приморья, что провоцирует возникновение уролитиаза, неинфекционного гастрита и колита [14, 21].

В последние годы в отечественной торговой сети появились бытовые фильтры, укомплектованные блоком минерализации. Очевидно, что такие устройства могут ослабить негативное влияние доочищенной мягкой маломинерализованной водопроводной воды на подростковое население г. Владивостока. Однако признать их в качестве полноценного профилактического средства на настоящий момент не представляется возможным. Требуется дополнительные лабораторные исследования эффективности кондиционирования минерального состава воды, доочищенной на таких фильтрах.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлена многолетняя тенденция увеличения объёма среднесуточного потребления подростковым населением г. Владивостока доочищенной питьевой воды систем водоснабжения. У юношей среднесуточное потребление доочищенной воды статистически значимо увеличилось в 4 раза ( $p < 0,001$ ), у девушек — в 2,5 раза ( $p = 0,011$ ).

Число лиц среди подросткового населения г. Владивостока, не потребляющих доочищенную водопроводную воду, за годы наблюдения сократилось почти в два раза ( $p < 0,001$ ). Этот процесс наиболее выражен у юношей.

В условиях г. Владивостока многолетнее увеличение суточного потребления доочищенной мягкой водопроводной питьевой воды, физиологически неполноценной по минеральному составу, а также рост числа потребителей такой воды следует признать популяционным фактором риска возникновения неблагоприятного влияния на состояние здоровья подросткового населения.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

**Вклад авторов.** 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. Наибольший вклад распределён следующим образом: В.К. Ковальчук — организация исследования, концепция и дизайн исследования, организация сбора информации за первые три года наблюдения, коррекция

окончательного текста статьи, присланной в редакцию; С.Д. Истомин — сбор и статистический анализ данных за последний год наблюдения, формирование таблиц и иллюстрации к тексту статьи; В.Н. Матвеева — систематизация и редактирование базы данных за все годы наблюдения, составление текста статьи; Д.Э. Шалом — систематизация и редактирование базы данных за все годы наблюдения, интерпретация результатов статистического анализа; Е.Р. Янбарисова — сбор научной литературы по теме исследования, подготовка текста статьи.

**Authors' contribution.** All authors confirm that their authorship complies with the international ICMJE criteria. All authors made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication. The largest contribution is distributed as follows: V.K. Koval'chuk — organization of the study, made a significant contribution to the concept and design of the study, organization of the collection of information for the first three years of observation, correction of the final text of the article sent to the editors; S.D. Istomin — collection and statistical analysis of data for the last year of observation, the formation of tables and illustrations for the text of the article; V.N. Matveeva — systematization and editing of the database for all years of observation, drafting the text of the article; D.E. Shalom — systematization and editing of the database for all years of observation, interpretation of the results of statistical analysis; E.R. Yanbarisova — collection of scientific literature on the topic of research, preparation of the text of the article.

**Источники финансирования.** Исследование проведено на личные средства авторского коллектива.

**Funding sources.** The study and the publication had no sponsorship.

**Конфликт интересов.** Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов, связанного с проведенным исследованием и публикацией настоящей статьи.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галимова А.Р., Тунакова Ю.А., Новикова С.В., и др. Оценка эффективности фильтров и фильтроматериалов для доочистки питьевых вод на территории г. Казани // Российский журнал прикладной экологии. 2017. № 4. С. 33–38.
2. Пац Н.В., Наст О.А. Валеолого-гигиенические и медицинские аспекты использования бытовых фильтров очистки воды студенческой молодежью в областном центре Беларуси // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. 2019. № 5. С. 97–105.
3. Ander E.L., Watts M.J., Smedley P.L., et al. Variability in the chemistry of private drinking water supplies and the impact of domestic treatment systems on water quality // Environ Geochem Health. 2016. Vol. 38, N 6. P. 1313–1332. doi: 10.1007/s10653-016-9798-0
4. Nriagu J., Xi C., Siddique A., Vincent A., Shomar B. Influence of household water filters on bacteria growth and trace metals in tap water of Doha, Qatar // Sci Rep. 2018. Vol. 8, N 1. P. 8268. doi: 10.1038/s41598-018-26529-8
5. Swiecicka D., Garboś S. Ocena narazenia zdrowia ludzkiego zwiazanego ze spozywaniem wody o podwyzszonym poziomie stezenia srebra wmywanego z systemów filtrów dzbankowych // Rocz Panstw Zakl Hig. 2010. Vol. 61, N 2. P. 145–150. (In Polish).
6. Тунакова Ю.А., Галимова А.Р., Шмакова Ю.А. Оценка эффективности фильтров для доочистки питьевых вод в конечной точке потребления // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15, № 19. С. 83–86.
7. Тунакова Ю.А., Мингазетдинов И.Х., Габдрахманова Г.Н., и др. Технология доочистки и минерализации питьевых вод для обеспечения химической безопасности и физиологической полноценности в конечной точке потребления // Вестник технологического университета. 2019. № 6. С. 88–92.
8. Dalmieda J., Kruse P. Metal cation detection in drinking water // Sensors (Basel). 2019. Vol. 19, N 23. P. 5134. doi: 10.3390/s19235134
9. Банержи А. Медицинская статистика понятным языком: вводный курс / пер. с англ. под ред. В.П. Леонова. М.: Практическая медицина. 2014. 287 с.
10. Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Шашина Т.А., Иванов С. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.
11. Рукобратский Н.И., Баруздин Р.Э. Доочистка холодной и горячей воды для многоквартирных домов и жилых ком-

- плексов в Санкт-Петербурге // Вода и экология: проблемы и решения. 2019. № 4. С. 54–63.  
doi: 10.23968/2305-3488.2019.24.4.54-63
12. Ямилова О.Ю., Ковальчук В.К. Среднеэксплуатационный коэффициент очистки фильтров-кувшинов «Аквафор» в природно-климатических условиях Приморского края // XIV Тихоокеанский медицинский конгресс с международным участием; Сентябрь 20–22, 2017; Владивосток. Владивосток : Медицина ДВ, 2017. С. 121–123.
  13. Кирьянова Л.Ф. Методические основы гигиенической оценки бытовых водоочистных устройств : автореф. дис. ... докт. биол. наук. Москва, 2004. Режим доступа: [https://static.freereferats.ru/\\_avtoreferats/01002633988.pdf](https://static.freereferats.ru/_avtoreferats/01002633988.pdf)
  14. Трунова И.Е., Зарецкая С.В. Гигиеническая оценка качества питьевой воды во Владивостоке // Тихоокеанский медицинский журнал. 2006. № 3. С. 64–66.
  15. Чудаева В.А., Чудаев О.В. Особенности накопления и фракционирования редкоземельных элементов в поверхностных водах Дальнего Востока в условиях природных и антропогенных аномалий // Геохимия. 2011. № 5. С. 523–549.
  16. Чудаева В.А., Чудаев О.В. Особенности химического состава воды и взвесей рек Приморья (Дальний Восток России) // Тихоокеанская геология. 2011. Т. 30, № 2. С. 102–119.
  17. Шулькин В.М., Богданова Н.Н., Киселев В.И. Металлы в речных водах Приморского края // Геохимия. 2007. № 1. С. 79–88.
  18. Шулькин В.М., Богданова Н.Н., Перепелятников Л.В. Пространственно-временная изменчивость химического состава речных вод юга Дальнего Востока РФ // Водные ресурсы. 2009. Т. 36, № 4. С. 428–439.
  19. Cormick G., Lombarte M., Minckas N., et al. Contribution of calcium in drinking water from a South American country to dietary calcium intake // BMC Res. 2020. Vol. 13, N 1. P. 465. doi: 10.1186/s13104-020-05308-7
  20. Workinger J.L., Doyle R.P., Bortz J. Challenges in the diagnosis of magnesium status // Nutrients. 2018. Vol. 10, N 9. P. 1202. doi: 10.3390/nu10091202
  21. Ковальчук В.К., Маслов Д. В. Гигиенические проблемы химического состава питьевой воды систем водоснабжения Приморского края // Тихоокеанский медицинский журнал. 2006. № 3. С. 60–63.

## REFERENCES

1. Galimova AR, Tunakova YuA, Novikova SV, et al. valuation of the effectiveness of filters and filtration materials for the purification of drinking water on the territory of Kazan city. *Russian journal of applied ecology*. 2017;(4):33–38. (In Russ).
2. Pats NV, Nast OA. Valeological, hygienical and medical aspects of use of household filters of water purification by student's youth in the regional center of Belarus. *Health, physical culture and sports*. 2019;(5):97–105. (In Russ).
3. Ander EL, Watts MJ, Smedley PL, et al. Variability in the chemistry of private drinking water supplies and the impact of domestic treatment systems on water quality. *Environ Geochem Health*. 2016;38(6):1313–1332. doi: 10.1007/s10653-016-9798-0
4. Nriagu J, Xi C, Siddique A, et al. Influence of household water filters on bacteria growth and trace metals in tap water of Doha, Qatar. *Sci Rep*. 2018;8(1):8268. doi: 10.1038/s41598-018-26529-8
5. Swiecicka D, Garboś S. Ocena narazenia zdrowia ludzkiego zwiazanego ze spozywaniem wody o podwyzszonym poziomie stezenia srebra wymywanego z systemów filtrów dzbankowych. *Rocz Panstw Zakl Hig*. 2010;61(2):145–150. (In Polish).
6. Tunakova YuA, Galimova AR, Shmakova YuA. Otsenka effektivnosti fil'trov dlya doochistki pit'evykh vod v konechnoi tochke potrebleniya. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2012;15(19):83–86. (In Russ).
7. Tunakova YuA, Mingazetdinov IKh, Gabdrakhmanova GN, et al. Drinking water post-treatment and mineralization technology ensuring chemical safety and full physiological value at the consumption endpoint. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*. 2019;(6):88–93. (In Russ).
8. Dalmieda J, Kruse P. Metal cation detection in drinking water. *Sensors (Basel)*. 2019;19(23):5134. doi: 10.3390/s19235134
9. Banerzhi A. *Meditinskaya statistika ponyatnym yazykom: vodny kurs*. London, New York: CRC Press. (In Russ).
10. Rahmanin JuA, Novikov SM, Shashina TA, Ivanov S. *Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu*. Moscow: Federal'nyi tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii; 2004. 143 p. (In Russ).
11. Rukobraskii NI, Baruzdin RE. Tertiary treatment of cold and hot water in apartment houses and clusters of St. Petersburg. *Water and ecology: problems and solutions*. 2019;(4):54–63. (In Russ). doi: 10.23968/2305-3488.2019.24.4.54-63
12. Yamilova OYu, Koval'chuk VK. *Sredneekspluatatsionnyi koefitsient ochistki fil'trov-kuvshinov «Akvafor» v prirodno-klimaticheskikh usloviyakh Primorskogo kraya* // XIV Tikhookeanskogo med. kongr. s mezhdunar. uchastiem; 2017 Sep 20–22; Vladivostok. Vladivostok: Meditsina DV; 2017. P. 121–123. (In Russ).
13. Kir'yanova LF. *Methodological basis for the hygienic assessment of household water treatment devices* [dissertation]. Moskva; 2004. Available from: [https://static.freereferats.ru/\\_avtoreferats/01002633988.pdf](https://static.freereferats.ru/_avtoreferats/01002633988.pdf) (In Russ).
14. Trunova IE, Zaretskaya SV. Hygienic estimation of quality of drinking water in Vladivostok. *Pacific medical journal*. 2006;(3):64–66. (In Russ).
15. Chudaeva VA, Chudaev OV. Accumulation and fractionation of rare earth elements in surface waters of the russian far east under the conditions of natural and anthropogenic anomalies. *Geokhimiya*. 2011;(5):523–549. (In Russ).
16. Chudaeva VA, Chudaev OV. Specific features of chemical composition of the water and suspended matter of primorye rivers (Far East Russia). *Russian journal of pacific geology*. 2011;30(2): 102–119. (In Russ).
17. Shul'kin VM, Bogdanova NN, Kiselev VI. Metals in river waters of Primorsky Krai. *Geokhimiya*. 2007;(1):79–88. (In Russ).
18. Shul'kin VM, Bogdanova NN, Perepelyatnikov LV. Space-time variations of river water chemistry in RF Southern Far East. *Water resources*. 2009;36(4):428–439. (In Russ).
19. Cormick G, Lombarte M, Minckas N, et al. Contribution of calcium in drinking water from a South American country to dietary calcium intake. *BMC Res Notes*. 2020;13(1):465. doi: 10.1186/s13104-020-05308-7

20. Workinger JL, Doyle RP, Bortz J. Challenges in the diagnosis of magnesium status. *Nutrients*. 2018;10(9):1202. doi: 10.3390/nu10091202

21. Kovalchuk VK, Maslov DV. Hygienic problems of the chemical compound of drinking water of water systems of Primorye. *Pacific medical journal*. 2006;(3):60–63. (In Russ).

## ОБ АВТОРАХ

**\*Виктор Калинович Ковальчук**, д.м.н., профессор;  
адрес: Россия, 690002, Владивосток, проспект Острякова, 2;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4179-7330>;  
eLibrary SPIN: 4335-9279;  
e-mail: comhyg@mail.ru

**Сергей Дмитриевич Истомин**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3918-3030>;  
e-mail: shameless1607@gmail.com

**Валерия Николаевна Матвеева**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5307-7867>;  
e-mail: matveeva-5-2000@mail.ru

**Дарья Эдуардовна Шалом**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4849-4612>;  
e-mail: dasha1999292@gmail.com

**Екатерина Рустамовна Янбарисова**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8450-9709>;  
e-mail: katva.vanbarisova@mail.ru

## AUTHORS INFO

**\*Victor K. Koval'chuk**, Dr. Sci. (Med.), professor;  
address: 2 Ostrjakova avenue, 690002, Vladivostok, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4179-7330>;  
eLibrary SPIN: 4335-9279;  
e-mail: comhyg@mail.ru

**Sergej D. Istomin**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3918-3030>;  
e-mail: shameless1607@gmail.com

**Valerija N. Matveeva**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5307-7867>;  
e-mail: matveeva-5-2000@mail.ru

**Dar'ja E. Shalom**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4849-4612>;  
e-mail: dasha1999292@gmail.com

**Ekaterina R. Yanbarisova**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8450-9709>;  
e-mail: katva.vanbarisova@mail.ru

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco87416>

# Количественное содержание меди в мелкодисперсных и твёрдых частицах снега и волосах населения Горно-Алтайска

Е.А. Чанчаева<sup>1</sup>, В.С. Лапин<sup>1</sup>, К.М. Ыжикова<sup>2</sup><sup>1</sup> Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск, Российская Федерация;<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Введение.** Значимость меди для организма человека и её токсикологическое воздействие в повышенных концентрациях в настоящее время изучены в полной мере, тогда как присутствие меди в окружающей среде и организме населения разных регионов требует дополнительных исследований.

**Цель.** Выявить уровень накопления меди в мелкодисперсной и твёрдой фазах снега, а также в волосах населения Горно-Алтайска.

**Материал и методы.** Методом атомно-абсорбционной спектрометрии определяли концентрацию меди в снеговой воде, твёрдой фазе снега и волосах населения Горно-Алтайска. Забор образцов снега производили в районах 10 угольных котельных, образцы волос исследовали у 122 человек в возрасте 4–50 лет.

**Результаты.** Содержание меди в талой воде от всех заборов снега в районах угольных котельных (0,019–0,049 мг/л) не превышало предельно допустимой концентрации (ПДК) — 0,1 мг/л. В твёрдой фазе снега из 10 образцов (19,37–67,42 мг/кг) в трёх (56,40–67,20 мг/кг) обнаружено превышение ПДК (55,0 мг/кг). Содержание меди в волосах обследованных не зависело от пола ( $U=1741$ ;  $p=0,580$ ), у населения 4–21 лет концентрация меди с возрастом уменьшалась ( $U=29$ ;  $p=0,05$ ).

Установлено, что концентрация меди в волосах жителей Горно-Алтайска по сравнению с другими регионами мира соответствует низким значениям (10,0 мг/кг), среди населения чаще встречались низкие (<7,5 мг/кг) концентрации — в 31,9% случаев, чем высокие (>25,0 мг/кг) — в 5,7% случаев. Корреляционной связи между содержанием меди в волосах населения и содержанием металла в снеговой воде и твёрдой фазе снега не выявлено.

**Заключение.** Содержание меди в мелкодисперсных фазах снега, отобранного в районах угольных котельных, не представляет опасности для человека, тогда как в твёрдых фазах встречаются повышенные концентрации. В волосах населения чаще отмечается низкое содержание микроэлемента, чем высокое.

**Ключевые слова:** медь; волосы; аккумуляция; человек; угольные котельные; снег; Горно-Алтайск.

## Как цитировать:

Чанчаева Е.А., Лапин В.С., Ыжикова К.М. Количественное содержание меди в твёрдых частицах снега и волосах населения Горно-Алтайска // Экология человека. Т. 29, № 7. С. 501–511. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco87416>

Получена: 09.11.2021

Одобрена: 29.07.2022

Опубликована online: 26.08.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco87416>

# Quantitative analyses of copper in fine and solid particles of snow and hair in the population of Gorno-Altaysk

Elena A. Chanchaeva<sup>1</sup>, Vitalii S. Lapin<sup>1</sup>, Karina M. Yzhikova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Gorno-Altaysk State University, Gorno-Altaysk, Russian Federation;

<sup>2</sup> Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** The significance of copper (Cu) in the human body and its toxicological effects in elevated concentrations have now been fully established, although the presence of Cu in the environment and in the body of different populations across different regions warrants further research.

**AIM:** To identify the level of Cu accumulation in the fine and solid phases of snow and hair of the population of Gorno-Altaysk.

**MATERIAL AND METHODS:** The concentration of Cu in snow water, the solid phase of snow, and hair in the population of Gorno-Altaysk was determined by atomic absorption spectrometry. Snow samples were collected from the areas of 10 coal-fired boiler houses, and hair samples were collected from 122 people aged 4–50 years.

**RESULTS:** The Cu content in melted water from all snow intakes in the areas of coal-fired boilers (0.019–0.049 mg/L) did not exceed the maximum permissible concentration (MPC 0.1 mg/L). In 3 (56.40–67.20 mg/kg) of the 10 samples in the solid phase of snow (19.37–67.42 mg/kg), an excess of MPC (55.0 mg/kg) was detected. The Cu content in the hair of the subjects did not depend on gender ( $U=1741$ ;  $p=0.580$ ); in a population aged 4–21 years, the concentration of Cu decreased with age ( $U=29$ ;  $p=0.05$ ). The concentration of Cu in the hair of the residents of Gorno-Altaysk, when compared with other regions of the world, corresponded to low values (10.0 mg/kg), low concentrations (7.5 mg/kg, 31.9%) were more common among the population than high concentrations (25.0 mg/kg, 5.7%). No correlation was noted between the concentration of Cu in the hair of the population and that in snow water and the solid phase of snow.

**CONCLUSION:** The Cu content in the fine-dispersed phases of snow collected from across areas of coal-fired boilers did not pose any danger to the people, whereas, in the solid phases, increased concentrations were recorded. The hair of the population more often contained a low content of Cu (31.9%) than a high content (5.7%).

**Keywords:** copper; hair; accumulation; human; coal boilers; snow; Gorno-Altaysk.

## To cite this article:

Chanchaeva EA, Lapin VS, Yzhikova KM. Quantitative analyses of copper in solid particles of snow and hair in the population of Gorno-Altaysk. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(7):501–511. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco87416>

Received: 09.11.2021

Accepted: 29.07.2022

Published online: 26.08.2022

## ВВЕДЕНИЕ

Многолетние исследования метаболизма меди позволили сформировать полное представление об эссенциальной значимости микроэлемента для организма человека, в то же время вопросы о присутствии данного элемента в окружающей среде и организме населения разных регионов требуют дополнительных исследований. В тканях здорового организма за счёт регулируемых механизмов абсорбции и секреции поддерживается гомеостаз концентрации меди. В организме человека содержится 70–100 мг меди, при этом головной мозг и печень, составляющие только 5% массы тела, содержат 25% от общего количества меди [1–4]. Поступление меди в организм человека возможно алиментарным (с пищей и питьевой водой) и ингаляционным (с вдыхаемым воздухом) путём, а также через неповреждённую кожу. При поступлении меди в организм алиментарным путём транспортом микроэлемента в эритроцит содействует транспортёр меди и транспортёр двухвалентных металлов [5]. Основной процесс всасывания меди осуществляется в дуоденальной части кишечника и в меньшей степени — в желудке, тощей и подвздошной кишке. Однако детальный механизм всасывания микроэлемента остаётся на стадии изучения [5]. Известно, что от концентрации меди в пищевом содержимом кишечника зависит механизм транспорта. Так, при низкой концентрации микроэлемента всасывание осуществляется активным транспортом, при высокой — посредством пассивной диффузии [5]. В норме печень экскретирует с желчью избыток меди, нарушение этого процесса наблюдается при генетическом заболевании Вильсона [6].

Ингаляционный путь меди в организм человека возможен при вдыхании аэрозолей и твёрдых частиц (ТЧ) воздуха [7–9]. Опасность представляют частицы диаметром менее 2,5 микрон, которые способны достигать ткани лёгких и попадать во внутреннюю среду организма [7, 10]. Если всасывание меди через кишечник и её секреция из организма являются регулируемыми процессами, обеспечивающими гомеостаз меди, то длительное ингаляционное поступление микроэлемента во внутреннюю среду может стать причиной гиперэлементоза меди [5], при котором могут проявляться неврологические и нейродегенеративные изменения, поражения печени, почек, костно-мышечной системы [6].

Универсальным источником выбросов ТЧ в воздушный бассейн для регионов, независимо от промышленной нагрузки, является сжигание ископаемого твёрдого и жидкого топлива [11]. Теплоэнергетические объекты, использующие уголь, находятся на первом месте по объёмам выбросов различных загрязнителей. В Российской Федерации ежегодное использование угля составляет около 198 млн т. В одной тонне угля содержится около 3,7 кг меди, от сжигания угля на поверхность Земли выпадает около 2000 т/год меди [11].

Ранее проводили анализ концентрации Си в шерсти домашних собак, содержащихся на придомовых территориях г. Горно-Алтайска [12]. Референсное значение меди составило 7,37 мг/кг; при сравнении с данными литературы по содержанию меди в шерсти животных, обитающих в различных по степени загрязнения районах, установили, что данные по Горно-Алтайску соответствуют среднему уровню.

Анализ содержания микроэлементов в волосах населения разных регионов мира [8, 13–15] позволяет обосновать зависимость микроэлементного состава волос от экологического состояния территориальных зон. Интерпретация результатов микроэлементного состава при индивидуальной оценке каждого образца волос требует определения территориальных референсных значений. Эти значения определяются как средние показатели, полученные путём статистического расчёта данных здоровой части населения. Верхний уровень этих показателей может отличаться в зависимости от района обследования. Так, для регионов России референсное значение меди составляет 10,0–25,0 мг/кг [1], для стран ближнего зарубежья России (Азербайджан, Белоруссия) — 9,63–14,20 мг/кг [16, 17], Европы (Польша, Италия, Испания) — 13,15–28,60 мг/кг [18–20], Азии (Бангладеш) — 15,1 мг/кг [21].

Присутствие меди в окружающей среде в результате антропогенной деятельности увеличивается [2], поэтому определение абсорбции этого микроэлемента в организме человека необходимо проводить не только в промышленных мегаполисах, но и в средних и малых городах. Мониторинг содержания химических элементов в питьевой воде, пищевых продуктах является обязательной частью работы экологических и санитарно-эпидемиологических служб, что позволяет снизить риск алиментарного поступления металлов в организм населения в повышенных концентрациях. Профилактика ингаляционного поступления металлов из окружающей среды в составе ТЧ в настоящее время является одной из актуальных экологических задач.

Как в Республике Алтай в целом, так и в её административном центре крупные промышленные предприятия отсутствуют, по результатам анализа проб воды, почвы, расчётным показателям валовых выбросов в атмосферу экологическое состояние города признается благоприятным [22]. Однако для Горно-Алтайска сохраняется проблема широкого использования твёрдого топлива, а в последние годы обостряется вопрос возрастающей транспортной нагрузки. Необходимость определения экологической опасности от существующих источников загрязнения объясняется низким уровнем самоочищения атмосферного воздуха из-за особенностей горного рельефа и погодных условий [12, 23, 24]. Одним из природных адсорбентов, отражающих степень загрязнения окружающей среды различными фазами ТЧ, может выступать снеговой покров [25, 26].

**Цель.** Выявить уровень накопления меди в мелкодисперсной и твёрдой фазах снега, а также в волосах населения Горно-Алтайска.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для оценки содержания меди в окружающей среде и организме населения Горно-Алтайска определяли концентрацию меди в снеговом покрове и волосах населения, применяли одномоментный метод поперечных срезов.

### Этапы работы

Работу выполняли согласно следующей линейке исследовательских процедур:

1. Забор снега в районах всех действующих угольных котельных города. Лабораторный анализ содержания меди в мелкодисперсной и твёрдой фазах снеговой воды.

2. Сбор волос населения Горно-Алтайска, пробоподготовка (озоление волос) и анализ концентрации меди в исследуемых образцах.

3. Статистический анализ и интерпретация результатов.

На каждом этапе работы использовали стандартную методику. Образцы снега отбирали в районах 10 угольных котельных (рис. 1) методом шурфа на всю глубину снегового покрова за исключением 5 см слоя над почвой; пробы снега (10–15 кг) помещали в полиэтиленовые пакеты (30 л) для доставки в лабораторию. В лаборатории пробы снега в течение суток растапливали в пластиковых контейнерах, часть чистой отстоянной воды (5–6 л) сливали, другую часть отфильтровывали через беззольные фильтры («синяя лента»). Снеготалую воду консервировали из расчёта на 1 л воды 3 мл концентрированной азотной кислоты марки «ос.ч.». Твёрдые фазы снега просушивали на фильтре, просеивали через сито (диаметр ячейки — 1 мм) и взвешивали. ТЧ разлагали методом автоклавной минерализации. Концентрацию меди в ТЧ и снеготалой воде определяли атомно-абсорбционным методом («Квант-2», Россия). Результаты анализа сравнивали с предельно допустимой концентрацией (ПДК) [27]: содержание меди в мелкодисперсной фазе — с ПДК в природной воде (0,1 мг/л); содержание меди в ТЧ снега — с ПДК в почве (55,0 мг/кг).

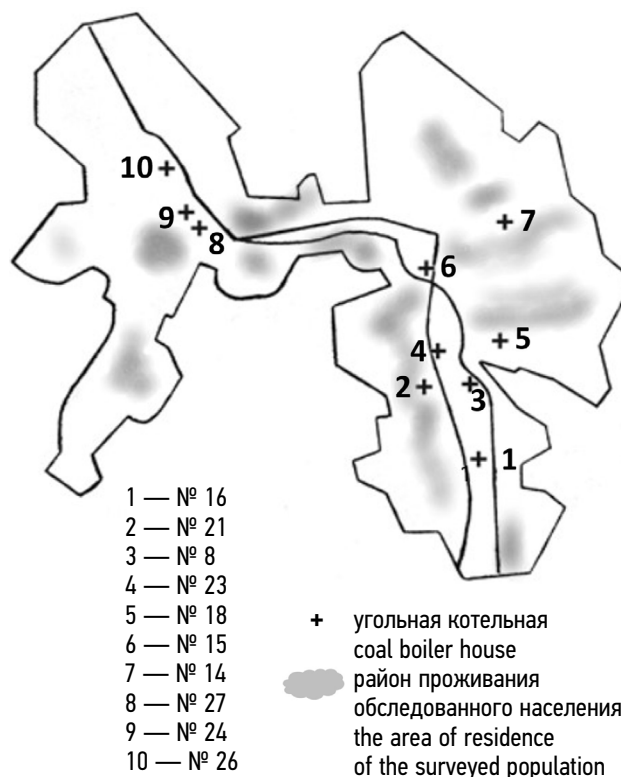
При отборе проб волос у населения соблюдали критерии: постоянное (не менее 4 лет) проживание в г. Горно-Алтайске, натуральное состояние волос без воздействия химическими средствами (окрашивание, обесцвечивание, химическая завивка и др.), отсутствие вредной привычки табакокурения. Перед процедурой сбора волос для анализа респонденты самостоятельно в домашних условиях промывали и высушивали волосы, не используя укладочные средства (гели, спреи, лаки и др.). В химико-экологической лаборатории Горно-Алтайского государственного университета у испытуемых с теменной и затылочной части головы чистыми ножницами состригали прядь волос

от корня длиной 3–5 см, объёмом 0,3–0,5 г. Образцы волос помещали в конверт, на котором надписывали фамилию, имя, отчество, дату рождения, адрес постоянного проживания, адрес места работы или обучения. Пробоподготовку образцов волос проводили методом мокрого озоления [12, 23, 24]. Непосредственно перед анализом исследуемых образцов путём разбавления в 10 раз стандартного концентрированного раствора готовили эталонный раствор. Концентрацию микроэлементов определяли атомно-абсорбционным методом («Квант-2», Россия).

### Стратификация респондентов

Возрастной диапазон обследуемого населения определяли с учётом необходимого минимального срока постнатального проживания (4 года) в условиях исследуемой территории для аккумуляции токсиканта, а также возрастных особенностей регуляторных систем в зрелом возрасте. В исследовании приняли участие добровольцы в возрасте 4–50 лет (35 человек 4–17 лет, 40 человек от 18 лет до 21 года, 47 лиц 22–50 лет). Информированное согласие получено от всех пациентов в возрасте свыше 15 лет и от родителей пациентов, не достигших 15-летнего возраста, согласно Федеральному закону «Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан» (2011).

Всего проанализировано 122 образца волос (62 мужских, 60 женских) практически здоровых людей



**Рис. 1.** Расположение угольных котельных и проживание обследованного населения в черте г. Горно-Алтайска.

**Fig. 1.** Location of coal-fired boiler houses and residences of the surveyed population within the city of Gorno-Altaysk.

без признаков болезни в острой форме, не принимающих витаминно-минеральные комплексы и лекарственные средства. Районы проживания всех респондентов отмечены на карте (см. рис. 1).

Индивидуальные показатели сравнивали с общероссийскими (10–25 мг/кг) [1]. Относительно данных значений индивидуальные показатели оценивали как сравнительно низкие или высокие, далее определяли долю населения с низкой и высокой концентрацией меди в волосах.

В работе использован нетравматичный неинвазивный метод. В связи с этим протокол исследования не проходил процедуру одобрения в этическом комитете.

Далее оценивали содержание меди в волосах обследованных в зависимости от района их проживания, работы или обучения на территории города относительно угольных котельных. Степень взаимосвязи определяли методом ранговой корреляции Спирмена. Данные химического анализа представлены как среднее арифметическое значение, минимальное и максимальное значения, показатели медианы, в качестве мер рассеивания проводили вычисление процентилей (Q1–Q3). Статистическую значимость различий значений определяли с помощью критерия Манна–Уитни, при этом пороговое значение уровня значимости  $p=0,05$ .

## Характеристика экспериментальной площадки

Рельеф территории Горно-Алтайска варьирует от 250 м до 850 м над уровнем моря. По численности населения (64,5 тыс.) и общей площади (95,5 км<sup>2</sup>) Горно-Алтайск приближен к малым городам России. Источниками загрязнения окружающей среды являются выбросы автотранспорта, отопительные системы на твёрдом угле и бытовые отходы, крупные промышленные предприятия на территории города отсутствуют. Суммарный объём выбросов от всех источников составляет в среднем 9 тыс. тонн в год, при этом как на долю автотранспорта, так и на выбросы от отопительных систем приходится примерно по 50% [22]. Объём пылевой нагрузки — 129 кг/км<sup>2</sup> в сутки, максимальное содержание ТЧ в атмосферном воздухе — 5,7 мг/м<sup>3</sup> [22]. Из-за неуклонного роста количества транспортных средств объём эмиссий от двигателей внутреннего сгорания увеличивается за каждые 3 года на 45–50% (на 15–18% в год) [22].

В долине реки Маймы, где расположен Горно-Алтайск, метеорологический показатель самоочищения атмосферы свидетельствует о процессах, способствующих накоплению примесей в атмосфере. Это обусловлено особенностями рельефа, котловинообразным расширением долины и незначительными перепадами высот при существенной

**Таблица 1.** Содержание меди в снеготалой воде и твёрдой фазе снега Горно-Алтайска

**Table 1.** The copper content in snow-melted water and the solid phase of snow of Gorno-Altaysk

| № котельной<br>Boiler facility<br>number | Место взятия пробы<br>Sampling site                               | Твёрдые частицы снега<br>(ПДК в почве — 55,0 мг/кг) [27]<br>Solid particles of snow<br>(MPC in soil 55.0 mg/kg) [27] | Снеготалая вода (ПДК в природных<br>водах — 0,1 мг/л) [27]<br>Snowmelt water (MPC in natural<br>waters 0.1 g/L) [27] |
|--|---|--|--|
| 16                                       | Ул. Ленина, 239<br>Ul. Lenina, 239                                | 56,404   | 0,0353   |
| 8  | Ул. Барнаульская, 8<br>Ul. Barnaulskaya, 8                        | 35,521   | 0,0246   |
| 21                                       | Ул. Толстого, 72<br>Ul. Tolstogo, 72                              | 67,242   | 0,0276   |
| 23                                       | Ул. Олонского, 8/1<br>Ul. Olonskogo, 8/1                          | 19,373   | 0,0282   |
| 18                                       | Пер. Лисавенко 1<br>Per. Lisavenko 1                              | 50,043   | 0,0491   |
| 14                                       | Ул. Островского, 30<br>Ul. Ostrovskogo, 30                        | 35,419   | 0,0199   |
| 15                                       | Ул. Социалистическая, 21/1<br>Ul. Socialisticheskaya, 21/1        | 21,671   | 0,0233   |
| 27                                       | Проспект Коммунистический, 87<br>Prospekt Communisticheskij, 87   | 35,141   | 0,0387   |
| 24                                       | Ул. Маресьева, 6/1<br>Ul. Mareseva, 6/1                           | 30,602   | 0,0332   |
| 26                                       | Проспект Коммунистический, 109<br>Prospekt Communisticheskij, 109 | 56,490   | 0,0499   |
| Среднее значение   Mean value            |   | 40,790   | 0,0330   |

Примечание: ПДК — предельно допустимая концентрация.

Note: MPC — maximum permissible concentration.



**Таблица 2.** Концентрация меди в волосах населения Горно-Алтайска, %**Table 2.** The concentration of copper in the hair of the residents of Gorno-Altaysk, %

| Группы сравнения<br>Comparison groups | Среднее<br>Mean | Медиана<br>Median | Min–Max    | Q <sub>1</sub> | Q <sub>3</sub> |
|---------------------------------------|-----------------|-------------------|------------|----------------|----------------|
| Пол   Gender:                         |                 |                   |            |                |                |
| мужской   male                        | 10,9            | 8,7               | 0,07–43,20 | 5,3            | 10,8           |
| женский   female                      | 8,9             | 8,4               | 0,08–26,30 | 4,7            | 10,4           |
| Возраст, лет   Age, years:            |                 |                   |            |                |                |
| 4–17                                  | 11,3*           | 9,8               | 0,07–32,60 | 3,5            | 12,9           |
| 18–21                                 | 8,4*            | 7,5               | 5,28–12,0  | 6,5            | 9,6            |
| 22–50                                 | 10,2            | 8,6               | 5,43–43,20 | 6,0            | 11,1           |
| Всего   Total                         | 10,0            | 8,6               | 0,07–43,20 | 5,1            | 10,7           |

\*  $p < 0,05$ .

повторяемости антициклональной погоды. Центральная часть города включает инфраструктурные объекты, сконцентрированные вдоль двух главных дорог протяжённостью около 10 км, в пределах этой части города расположено 30 центральных котельных, среди которых 10 твёрдотопливных (см. рис. 1).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Для оценки содержания меди в окружающей среде Горно-Алтайска определяли содержание металла в двух фазах снега: в ТЧ и дисперсном состоянии в составе снеготалой воды. Образцы снега взяты в районах всех действующих на территории города угольных котельных (табл. 1). Результаты сравнивали с ПДК меди в почве (55,0 мг/кг) и природной воде (0,1 мг/л) [1]. Из представленных в табл. 1 данных видно, что концентрация меди в снеготалой воде не превышает ПДК. Содержание меди в твёрдой фазе снега также в основном не превышает ПДК, однако в трёх образцах, взятых в районе угольных котельных №№ 16, 26, 27, выявлено превышение ПДК в 1,03–1,22 раза.

Статистически значимой корреляции между концентрацией меди в волосах населения, её содержанием в твёрдых фазах снега и снеговой воде не выявлено ( $r=0,33$ ;  $p=0,051$ ).

На следующем этапе исследования оценивали содержание меди в волосах населения Горно-Алтайска. Среднее значение микроэлемента составило 10,0 мг/кг (табл. 2), что не выходило за границы показателей других регионов России (10–25 мг/кг) (табл. 3), при этом у женской (8,9 мг/кг) и мужской (10,9 мг/кг) части населения различия статистически значимо не различались ( $U=1741$ ;  $p=0,580$ ). Во всех трёх возрастных группах (4–17 лет, 18–21 года, 22–50 лет) средние значения также не превышали показатели биологически допустимого уровня (7,5–25,0 мг/кг), отмечалась тенденция снижения концентрации меди в волосах в возрасте 4–21 года ( $U=29$ ;  $p=0,05$ ). Минимальные

(0,07 мг/кг) и максимальные значения (43,2 мг/кг) указывают на присутствие микроэлемента в организме населения в недостаточных и избыточных количествах.

Доля жителей Горно-Алтайска, в волосах которых содержание меди ниже уровня 7,5 мг/кг, составляет 31,9%, при этом доля мужчин и женщин — в пределах 30,1–33,7% соответственно. В возрасте 18–50 лет доля населения со сравнительно низкими значениями меди статистически значимо — на 14,1% — снижается ( $p=0,049$ ) (табл. 4). Доля жителей с содержанием меди в волосах выше уровня 25,0 мг/кг составляет 5,7%.

**Таблица 3.** Референсные значения концентрации меди в волосах жителей различных регионов мира**Table 3.** Reference values of the concentration of copper in the hair of residents of different regions of the world

| Регион обследования<br>Survey region          | Референсные значения<br>Reference values |
|---|--|
| г. Горно-Алтайск   Gorno-Altaysk              | 10,0                                     |
| Регионы России [14]<br>Regions of Russia [14] | 10,0–25,0                                |
| Татарстан [1]   Tatarstan [1]                 | 9,8–15,3                                 |
| Санкт-Петербург [3]<br>Saint Petersburg [3]   | 8,92–12,81                               |
| г. Баку [6]   Baku [6]                        | 14,2                                     |
| г. Минск [8]   Minsk [8]                      | 9,63                                     |
| Южный Ирак [25]<br>Southern Iraq [25]         | 36,8                                     |
| Испания [19]   Spain [19]                     | 28,6                                     |
| Судан [28]   Sudan [28]                       | 25,22                                    |
| Китай [24]   China [24]                       | 23,9                                     |
| Бангладеш [20]   Bangladesh [20]              | 15,1                                     |
| Польша [21]   Poland [21]                     | 13,15                                    |
| Пакистан [26]   Pakistan [26]                 | 12,8                                     |

**Таблица 4.** Процент жителей Горно-Алтайска с низкой и высокой концентрацией меди в волосах

**Table 4.** The percentage of residents of Gorno-Altaysk with low and high concentrations of copper in their hair

| Группы сравнения<br>Comparison groups | Концентрация меди, мг/кг<br>Copper concentration, mg/kg |            |
|---------------------------------------|---|------------|
|                                       | <7,5 [14]   | >25,0 [14] |
| Пол   Gender:                         |   |            |
| мужской   male                        | 33,7  | 5,9        |
| женский   female                      | 30,1  | 4,3        |
| Возраст, лет   Age, years:            |   |            |
| 4–17                                  | 34,3  | 6,3        |
| 18–21                                 | 37,5*   | 5,8        |
| 22–50                                 | 23,4*   | 4,2        |
| Всего   Total                         | 31,9  | 5,7        |

\*  $p < 0,05$ .

При анализе средних значений концентрации меди в волосах населения других регионов установлено, что данные по Горно-Алтайску соответствуют сравнительно низким показателям (см. табл. 3). Среди представленных данных самые высокие значения приходятся на Южный Ирак [4], Испанию [19] и Судан [28].

## ОБСУЖДЕНИЕ

Улавливание и осаждение ТЧ с целью контроля загрязнения и очищения воздуха — сложный процесс. С потоками воздуха частицы могут разноситься на значительные расстояния, создавая общий фон загрязнения селитебных территорий [29]. Одним из природных адсорбентов, накапливающим оседающие из воздуха загрязнители, является снег. По концентрации металлов в различных фазах снега можно судить о загрязнении окружающей среды.

В настоящем исследовании установлено, что концентрация меди в снеговой воде г. Горно-Алтайска не представляет опасности для человека, а в 3 образцах твёрдой фазы снега обнаружено превышение ПДК. Необходимо отметить, что угольные котельные города расположены в непосредственной близости от инфраструктурных объектов (образовательные учреждения, торговые центры) и могут представлять опасность для населения как источники токсичных загрязнителей воздуха (см. рис. 1).

В то же время при сравнении результатов данного исследования (19,4–67,2 мг/кг) со значениями, полученными другими авторами в 2016 году (101 мг/кг) [30], выявили тенденцию снижения концентрации меди в ТЧ снега на территории Горно-Алтайска за 5 лет. В Республике Алтай с 2017 года проводятся мероприятия по снижению использования в качестве топлива каменного угля и переходу на природный газ, в настоящее время из 30

действующих на территории города центральных котельных только 10 функционируют на твёрдом топливе (см. рис. 1). Тем не менее востребованность каменного угля по-прежнему сохраняется для ТЭЦ города и отопительных систем частного сектора.

Как избыток, так и недостаток меди в организме человека приводит к нарушению многих функций. Необходимость меди для организма человека обусловлена её кофакторной функцией. Около 95% меди в организме присутствует в составе церулоплазмينا (гликопротеин крови); 8 атомов меди, входящих в состав этого активного вещества, обеспечивают антирадикальные свойства. Медь в составе цитохромоксидазы выполняет роль конечного звена электронтранспортной цепи, посредством которого осуществляются биологическое окисление и окислительное фосфорилирование, генерация аденозинтрифосфата. В составе моноаминоксидазы медь катализирует дезаминирование ряда гормонов (катехоламины, серотонин); в составе лизилоксидазы — ускоряет превращение из лизина альдегидов, имеющих значение для синтеза коллагена и эластина при развитии дыхательной системы и кожи [1, 4, 5, 19, 21]. Кроме этого, медь участвует в синтезе тирозиназы — фермента, необходимого для синтеза меланина из тирозина. Известно, что дефицит тирозиназы является причиной альбинизма, напротив, избыточная активность фермента лежит в основе развития меланомы [5, 19]. Определение концентрации данного элемента в организме необходимо для профилактики развития гипо- и гиперэлементоза.

Недостаточное содержание меди в организме детей отражается на их физическом развитии, приводит к задержке роста, независимо от возраста дефицит меди может стать причиной анемии, дерматозов, снижения массы тела, потери аппетита, атрофии клеток миокарда [1, 5, 19]. Доля жителей Горно-Алтайска, в волосах которых содержание меди ниже уровня 7,5 мг/кг, составляет 31,9%, в вариационном диапазоне минимальные значения соответствуют уровню 0,07 мг/кг, а нижний квартиль — 5,1 мг/кг. На основании полученных результатов можно предположить, что для примерно 1/3 населения Горно-Алтайска существует проблема недостаточного поступления меди с пищей и водой. Для восполнения дефицита микроэлемента рекомендуют включать в рацион говяжье мясо, печень, зерновые, бобовые культуры, морепродукты [1, 5, 19].

В результате исследования выявлено закономерное снижение концентрации меди в волосах населения Горно-Алтайска в возрасте 4–21 года, в возрасте 18–50 лет доля населения со сравнительно низкими значениями меди статистически значимо сокращается.

Для интерпретации результатов референсные и индивидуальные значения концентрации микроэлемента в волосах сравнивают со значением биологически допустимого уровня. По данным литературы [1, 19], в норме концентрация меди в волосах человека составляет 7,5–25,0 мг/кг. У 5,7% обследованного населения

Горно-Алтайская концентрация меди в волосах превышает уровень 25,0 мг/кг. Вероятно, у данной категории населения существует риск повышенной кумуляции меди и в других тканях организма. Известно, что при избыточном содержании меди в тканях у человека проявляются гемолиз, анемия, дегенерация ткани печени, почек, мозга. Токсичность меди обусловлена способностью ионов блокировать SH группы белков, в том числе и ферментов [1, 5].

Таким образом, концентрация меди в природном адсорбенте (снег) представляет опасность для организма человека только в составе твёрдой фазы. У третьей части населения Горно-Алтайска выявляется низкое содержание меди в волосах, а превышение общероссийских значений обнаружено примерно у 6%.

В целом преимуществом данного исследования является детальный анализ присутствия меди в организме населения малого города, попытка сопоставить концентрацию меди в волосах и разных фазах снега. Недостаток исследования — отсутствие экспериментальных данных о содержании меди в атмосферном воздухе в составе ТЧ и аэрозолей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Содержание меди в мелкодисперсных фазах снега, отобранного в районах угольных котельных, не представляет опасности для человека, тогда как в твёрдых фазах встречаются повышенные концентрации. В волосах населения чаще отмечается низкое содержание микроэлемента (31,9%), чем высокое (5,7%).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скальный А.В., Грабеклис А.Р., Скальная М.Г., и др. Химические элементы в гигиене и медицине окружающей среды / под ред. Ракитского В.Н., Рахманина Ю.А. Москва : РУДН, 2019. 339 с.
2. Dabi S.B. Effect and necessity of anthropogenic copper on fresh water aquaculture organisms: a review // *J Fish Res.* 2020. Vol. 4, N 1. 36–40.
3. He M.J., Wei S.Q., Sun Y.X., et al. Levels of five metals in male hair from urban and rural areas of Chongqing, Chinam // *Environ Sci Pollut Res Int.* 2016. Vol. 23, N 21. P. 22163–22171. doi: 10.1007/s11356-016-7448-9
4. Carvalho A.S.C., Santos A.S., Pereira S.F.P., Alves C.N. Levels of As, Cd, Pb and Hg found in the hair from people living in Altamira, Pará, Brazil: environmental implications in the Belo Monte area // *J Braz Chem Soc.* 2009. Vol. 20, N 60. P. 1153–1163. doi: 10.1590/S0103-50532009000600022
5. Ruiz L.M., Libedinsky A., Elorza A.A. Role of copper on mitochondrial function and metabolism // *Front Mol Biosci.* 2021. Vol. 8. P. 711227. doi: 10.3389/fmolb.2021.711227
6. Gromadzka G., Tarnacka B., Flaga A., Adamczyk A. Copper dyshomeostasis in neurodegenerative diseases—therapeutic

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

**Вклад авторов.** 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). Наибольший вклад распределён следующим образом: Е.А. Чанчаева — концепция и дизайн исследования, метаанализ, интерпретация результатов, подготовка материала статьи; В.С. Лапин — сбор образцов снега и волос, пробоподготовка, лабораторный анализ; К.М. Ыжикова — сбор образцов снега и волос, анализ литературных данных.

**Author contribution.** All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research, and preparation of the article, and read and approved the final version before publication). The major contributions are described as follows: E.A. Chanchaeva — research concept and design, meta-analysis, interpretation of results, preparation of the article material; V.S. Lapin — collection and preparation of snow and hair samples for analysis; K.M. Yzhikova — a collection of snow and hair samples and analysis of literary data.

**Финансирование.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Founding sources.** This study was not supported by any external sources of funding.

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

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

implications // *Int J Mol Sci.* 2020. Vol. 21, N 23. P. 9259. doi: 10.3390/ijms21239259

7. Olumayede E.G., Ediagbonya T.F. Sequential extractions and toxicity potential of trace metals absorbed into airborne particles in an urban atmosphere of Southwestern Nigeria // *ScientificWorldJournal.* 2018. Vol. 2018. P. 852165. doi: 10.1155/2018/6852165
8. Phi T.H., Chinh P.M., Cuong D.D., et al. Elemental concentrations in roadside dust along two national highways in Northern Vietnam and the health-risk implication // *Arch Environ Contam Toxicol.* 2018. Vol. 74, N 1. P. 46–55. doi: 10.1007/s00244-017-0477-7
9. Seriani R., Junqueira Mde S., de Toledo A.C., et al. Diesel exhaust particulates affect cell signaling, mucin profiles, and apoptosis in trachea explants of Balb/C mice // *Environ Toxicol.* 2015. Vol. 30, N 11. P. 1297–1308. doi: 10.1002/tox.22000
10. Иваненко А.В., Судакова Е.В., Скворцова С.А., Бестужева Е.В. Оценка риска здоровью населения от воздействия атмосферных загрязнений на отдельных территориях Москвы // *Гигиена и санитария.* 2017. Т. 96, № 3. С. 206–211. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-3-206-211

11. Finkelman R.B., Wolfe A., Hendryx M.S. The future environmental and health impacts of coal // *Energy Geoscience*. 2020. Vol. 2, N 2. P. 99–112. doi: 10.1016/j.engeos.2020.11.001
12. Чанчаева Е.А., Лапин В.С., Кузнецова О.В., и др. Анализ содержания тяжелых металлов в шерсти животных городской среды Республики Алтай // *Экология человека*. 2020. Т. 27, № 12. С. 11–17. doi: 10.33396/1728-0869-2020-12-11-17
13. Корчина Т.Я., Миняйло Л.А., Сафарова О.А., Корчин В.И. Сравнительные показатели содержания железа и марганца в волосах женщин Северного региона с различной очисткой питьевой воды // *Экология человека*. 2018. Т. 25, № 4. С. 4–9. doi: 10.33396/1728-0869-2018-4-4-9
14. Рафикова Ю.С., Семенова И.Н., Хасанова Р.Ф., Суюндуков Я.Т. Уровни содержания кадмия и свинца в волосах населения Зауральской зоны Республики Башкортостан // *Экология человека*. 2020. Т. 27, № 1. С. 17–24. doi: 10.33396/1728-0869-2020-1-17-24
15. Rafati Rahimzadeh M., Rafati Rahimzadeh M., Kazemi S., Moghadamnia A.A. Cadmium toxicity and treatment: an update // *Caspian J Intern Med*. 2017. Vol. 8, N 3. P. 135–145. doi: 10.22088/cjim.8.3.135
16. Казимов М.А., Алиева Н.В. Изучение и гигиеническая оценка риска для здоровья от присутствия тяжёлых металлов в продуктах питания // *Казанский медицинский журнал*. 2014. Т. 95, № 5. С. 706–709.
17. Матвейко Н.П., Протасов С.К., Садовский В.В. Определение тяжелых металлов в волосах человека // *Вестник Витебского государственного технологического университета*. 2013. № 2 (25). С. 95–98.
18. Czerny B., Krupka K., Ożarowski M., Seremak-Mrozikiewicz A. Screening of trace elements in hair of the female population with different types of cancers in Wielkopolska region of Poland // *ScientificWorldJournal*. 2014. Vol. 2014. P. 953181. doi: 10.1155/2014/953181
19. Llorente Ballesteros M.T., Navarro Serrano I., Izquierdo Álvarez S. Reference levels of trace elements in hair samples from children and adolescents in Madrid, Spain // *J Trace Elem Med Biol*. 2017. Vol. 43. P. 113–120. doi: 10.1016/j.jtemb.2016.12.010
20. Rezza C., Stefano Albanese S., Ayusob R., et al. Geochemical and Pb isotopic characterization of soil, groundwater, human hair, and corn samples from the Domizio Flegreo and Agro Aversano area (Campania region, Italy) // *J Geochem Explor*. 2018. Vol. 184(Part B). P. 318–332. doi: 10.1016/j.gexplo.2017.01.007
21. Choudhury T.R., Ali M., Rahin A.S., Ali M.P. Trace elements in the hair of normal and chronic arsenism people // *Global advanced research journal of environmental science and toxicology*. 2013. Vol. 2 (7). P. 163–173. Режим доступа: <http://garj.org/garjest/index.htm>
22. Доклад Автономного учреждения Республики Алтай «Алтайский региональный институт экологии» о состоянии и об охране окружающей среды Республики Алтай. Режим доступа: [http://altai-republic.ru/society/doklad\\_nature](http://altai-republic.ru/society/doklad_nature) Дата обращения: 26.04.2021.
23. Чанчаева Е.А., Лапин В.С., Сухова М.Г., и др. Референтные значения концентрации кадмия в волосах жителей Горного Алтая // *Гигиена и санитария*. 2021. Т. 100, № 4. С. 307–312. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-4-307-312
24. Чанчаева Е.А., Сухова М.Г., Куриленко Т.К. Аккумуляция свинца в волосах населения административного центра Республики Алтай // *Экология человека*. 2021. Т. 28, № 6. С. 4–11. doi: 10.33396/1728-0869-2021-6-4-11
25. Темиржанова А.Е., Дюсембаева М.Т., Лукашенко С.Н., и др. Элементный состав твердой фазы снегового покрова малых населенных пунктов (на примере села Долонь Восточно-Казахстанской области, республика Казахстан) // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2020. Т. 331, № 12. С. 41–50.
26. Чагина Н.Б., Айвазова Е.А., Иванченко Н.Л., и др. Исследование содержания тяжелых металлов в снеговом покрове г. Архангельска и оценка их влияния на здоровье населения // *Вестник Северного (Арктического) Федерального университета. Серия: естественные науки*. 2016. №4. С. 57–68. doi: 10.17238/issn2227-6572.2016.4.57
27. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий», утверждённые Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 3. Режим доступа: [https://www.rospotrebnadzor.ru/files/news/SP2.1.3684-21\\_territorii.pdf](https://www.rospotrebnadzor.ru/files/news/SP2.1.3684-21_territorii.pdf).
28. Abdelbagi A.M., Gilani Mustafa M.A., Sharf Eldeen A.E.S. Concentrations of trace elements in human hair as a biomarker expose to environmental contamination // *International journal of scientific research and innovative technology*. 2017. Vol. 4, P. 2.
29. Kantová N.C., Holubcik M., Jnadacka J., Čaja A. Comparison of particulate matters properties from combustion of wood biomass and brown coal // *Procedia Engineering*. 2017;192:416–420. doi: 10.1016/j.proeng.2017.06.072
30. Робертус Ю.В., Удачин В.Н., Рихванов Л.П., и др. Индикация компонентами природной среды трансграничного переноса загрязняющих веществ на территорию Горного Алтая // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2016. Т. 327, № 9. С. 39–48.

## REFERENCES

1. Skalny AV, Grabeklis AR, Skalnaya MG, et al. *Chemical elements in environmental hygiene and medicine*. Rakitskij VN, Rahmannin JuA, editors. Moscow: Russian peoples' friendship university; 2019, 339 p. (In Russ).
2. Dabi SB. Effect and necessity of anthropogenic copper on fresh water aquaculture organisms: a review. *J Fish Res*. 2020;4(1):36–40.
3. He MJ, Wei SQ, Sun YX, et al. Levels of five metals in male hair from urban and rural areas of Chongqing, China. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2016;23(21):22163–22171. doi: 10.1007/s11356-016-7448-9
4. Carvalho ASC, Santos AS, Pereira SFP, Alves CN. Levels of As, Cd, Pb and Hg found in the hair from people living in Altamira,

- Pará, Brazil: environmental implications in the Belo Monte area. *J Braz Chem Soc.* 2009;20(60):1153–1163. doi: 10.1590/S0103-50532009000600022
5. Ruiz LM, Libedinsky A, Elorza AA. Role of copper on mitochondrial function and metabolism. *Front Mol Biosci.* 2021;8:711227. doi: 10.3389/fmolb.2021.711227
  6. Gromadzka G, Tarnacka B, Flaga A, Adamczyk A. Copper dyshomeostasis in neurodegenerative diseases—therapeutic implications. *Int J Mol Sci.* 2020;21(23):9259. doi: 10.3390/ijms21239259
  7. Olumayede EG, Ediagbonya TF. Sequential extractions and toxicity potential of trace metals absorbed into airborne particles in an urban atmosphere of Southwestern Nigeria. *ScientificWorldJournal.* 2018;2018:6852165. doi: 10.1155/2018/6852165
  8. Phi TH, Chinh PM, Cuong DD, et al. Elemental concentrations in roadside dust along two national highways in Northern Vietnam and the health-risk implication. *Arch Environ Contam Toxicol.* 2018;74(1):46–55. doi: 10.1007/s00244-017-0477-7
  9. Seriani R, Junqueira Mde S, de Toledo AC, et al. Diesel exhaust particulates affect cell signaling, mucin profiles, and apoptosis in trachea explants of Balb/C mice. *Environ Toxicol.* 2015;30(11):1297–1308. doi: 10.1002/tox.22000
  10. Ivanenko AV, Sudakova EV, Skvortsova SA, Bestuzheva EV. Assessment of risks to the health of the population from air borne contaminants in certain areas of Moscow (based on the findings of on-going socio-hygienic monitoring). *Hygiene and sanitation.* 2017;96(3):206–211. (In Russ). doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-3-206-211
  11. Finkelman RB, Wolfe A, Hendryx MS. The future environmental and health impacts of coal. *Energy Geoscience.* 2020;2(2):99–112. doi: 10.1016/j.engeos.2020.11.001
  12. Chanchaeva EA, Lapin VS, Kuznetsova OV, et al. Concentration of heavy metals in animal hair in an urban setting in the Altay Republic. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2020;27(12):11–17. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2020-12-11-17
  13. Korchina TYa, Minyailo LA, Safarova OA, Korchin VI. Comparative indicators of iron and manganese content in the hair of women living in the Northern region with different treatment of drinking water. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2018;25(4):4–9. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2018-4-4-9
  14. Rafikova YuS, Semenova IN, Khasanova RF, Suyundukov YaT. Cadmium and concentration in human hair in the trans-Urals region of Bashkortostan Republic. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2020;27(1):17–24. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2020-1-17-24
  15. Rafati Rahimzadeh M, Rafati Rahimzadeh M, Kazemi S, Moghadamnia AA. Cadmium toxicity and treatment: an update. *Caspian J Intern Med.* 2017;8(3):135–145. doi: 10.22088/cjim.8.3.135
  16. Kazimov MA, Alieva NV. Examination and hygienic assessment of health risk depending on heavy metals content in foods. *Kazan medical journal.* 2014; 95(5):706–709. (In Russ).
  17. Matvejko NP, Protasov SK, Sadovskij VV. Determination of heavy metals in human hair. *Vestnik of Vitebsk State Technological University.* 2013;2(25):95–98. (In Russ).
  18. Czerny B, Krupka K, Ożarowski M, Seremak-Mrozikiewicz A. Screening of trace elements in hair of the female population with different types of cancers in Wielkopolska region of Poland. *ScientificWorldJournal.* 2014;2014:953181. doi: 10.1155/2014/953181
  19. Llorente Ballesteros MT, Navarro Serrano I, Izquierdo Álvarez S. Reference levels of trace elements in hair samples from children and adolescents in Madrid, Spain. *J Trace Elem Med Biol.* 2017;43:113–120. doi: 10.1016/j.jtemb.2016.12.010
  20. Rezza C, Stefano Albanese S, Ayusob R, et al. Geochemical and Pb isotopic characterization of soil, groundwater, human hair, and corn samples from the Domizio Flegreo and Agro Aversano area (Campania region, Italy). *J Geochem Explor.* 2018;184(Part B):318–332. doi: 10.1016/j.jexplo.2017.01.007
  21. Choudhury TR, Ali M, Rahin AS, Ali MP. Trace elements in the hair of normal and chronic arsenism people. *Global advanced research journal of environmental science and toxicology.* 2013;2(7):163–173. Available from: <http://garj.org/garjest/index.htm>
  22. Report of the Autonomous institution of the Altai Republic “Altai regional Institute of ecology” on the state and environmental protection of the Altai Republic in 2016. Available from: [http://altai-republic.ru/society/doklad\\_nature\\_2020.pdf](http://altai-republic.ru/society/doklad_nature_2020.pdf) Accessed: 26.04.2021. (In Russ).
  23. Chanchaeva EA, Lapin VS, Sukhova MG, et al. Reference values of cadmium concentration in the hair of residents of the Gornyi Altai. *Hygiene and sanitation.* 2021;100(4):307–312. (In Russ). doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-4-307-312
  24. Chanchaeva EA, Sukhova MG, Kurilenko TK. Lead concentration in human hair in the administrative center of the Altai Republic. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2021;28(6):4–11. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2021-6-4-11
  25. Temirzhanova AE, Dyusembaeva MT, Lukashenko SN, et al. The elemental composition of the solid phase of the snow cover of small settlements (on the example of the village of Dolon, East Kazakhstan region, Republic of Kazakhstan). *Bulletin of the Tomsk polytechnic university.* 2020;331(12):41–50. (In Russ).
  26. Chagina NB, Ajvazova EA, Ivanchenko NL, et al. Investigation of the content of heavy metals in the snow cover of Arkhangelsk and assessment of their impact on public health. *Vestnik of Northern (Arctic) federal university. Series: natural sciences.* 2016;4:57–68. (In Russ). doi: 10.17238/issn2227-6572.2016.4.57
  27. SanPiN 2.1.3684-21 “Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial, public premises, organization and conduct of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures”, approved by Resolution No. 3 of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated January 28, 2021. Available from: [https://www.rospotrebnadzor.ru/files/news/SP2.1.3684-21\\_territorii.pdf](https://www.rospotrebnadzor.ru/files/news/SP2.1.3684-21_territorii.pdf) (In Russ).
  28. Abdelbagi AM, Gilani Mustafa MA, Sharf Eldeen AES. Concentrations of trace elements in human hair as a biomarker expose to environmental contamination. *International journal of scientific research and innovative technology.* 2017;4:2.
  29. Kantová NC, Holubcik M, Jnadacka J, Čaja A. Comparison of particulate matters properties from combustion of wood biomass and brown coal. *Procedia Engineering.* 192:416–420. doi: 10.1016/j.proeng.2017.06.072

30. Robertus YuV, Udachin VN, Rikhvanov LP, et al. Indication of the environmental components of the transboundary transfer of pol-

luting substances on the territory of Gorny Altai. *Bulletin of the Tomsk polytechnic university*. 2016;9:39–48. (In Russ).

## ОБ АВТОРАХ

**\*Елена Анатольевна Чанчаева**, д.б.н.;

адрес: Россия, Республика Алтай, 649000, Горно-Алтайск, ул. Ленкина, 1;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5281-1145>;

eLibrary SPIN: 1295-9908;

e-mail: [chan.73@mail.ru](mailto:chan.73@mail.ru)

**Виталий Сергеевич Лапин**;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3351-2056>;

eLibrary SPIN: 5625-9760;

e-mail: [wit.lapin@mail.ru](mailto:wit.lapin@mail.ru)

**Карина Маратовна Ыжикова**;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0780-1735>;

eLibrary SPIN: 2420-1279;

e-mail: [k.yzhikova@g.nsu.ru](mailto:k.yzhikova@g.nsu.ru)

## AUTHORS' INFO

**\*Elena A. Chanchaeva**, Dr. Sci. (Biol.);

address: 1 Lenkina street, 649000, Gorno-Altaysk, Russia;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5281-1145>;

eLibrary SPIN: 1295-9908;

e-mail: [chan.73@mail.ru](mailto:chan.73@mail.ru)

**Vitalii S. Lapin**;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3351-2056>;

eLibrary SPIN: 5625-9760;

e-mail: [wit.lapin@mail.ru](mailto:wit.lapin@mail.ru)

**Karina M. Yzhikova**;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0780-1735>;

eLibrary SPIN: 2420-1279;

e-mail: [k.yzhikova@g.nsu.ru](mailto:k.yzhikova@g.nsu.ru)

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco109191>

# Оценка стоматологического здоровья участников исследования «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в регионах Российской Федерации. Третье обследование» в Архангельской области: профиль исследования

С.Н. Драчев<sup>1,2</sup>, В.А. Попов<sup>2</sup>, А.А. Симакова<sup>2</sup>, М.А. Горбатова<sup>2</sup>, А.В. Кудрявцев<sup>1,2</sup>, Л.Л. Шагров<sup>2</sup>, Д.А. Попова<sup>2</sup>, А.М. Гржибовский<sup>2,3,4,5</sup>, А.В. Концевая<sup>6</sup>, Т.Н. Юшманова<sup>2</sup>, Л.Н. Горбатова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Арктический университет Норвегии, Тромсё, Норвегия;

<sup>2</sup> Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Российская Федерация;

<sup>3</sup> Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Российская Федерация;

<sup>4</sup> Западно-Казахстанский медицинский университет имени Марата Оспанова, Актобе, Казахстан;

<sup>5</sup> Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

<sup>6</sup> Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины, Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Предпосылки и цель исследования.** Население северных регионов России характеризуется высокими показателями заболеваемости системы кровообращения, высокой распространённостью и интенсивностью стоматологических заболеваний. В 2020–2021 гг. Архангельская область была включена в многоцентровое исследование «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в регионах Российской Федерации. Третье обследование» (ЭССЕ-РФЗ), направленное на изучение распространённости сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), биологических и поведенческих факторов риска ССЗ и их ассоциации с различными региональными экономическими и климатогеографическими характеристиками. Уникальность исследования ЭССЕ-РФЗ в Архангельской области заключается в дополнительной оценке стоматологического профиля участников, протокол которой раскрывает данная статья.

**Материал и методы.** Обсервационное поперечное исследование ЭССЕ-РФЗ проводилось в Архангельской области в период с 24 февраля по 30 июня 2021 года на базе консультативно-диагностической поликлиники Северного государственного медицинского университета (Архангельск). В исследовании участвовало 1816 человек в возрасте 35–74 лет, проживающих на территории города Архангельска и сельских районов Архангельской области. Большинство участников (от 84,9 до 87,5%) согласились пройти стоматологическое обследование, которое включало сбор ротовой жидкости, анкетирование, сбор десневой жидкости, оценку стоматологического статуса по методике Всемирной организации здравоохранения (2013), оценку гигиены полости рта и воспаления десны, дентальный эстетический индекс, осмотр врачом-ортодонтом с проведением периотестметрии и выполнением фотопротокола. Кроме того, подгруппе участников в возрасте от 35 лет до 51 года ( $n=236$ ) была выполнена углублённая диагностика для выявления ортодонтической патологии (телерентгенография, конусно-лучевая компьютерная томография, биометрия гипсовых моделей).

**Ожидаемые результаты и выводы.** Проведённое исследование позволит с помощью валидизированных инструментов оценить состояние стоматологического здоровья репрезентативной выборки взрослого населения Архангельской области в целевой возрастной группе и, что более важно, оценить связь стоматологических заболеваний с ССЗ, характеристиками здоровья и образа жизни, изучаемыми в рамках основного протокола исследования ЭССЕ-РФЗ.

**Ключевые слова:** стоматологическое здоровье; состояние зубов; Архангельская область; Арктика; эпидемиология; сердечно-сосудистые заболевания; ЭССЕ-РФЗ.

## Как цитировать:

Драчев С.Н., Попов В.А., Симакова А.А., Горбатова М.А., Кудрявцев А.В., Шагров Л.Л., Попова Д.А., Гржибовский А.М., Концевая А.В., Юшманова Т.Н., Горбатова Л.Н. Оценка стоматологического здоровья участников исследования «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в регионах Российской Федерации. Третье обследование» в Архангельской области: профиль исследования // Экология человека. Т. 29, № 7. С. 513–526.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco109191>

Рукопись получена: 04.07.2022

Рукопись одобрена: 14.07.2022

Опубликована online: 09.08.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco109191>

## Study profile: oral health assessment among participants of “Epidemiology of cardiovascular diseases in Russian regions. Third study” in the Arkhangelsk region

Sergei N. Drachev<sup>1,2</sup>, Vyacheslav A. Popov<sup>2</sup>, Anna A. Simakova<sup>2</sup>, Maria A. Gorbatova<sup>2</sup>, Alexander V. Kudryavtsev<sup>1,2</sup>, Leonid L. Shagrov<sup>2</sup>, Daria A. Popova<sup>2</sup>, Andrej M. Grjibovski<sup>2,3,4,5</sup>, Anna V. Kontsevaya<sup>6</sup>, Tatiana N. Yushmanova<sup>2</sup>, Lyubov N. Gorbatova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> UiT The Arctic University of Norway, Tromsø, Norway;

<sup>2</sup> Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation;

<sup>3</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russian Federation;

<sup>4</sup> West Kazakhstan Marat Ospanov State Medical University, Aktobe, Kazakhstan;

<sup>5</sup> Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>6</sup> National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russian Federation

### ABSTRACT

**RATIONALE AND AIMS:** The population of North Russia has a high prevalence of both cardiovascular and dental diseases. The Arkhangelsk region was included in the third phase of the multicenter study entitled “Epidemiology of cardiovascular diseases in Russian regions. Third study” (“ESSE-RF3”). The ESSE-RF3 study studied the prevalence of cardiovascular diseases, their biological and behavioral risk factors, and the associations with regional economic, climatic, and geographical characteristics. The Arkhangelsk part of the study is unique as it involved an assessment of the oral health of the ESSE-RF3 study participants. The oral health study protocol is presented in this paper.

**METHODS:** A population-based study was performed from February 24 through June 30 in the year 2021 at the outpatient facility of the Northern State Medical University in Arkhangelsk. A representative sample of 1816 permanent residents of the Arkhangelsk region aged 35–74 years participated in the ESSE-RF3 study. Most of them (84.9–87.5%) agreed to take part in the oral phase of the study, which included the use of a questionnaire, the collection of oral and gingival crevicular fluid, assessment of dental and periodontal health status using a WHO (2013) methodology; oral hygiene and dental aesthetic index; an orthodontic assessment with periotestometry and a photo protocol. In addition, an in-depth orthodontic study was performed on a sub-sample of the participants aged 35–51 years ( $n=236$ ) using teleroentgenography, cone-beam computed tomography, and biometrics of the plaster models.

**EXPECTED RESULTS AND CONCLUSIONS:** The study will assess the prevalence of a wide range of states and conditions related to oral health in a representative sample of the adult population of the Arkhangelsk region in the target age-group using validated international instruments to ensure comparability and reproducibility of the findings. More importantly, the study will assess the associations between various aspects of oral health and cardiovascular diseases, their risk factors as well as regional and behavioral characteristics studied by the main ESSE-RF3 study protocol.

**Keywords:** oral health; dental health; Arkhangelsk region; Arctic; epidemiology; cardiovascular diseases; ESSE-RF.

### To cite this article:

Drachev SN, Popov VA, Simakova AA, Gorbatova MA, Kudryavtsev AV, Shagrov LL, Popova DA, Grjibovski AM, Kontsevaya AV, Yushmanova TN, Gorbatova LN. 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: <https://doi.org/10.17816/humeco109191>

Received: 04.07.2022

Accepted: 14.07.2022

Published online: 09.08.2022



## ВВЕДЕНИЕ

Стоматологическое здоровье является одним из неотъемлемых компонентов общего здоровья и важным направлением работы системы общественного здравоохранения в силу высокой распространённости стоматологических заболеваний (кариес, заболевания пародонта) в мире, огромных затрат на их лечение, а также неблагоприятного влияния, которое они оказывают на функциональное, социальное и психологическое состояние личности [1]. В последние десятилетия в развитых странах отмечается чёткая тенденция к снижению распространённости стоматологических заболеваний за счёт успешного внедрения профилактического подхода как на популяционном, так и на индивидуальном уровне [2]. Фторирование питьевой воды, качественная гигиена полости рта с использованием фторсодержащих паст, ограничение потребления легкоферментируемых углеводов способствуют поддержанию и укреплению стоматологического здоровья [3]. Тем не менее глобальные проблемы, связанные со стоматологическими заболеваниями, все ещё присутствуют как в развитых, так и в развивающихся странах [4]. Ситуационный эпидемиологический анализ стоматологической заболеваемости и связанные с ней факторы риска служат фундаментом для успешного внедрения программ профилактики среди населения [5]. Хотя программы по укреплению стоматологического здоровья часто ориентированы на детей, взрослое население является не менее важной целевой группой. Особую ценность в планировании таких программ представляют собой популяционные эпидемиологические исследования, основанные на репрезентативных выборках и включающие комплексную оценку как стоматологического, так и общего профиля здоровья взрослых. Более того, совместный анализ данных стоматологического и соматического статуса позволяет оценить взаимосвязь стоматологической патологии с системными заболеваниями. Данные ассоциации активно изучаются, хотя, как показал недавний литературный обзор [6], проведённых исследований недостаточно, чтобы с высокой долей доказательности говорить о связи, например, кариеса и системной патологии.

На территории Европейского Севера России эпидемиологическое стоматологическое обследование взрослого населения ( $n=1215$ ) в возрасте 35–44 и 65–74 лет (индексные возрастные группы, определённые ВОЗ) было проведено в 1997–1998 гг. [7]. Данное исследование, выполненное по методике ВОЗ, выявило высокие показатели распространённости и интенсивности кариеса зубов, которые превышали аналогичные значения как в целом по России и отдельным её городам, так и по другим странам (Белоруссия, Германия, Швеция, Финляндия). В структуре индекса КПУ (сумма кариозных, пломбированных, удалённых постоянных зубов) преобладал компонент «удалённые зубы». Авторы отмечают, что по данным клинического обследования частота зубочелюстных

аномалий значительно возросла в сравнении с 80-ми годами, а также указывают, что на распространённость и структуру аномалий у взрослых существенное влияние оказывает потеря зубов и обусловленные ею последующие морфологические и функциональные изменения зубочелюстной системы. Высокие показатели распространённости и интенсивности кариеса с большим удельным весом удалённых зубов среди взрослого населения Архангельской области (Северо-Запад России) также отмечены в результатах второго и третьего национальных эпидемиологических стоматологических обследований, проведённых на территории Российской Федерации (РФ) в 2007–2008 гг. [8] и 2015–2016 гг. [9] соответственно. Исследователи приводят данные о зубочелюстных аномалиях только для возрастных групп 12 лет и 15 лет, ссылаясь на тот факт, что в старших возрастных группах эти показатели малоинформативны ввиду наличия ортопедических конструкций и большого числа удалённых зубов, высокой распространённости воспалительных заболеваний пародонта и деформаций зубных рядов [8]. Необходимо отметить, что во всех вышеупомянутых исследованиях [7–9] были представлены только описательные оценки стоматологического статуса; факторы риска и взаимосвязи с показателями общего здоровья изучены не были. Кроме того, современная диагностика ортодонтической патологии основывается на результатах дополнительного углублённого исследования (телерентгенография (ТРГ), ортопантомография, конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ), анализ диагностических моделей), которое требует больших временных и материальных затрат и поэтому, как правило, не включается в эпидемиологические стоматологические обследования [5].

Северные регионы России считаются неблагополучными с точки зрения влияния природно-географических, техногенных, социально-экономических факторов на здоровье населения [10]. Показатели заболеваемости и смертности населения, проживающего в данных регионах, оказываются выше, чем в среднем по стране. Так, в 2012–2016 гг. смертность от болезней системы кровообращения среди населения в возрасте 35–69 лет, проживающего в городе Архангельске (входит в Арктическую зону РФ), составила 821 случай на 100 000 населения для мужчин и 245 случаев на 100 000 населения для женщин, в то время как соответствующие показатели на национальном уровне были 735 и 239 на 100 000 [11]. В 2015–2017 гг. в Архангельске в рамках международного проекта «Сердечно-сосудистые заболевания в России» (<https://knowyourheart.science/>) проведено популяционное поперечное исследование «Узнай свое сердце» (УСС), которое было нацелено на понимание высоких показателей заболеваемости и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) в России в сравнении с другими странами (в частности, с Норвегией); на определение фенотипов ССЗ, исследование связи этих фенотипов со спектром факторов риска (социально-демографические,

социально-экономические, поведенческие, биологические) [11]. Несмотря на масштабность данного исследования и большое количество информации, которая была собрана у участников в отношении их общего здоровья, данных о стоматологическом статусе получено не было.

В 2020–2021 гг. Архангельская область была включена в многоцентровое наблюдательное исследование «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в регионах Российской Федерации. Третье обследование» (ЭССЕ-РФ3), которое провели в 30 регионах РФ под руководством Национального медицинского исследовательского центра терапии и профилактической медицины [12]. Целью данного исследования было изучить распространённость ССЗ, их биологические и поведенческие факторы риска и ассоциации с различными региональными экономическими и климатогеографическими характеристиками для определения профиля риска региона и формирования подходов к адресным профилактическим программам, специфическим для регионов РФ. Уникальность исследования ЭССЕ-РФ3 в Архангельской области заключается в дополнительной оценке стоматологического профиля участников, протокол которой раскрывает данная статья. Цель стоматологической части исследования — оценка стоматологического здоровья с помощью валидизированных инструментов на репрезентативной выборке взрослого населения Архангельской области в целевой возрастной группе и, что более важно, изучение связей стоматологических заболеваний с состоянием сердечно-сосудистой системы, образом жизни и прочими факторами, изучаемыми в рамках основного протокола исследования ЭССЕ-РФ3.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Тип исследования и выборка

В Архангельской области наблюдательное поперечное исследование ЭССЕ-РФ3 проводилось в период с 24 февраля по 30 июня 2021 года на базе консультативно-диагностической поликлиники (КДП) Северного государственного медицинского университета (Архангельск), с использованием расширенного протокола ЭССЕ-РФ3, разработанного специально для данного региона.

Выборочная совокупность была сформирована преимущественно из участников популяционного поперечного исследования УСС, проведённого в Архангельске в 2015–2017 гг. Участники исследования УСС изначально представляли собой случайную адресную выборку мужчин и женщин в возрасте от 35 до 69 лет, проживающих в четырёх округах Архангельска (Октябрьский, Ломоносовский, Маймаксанский и Майская горка). Основой формирования данной выборки послужила база данных территориального Фонда обязательного медицинского страхования Архангельской области (ФОМС АО), а именно деперсонализированный перечень адресов всех жителей

Архангельска в возрасте от 35 до 69 лет, имеющих данные в системе ФОМС АО. Помимо адреса каждого застрахованного лица, для формирования выборки ФОМС АО предоставил также данные о поле и возрасте. Приглашение участников осуществлялось посредством поквартирных обходов случайно отобранных адресов специально подготовленными интервьюерами. При посещении отдельно взятого адреса к участию в исследовании приглашался только один проживающий по данному адресу человек, чей пол и возраст ( $\pm 2$  года) соответствовали данным ФОМС АО. Каждый согласившийся участник УСС ( $n=2478$ ) прошёл интервью на дому и заполнил форму информированного согласия на предоставление исследовательской группе своих контактных персональных данных (фамилия, имя, отчество, адрес и номер телефона). Подавляющее большинство участников УСС ( $n=2380$ , из них 41,5% мужчин) прошли медицинское обследование в КДП Северного государственного медицинского университета. Перед началом каждому из участников была предоставлена возможность отказаться или согласиться на различные условия участия в исследовании, отражённые в форме информированного согласия. При заполнении формы информированного согласия 2324 человека дали согласие на приглашение к участию в новых исследованиях в будущем, 56 — отказались от данного предложения. Более подробно способ формирования выборки УСС и её характеристики описаны ранее [11]. С 2018 года в рамках сотрудничества Северного государственного медицинского университета с Медицинским информационно-аналитическим центром организовано проспективное наблюдение участников УСС ( $n=2357$ ), давших информированное согласие на доступ к их медицинской и другой связанной со здоровьем документации в исследовательских целях. Исходя из данных динамического наблюдения, в период со времени участия в УСС до конца 2020 года 61 участник выбыл из-под наблюдения по причине смерти и 5 достигли возраста 75 лет. С учётом представленной выше информации, на момент запланированного старта сбора данных для ЭССЕ-РФ3 в Архангельской области в распоряжении исследовательской группы находились контактные данные 2258 участников УСС в возрасте от 40 до 74 лет, которые были приглашены к участию в ЭССЕ-РФ3. Приглашение осуществлялось администраторами ЭССЕ-РФ3 в КДП Северного государственного медицинского университета посредством телефонных обзвонков. Кроме того, тем участникам УСС, которым не удалось дозвониться после 3 и более попыток ( $n=498$ ), были разосланы письма с приглашением поучаствовать в исследовании. Полное обследование по основному протоколу ЭССЕ-РФ3 прошли 1348 участников УСС в возрасте 40–74 лет; с 335 не удалось установить контакт (не дозвонились по телефону и не получили отклик на отправленное письмо); 575 не смогли принять участие или отказались от участия в ЭССЕ-РФ3.

Дизайн ЭССЕ-РФ3 предполагал наличие участников в возрасте 35–39 лет, которые отсутствовали

в использованной базе УСС. Поэтому по согласованию с командой ЭССЕ-РФЗ в Национальном медицинском исследовательском центре терапии и профилактической медицины добор данной возрастной группы проводился из числа членов семей участников УСС, проживающих совместно с ними (в одном домохозяйстве) или отдельно. Члены домохозяйств и проживающие отдельно родственники участников УСС в возрасте 35–39 лет приглашались посредством телефонных обзвонів участников УСС, которые прошли обследование на более ранних этапах и сообщили о наличии членов домохозяйств указанного возраста в ходе прохождения обследования. В общей сложности участие в исследовании приняли 115 лиц из данной возрастной группы.

Согласно протоколу исследования ЭССЕ-РФЗ для Архангельской области, 10% от общей численности выборки в регионе должны были составлять сельские жители. Поскольку все участники УСС являлись городскими жителями, выборка жителей сельской местности Архангельской области формировалась и включалась в исследование отдельно. Формирование такой выборки осуществлялось в три этапа: выбор трёх сельских медицинских организаций, находящихся на удалении не более 100 км от Архангельска; случайный отбор по одному терапевтическому участку в каждой из них; случайный выбор домохозяйств, приписанных к соответствующему участку, с приглашением к участию в ЭССЕ-РФЗ всех его членов подходящего возраста. Приглашение и запись на обследование сельских жителей осуществляли сотрудники сельских медицинских организаций из числа членов случайно отобранных 210 сельских домохозяйств. Фактически контакт был установлен с 58 домохозяйствами (27,6%), в которых проживало 278 человек подходящего пола и возраста, из них 252 были приглашены участвовать. В результате был обследован 171 человек из числа жителей трёх сельских населённых пунктов Архангельской области (Холмогоры, Уйма, Заостровье). Обследование сельских жителей выполнялось на базе КДП Северного государственного медицинского университета, за исключением 24 человек, для которых было организовано выездное обследование на базе Холмогорской центральной районной больницы.

На завершающих этапах исследования, для целей выравнивания распределения выборки, по согласованию с Национальным медицинским исследовательским центром терапии и профилактической медицины был проведён добор участников в возрастной категории 40–74 лет из числа членов домохозяйств участников УСС. Такая схема набора не противоречила схеме, стандартно используемой в ЭССЕ-РФЗ. Члены домохозяйств участников УСС в возрасте 40–74 лет приглашались посредством телефонных обзвонів участников УСС, которые прошли обследование на более ранних этапах и сообщили о наличии членов домохозяйств подходящего возраста. Дополнительно было обследовано 182 члена домохозяйств участников УСС в возрасте 40–74 лет.

В общей сложности в рамках проведения ЭССЕ-РФЗ в Архангельской области было обследовано 1816 человек (рис. 1).

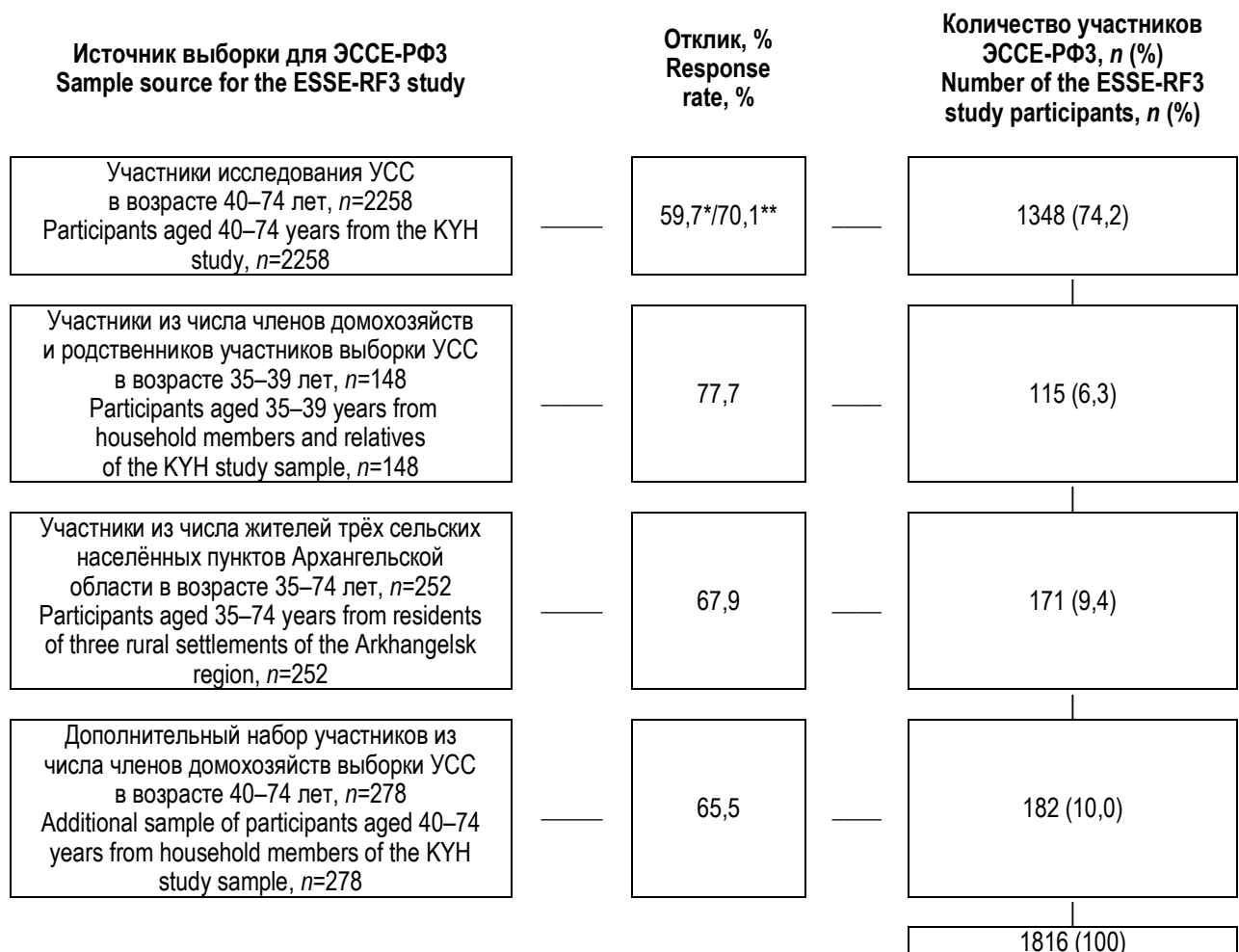
### Сбор данных (обследование участников)

Обследование участников ЭССЕ-РФЗ проводилось на базе КДП Северного государственного медицинского университета и включало измерение артериального давления и частоты сердечных сокращений, антропометрию, динамометрию, забор крови, электрокардиографию, анкетирование, стабилometriю, стоматологическое обследование (рис. 2). Вопросы анкеты были разбиты на 13 модулей (блоков): общая информация о респонденте; пищевые привычки; физическая активность; курение; употребление алкоголя; соматические заболевания; стресс; тревога и депрессия; самооценка здоровья и качества жизни; экономические условия и работа; оценка психического статуса (для лиц 55 лет и старше); женское здоровье; сведения о профилактических прививках и информация, касающаяся COVID-19. Всем участникам исследования от 60 лет и старше было также предложено пройти офтальмологическое обследование, на которое они приглашались в дополнительное время.

### Стоматологическое обследование

Стоматологическое обследование проводилось врачами-стоматологами — сотрудниками Северного государственного медицинского университета, прошедшими повышение квалификации по программе калибровки специалистов на базе кафедры профилактики стоматологических заболеваний Московского государственного медико-стоматологического университета имени А.И. Евдокимова в 2017 году («Эпидемиологическое стоматологическое обследование населения по критериям ВОЗ»). Калибровка исследователей осуществлялась согласно правилам, рекомендованным ВОЗ в 2013 году [5]. Последовательность проведения стоматологического обследования, отклик участников на отдельных этапах и примерное распределение времени на выполнение манипуляций представлены в табл. 1.

**Сбор ротовой жидкости.** Сбор нестимулированной ротовой жидкости проводили в стоматологическом кабинете через 1,5–2 ч после последнего приёма пищи. Перед сбором запрещалось пить воду, курить, использовать жевательную резинку, чистить зубы. Процедуру осуществляли в тихих, спокойных условиях, без посторонних людей. Для сбора использовали стерильные градуированные стеклянные пробирки объёмом до 10 мл. Обследуемый осуществлял сбор ротовой жидкости самостоятельно, наклонив голову вниз, прижав градуированную пробирку к нижней губе под углом 45° и сталкивая языком скопившуюся ротовую жидкость в пробирку. Важным условием для успешного сбора было минимальное наличие пены. По истечении 6 мин регистраторами фиксировалась скорость саливации в стоматологическую карту.



**Рис. 1.** Формирование выборки исследования «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в регионах Российской Федерации. Третье обследование» (ЭССЕ-РФ3). Здесь: УСС — «Узнай свое сердце»; \* консервативная оценка отклика, рассчитанная как доля обследованных лиц от общего количества в списке выборки; \*\* либеральная оценка отклика, которая учитывала только тех, с кем удалось связаться (n=1923).

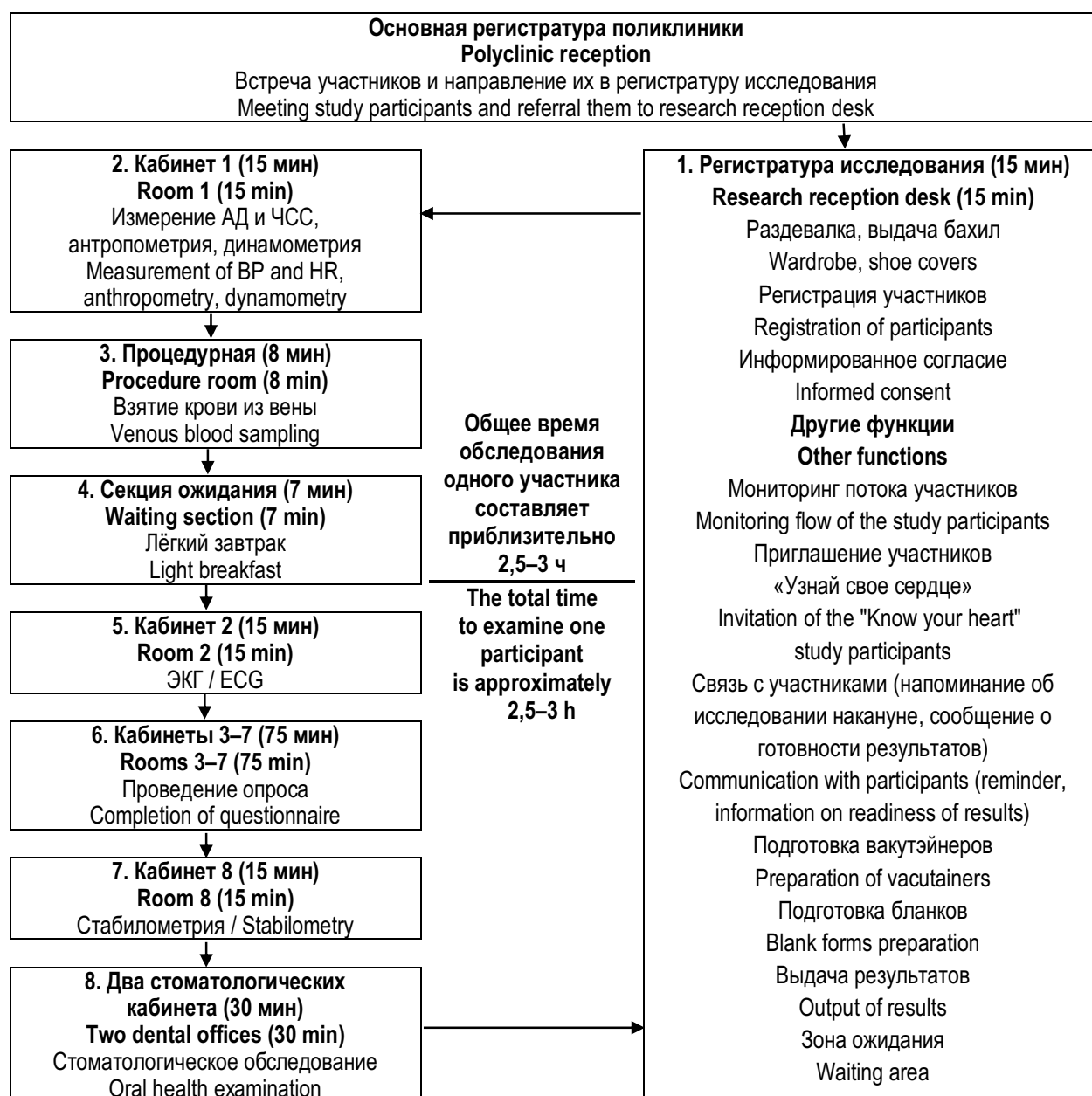
**Fig. 1.** Selecting participants in the study “Epidemiology of cardiovascular diseases in Russian regions. The third study” (ESSE-RF3). Here: KYH — “Know your heart”; \* conservative response rate calculated as the proportion of the examined persons from the total sample; \*\* liberal response rate calculated as the proportion of the examined persons from those who were contacted (n=1923).

**Сбор десневой жидкости** для последующего определения микробиоценоза зубодесневой бороздки/пародонтального кармана проводили до любых врачебных манипуляций в полости рта, после сбора ротовой жидкости. Перед забором обследуемый должен был тщательно прополоскать рот 10 мл дистиллированной воды в течение 1 мин. Исследуемый зуб и окружающие его ткани изолировали от слюны ватными валиками и высушивали сжатым воздухом пустера стоматологической установки. В зубодесневую бороздку вводили заранее подготовленный стерильный бумажный эндоканальный пин (штифт) на 10–15 с для пропитывания десневой жидкостью.

**Подготовка и хранение биологических образцов.** Полученные образцы ротовой жидкости аликвотировали дозаторами переменного объёма с одноразовыми накопниками объёмом 100–1000 мкл в стерильные криопробирки объёмом 1 мл с завинчивающейся крышкой,

с последующим размещением криопробирок в маркированные криобоксы на 100 мест. Образцы с десневой жидкостью помещали в криопробирку объёмом 1 мл со стерильным физиологическим раствором с дальнейшим размещением в маркированные криобоксы. После забора биологический материал, полученный в ходе стоматологического обследования, помещали в низкотемпературную морозильную камеру Haier 86W100 (–40 °C...–86 °C) для дальнейших лабораторных исследований.

**Анкетирование участников** исследования осуществляли с использованием «Анкеты о здоровье полости рта для взрослых» (2013) [5]. Респондентам было предложено ответить на вопросы, связанные с количеством присутствующих у них естественных зубов, наличием боли/дискомфорта в полости рта за последние 12 мес, наличием съёмных протезов, с оценкой состояния своих зубов и дёсен, частотой чистки зубов и использованием средств



**Рис. 2.** Организационная схема обследования участников ЭССЕ-РФ3 в Архангельской области. Здесь: АД — артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; ЭКГ — электрокардиография. Время в минутах указано приблизительно.

**Fig. 2.** Health assessment among ESSE-RF3 participants in the Arkhangelsk Region. Here: BP — blood pressure; HR — heart rate; ECG — electrocardiography. Approximate time in minutes is given.

гигиены. Вопросы, касающиеся питания, употребления табака, алкоголя были исключены из анкеты, поскольку данная информация была собрана на предыдущем этапе обследования в рамках основного протокола ЭССЕ-РФ3.

**Заполнение карты ВОЗ для оценки стоматологического статуса взрослых; индексная оценка стоматологического статуса.** При оценке стоматологического статуса взрослых использовали карту, рекомендуемую ВОЗ для проведения эпидемиологических стоматологических исследований [5]. Стандартная карта ВОЗ состоит из следующих разделов: идентификационная информация об обследовании (дата обследования,

идентификационный номер участника исследования, номер исследователя); общая информация об участнике исследования (фамилия, имя, пол, дата рождения, возраст, этническая группа, образование, род занятий, географическое положение); внеротовое обследование; состояние зубов; состояние тканей пародонта (включая определение модифицированного коммунального пародонтального индекса и оценку потери эпителиального прикрепления); флюороз эмали; эрозия зубов; травма зубов; поражение слизистой оболочки рта; наличие протезов; потребность в неотложной помощи. Дополнительно в карте для каждой поверхности зуба отмечали наличие некариозных

**Таблица 1.** Последовательность проведения стоматологического обследования участников ЭССЕ-РФ3 ( $n=1816$ ), отклик участников на отдельных этапах и примерное распределение времени на выполнение манипуляций

**Table 1.** Sequence of oral health examination among the ESSE-RF3 participants ( $n=1816$ ), response rate for each stage of the examination, and approximate time for performing procedures

| № по порядку<br>Ordinal number | Этап<br>Stage  | Количество участников, согласившихся на выполнение этапа, $n$ (%)<br>Number of participants who agreed to pass the stage, $n$ (%) | Манипуляция<br>Procedure  | Примерное время выполнения манипуляции, мин<br>Approximate time to perform the procedure, min  |
|--------------------------------|--|---|---|--|
| 1                              | Сбор ротовой жидкости<br>Collection of oral fluid  | 1589 (87,5)   | Разъяснение участнику исследования правил сбора ротовой жидкости<br>Explanation of the rules for collecting oral fluid to the study participant   | 1  |
|                                |  |   | Сбор ротовой жидкости<br>Collection of oral fluid   | 6  |
|                                |  |   | Распределение собранной ротовой жидкости по криотрубкам объёмом 1 мл<br>Distribution of the collected oral fluid in cryotubes with a volume of 1 ml   | 2–3  |
| 2                              | Сбор десневой жидкости<br>Collection of gingival crevicular fluid  | 1541 (84,9)   | Забор десневой жидкости<br>Collection of gingival crevicular fluid  | 2  |
| 3                              | Анкетирование<br>Completion of questionnaire   | 1586 (87,3)   | Получение ответов на вопросы анкеты ВОЗ<br>Completion of the WHO questionnaire  | 3–4  |
| 4                              | Заполнение карты ВОЗ для оценки стоматологического статуса взрослых (2013 год); индексная оценка стоматологического статуса<br>Filling out the WHO oral health assessment form for adults (2013); index assessment of oral health status | 1587 (87,4)   | Оценка состояния зубов, тканей пародонта и слизистой оболочки полости рта; проверка наличия протезов; оценка потребности в неотложной помощи; определение гигиенических индексов и степени воспаления тканей пародонта; определение индекса DAI<br>Assessment of dental status, periodontal status, oral mucosa; prosthetic status; need for emergency care, oral hygiene index, periodontal index, DAI index | 8–9  |
| 5                              | Осмотр врачом-ортодонтом с проведением перитестметрии и выполнением фотопротокола<br>Orthodontic examination with periotestometry and photo protocol   | 1580 (87,0)   | Заполнение медицинской карты ортодонтического пациента<br>Filling out medical record of orthodontic patient<br><br>Периотестметрия / Periotestometry<br><br>Фотопротокол / Photo protocol   | 5–10   |
| 6                              | Углублённая ортодонтическая диагностика (возрастная группа 35–51 год)<br>In-depth orthodontic examination (for participants aged 35–51 years)  | 236 (37,3)*   | ТРГ, КЛКТ, получение и биометрический анализ гипсовых моделей<br>TRG, CBCT, making plaster models and their biometric analysis  | Проводилось вне основного времени обследования по предварительному согласованию с участником<br>The examination was performed outside the main study by prior agreement with the participant |

Примечания: ЭССЕ-РФ3 — «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в регионах Российской Федерации. Третье обследование»; ВОЗ — Всемирная организация здравоохранения; DAI — Dental aesthetic index (дентальный эстетический индекс); ТРГ — телерентгенография, КЛКТ — конусно-лучевая компьютерная томография. \* процент рассчитан от общего числа участников в возрасте 35 лет–51 года ( $n=633$ ), которые были приглашены для проведения углублённой ортодонтической диагностики.  
Notes: ESSE-RF3 — "Epidemiology of cardiovascular diseases in Russian regions. The third study"; WHO — World Health Organization; DAI — Dental aesthetic index; TRG — teleroentgenography; CBCT — cone-beam computed tomography. \* the response rate was calculated based on the total number of participants aged 35–51 years ( $n=633$ ) who were invited to participate in in-depth orthodontic examination.

поражений: наследственные нарушения строения эмали и дентина, гипоплазия, клиновидный дефект.

Осмотр осуществляли в стоматологическом кресле при соблюдении всех необходимых условий к проведению эпидемиологических стоматологических обследований [5]. Состояние постоянных зубов оценивали по критериям ВОЗ визуально-тактильным способом, с помощью зеркала и пародонтального зонда, без применения дополнительных методов исследования. Данная методика не предусматривала разделения между осложнёнными и неосложнёнными формами кариеса и регистрации его начальных форм (кариес в стадии пятна, кариес в пределах эмали); регистрировали только кариозные поражения на уровне дентина. Для регистрации состояния постоянных зубов (для коронки и корня) использовали коды, рекомендованные ВОЗ [5]. При оценке коронки учитывали 4 поверхности фронтальных зубов (медиальная, латеральная, вестибулярная, оральная) и 5 поверхностей боковых зубов (мезиальная, дистальная, вестибулярная, оральная, окклюзионная).

Для оценки состояния тканей пародонта у всех исследуемых регистрировали модифицированный коммунальный пародонтальный индекс (СРI модифицированный), который включал 2 индикатора: кровоточивость при зондировании и определение глубины пародонтальных карманов. Исследование было выполнено с помощью пародонтального зонда в области каждого сохранившегося зуба в 6 точках с присвоением кода (отдельно для кровоточивости и кармана) [5], который соответствовал наихудшему состоянию. В случае обнаружения зубного камня, видимого или ощущаемого при зондировании, данная информация также отмечалась в карте. Информация о потере эпителиального прикрепления была получена при обследовании индексных зубов (зубы 1.7/1.6, 1.1, 2.6/2.7, 3.6/3.7, 3.1, 4.6/4.7).

Наличие флюороза эмали, эрозии и травмы зубов, поражения слизистой оболочки полости рта, наличие протезов и потребность в неотложной помощи регистрировали согласно рекомендациям ВОЗ [5].

Оценку уровня гигиены осуществляли с помощью упрощённого индекса гигиены полости рта OHI-S (Oral hygiene index simplified) [13]. Для выявления зубного налёта использовали специальный индикатор «Колор-тест № 3» («Владмива»), основу которого составляет метиленовая синь. У каждого участника окрашивали 6 индексных зубов: вестибулярные поверхности зубов 1.6, 1.1, 2.6, 3.1 и язычные поверхности зубов 3.6 и 4.6. Оценку результата проводили следующим образом: 0 баллов — зубной налёт отсутствовал; 1 балл — зубной налёт покрывал до 1/3 высоты коронки; 2 балла — зубной налёт покрывал от 1/3 до 2/3 высоты коронки; 3 балла — зубной налёт покрывал более 2/3 коронки. В случае отсутствия в полости рта указанного индексного зуба окрашивали рядом стоящий зуб той же групповой принадлежности в данном секстанте (при его наличии). Полученные

баллы суммировали и делили на количество окрашенных индексных зубов.

Для оценки наличия и степени тяжести гингивита использовали папиллярно-маргинально-альвеолярный (РМА) индекс в модификации Parma (1960). Обследовали состояние десны в области каждого зуба после окрашивания её йодистым раствором («Колор-тест № 1», «Владмива»). При отсутствии прокрашивания в области обследуемого зуба ему присваивали 0 баллов. При прокрашивании только десневого сосочка присваивали 1 балл, десневого края — 2 балла, альвеолярной десны — 3 балла. Индекс вычисляли по следующей формуле: РМА = сумма показателей в баллах  $\times 100 / (3 \times \text{число обследованных зубов})$ .

Чтобы оценить потребность в ортодонтическом лечении, использовали дентальный эстетический индекс (Dental aesthetic index, DAI) [14]. Регистрировали следующие показатели: число отсутствующих зубов в зоне улыбки, скученность зубов в переднем отделе, тремы между зубами в переднем отделе, диастема, наибольшее отклонение резцов верхней челюсти от нормального положения в дуге, наибольшее отклонение резцов нижней челюсти от нормального положения в дуге, переднее верхнечелюстное перекрытие, переднее нижнечелюстное перекрытие (в случае обратного перекрытия), вертикальная передняя щель, переднезаднее соотношение моляров. При расчёте индекса DAI использовали регрессионное уравнение, представленное в ранее опубликованных работах [15].

**Ортодонтическое обследование** в рамках стоматологической части исследования ЭССЕ-РФЗ было выполнено врачом-ортодонтом — сотрудником Северного государственного медицинского университета. При клиническом ортодонтическом обследовании заполняли карту осмотра ортодонтического пациента 043-1/у, в которой регистрировали информацию об участнике (фамилия, имя, отчество, пол, возраст), жалобы, данные внеротового обследования (лицо в анфас и в профиль), данные внутриворотного обследования (состояние мягких тканей полости рта, аномалии зубов, аномалии зубных рядов, патологию окклюзии в сагиттальном, вертикальном, трансверзальном направлениях). У всех участников ортодонтического обследования проводили периотестметрию с помощью прибора Periotest M (Medizintechnik Gulden, Германия), результаты которой отмечали для каждого зуба в данной карте. Каждому участнику также был выполнен фотопротокол, который включал серию внутриворотных фотографий, фото лица в анфас и в профиль. После проведённого клинического ортодонтического обследования всем участникам в возрасте от 35 лет до 51 года ( $n=633$ ) было предложено пройти углублённую ортодонтическую диагностику для выявления уточнённой патологии в сагиттальной, трансверзальной и вертикальной плоскостях, определения объёма и площади минимального сечения верхних дыхательных путей. Данная диагностика, на которую согласились 236 человек, включала проведение ТРГ,

КЛКТ, получение альгинатных оттисков с последующей отливкой гипсовых моделей и их биометрией. Перед выполнением указанных дополнительных диагностических манипуляций участники исследования подписывали дополнительное информированное согласие.

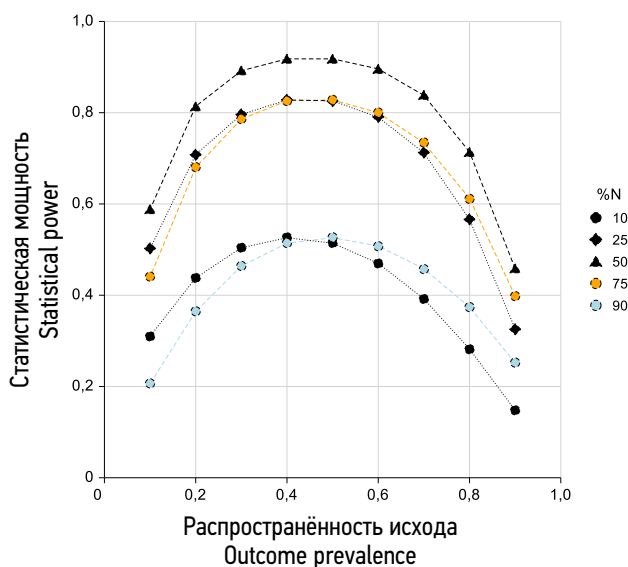
### Этические аспекты

Оригинальный протокол ЭССЕ-РФЗ получил одобрение независимого этического комитета Национального медицинского исследовательского центра терапии и профилактической медицины (протокол № 01-01/20 от 04.02.2020 г.). Протокол ЭССЕ-РФЗ для Архангельской области, в том числе со стоматологической частью, согласованный в Национальном медицинском исследовательском центре терапии и профилактической медицины, был утверждён локальным этическим комитетом Северного государственного медицинского университета (протокол № 07/11-20 от 25.11.2020 г., протокол 01/02-21 от 17.02.2021 г., протокол 02.03-21 от 31.03.2021 г.).

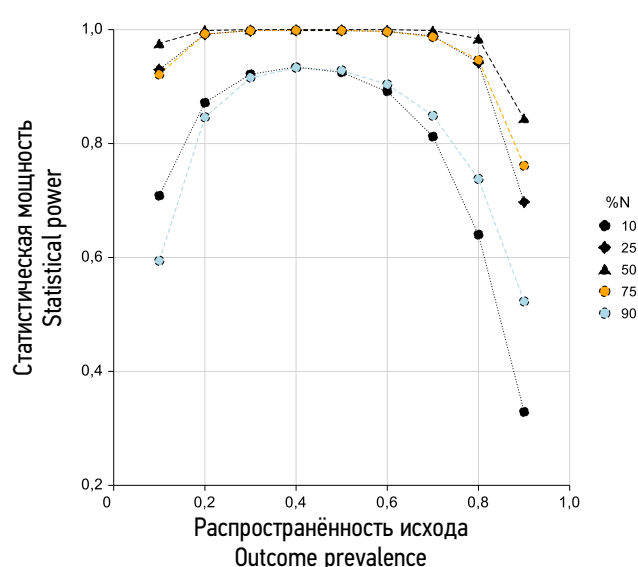
### Статистический анализ

Все данные будут обрабатываться в обезличенном формате на лицензионном программном обеспечении Stata 17.0 (Stata Corp, США) [16]. Категориальные признаки будут оцениваться с помощью критерия  $\chi^2$  Пирсона и точного критерия Фишера в зависимости от количества ожидаемых значений в ячейках четырёх- и многопольных таблиц. Непрерывные переменные будут сначала проверяться на нормальность распределения с помощью критериев Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка

в зависимости от размера совокупности. Дискретные переменные будут проверяться на соответствие распределению Пуассона. Непрерывные переменные, имеющие нормальное распределение, в ходе бивариантного анализа будут оцениваться с помощью непарного критерия Стьюдента или однофакторного дисперсионного анализа в зависимости от количества групп. Условие равенства дисперсий будет проверяться с помощью критерия Левене. Ранговые переменные, а также непрерывные переменные, распределение которых будет сильно отличаться от Гауссова, будут анализироваться с помощью непараметрических критериев. Признаки в двух непарных группах будут сравниваться с помощью критерия Манна–Уитни, а в трёх и более группах — с помощью критерия Краскела–Уоллиса с последующими апостериорными сравнениями с поправками на инфляцию ошибки первого рода. Независимые статистические связи между непрерывным зависимым признаком и потенциальными предикторами будут изучаться с помощью многомерного линейного регрессионного анализа с математической и графической проверкой всех условий. Возможно применение нелинейных моделей при несоблюдении условия линейности. Основным аналитическим методом для оценки независимых связей между дихотомическими исходами и потенциальными предикторами будет многомерный логистический регрессионный анализ для бинарных результативных признаков. Дискретные результативные признаки, например индекс КПУ и его составляющие, будут анализироваться с помощью одномерных и многомерных Пуассоновских моделей с коррекцией на потенциальные



**Рис. 3.** Статистическая мощность логистических регрессионных моделей для выявления отношения шансов 1,5 и выше для распространённости исхода от 10 до 90% и распространённости фактора риска 10, 25, 50, 75 и 90% для выборки 1580 человек.  
**Fig. 3.** Statistical power of logistic regression models to identify the odds ratio of 1.5 and higher for outcome prevalence from 10 to 90% and risk factor prevalence of 10, 25, 50, 75, and 90% in a sample of 1580 people.



**Рис. 4.** Статистическая мощность логистических регрессионных моделей для выявления отношения шансов 2,0 и выше для распространённости исхода от 10 до 90% и распространённости фактора риска 10, 25, 50, 75 и 90% для выборки 1580 человек.  
**Fig. 4.** Statistical power of logistic regression models to identify the odds ratio of 2.0 and higher for outcome prevalence from 10 to 90% and risk factor prevalence of 10, 25, 50, 75, and 90% in a sample of 1580 people.



конфаундеры. Алгоритм выбора статистического критерия для бивариантных методов анализа, а также для выбора типа регрессионной модели в зависимости от типа переменной отклика детально описаны в литературе и будут использоваться при выборе наиболее корректного метода для каждой научной задачи [16–18].

### Расчёт необходимого объёма выборки

Для расчёта необходимого объёма выборки уровни альфа- и бета-ошибок принимались равными 5 и 20% соответственно. Поскольку размер выборки был изначально предопределён при планировании исследования ЭССЕ-РФЗ, мы провели анализ статистической мощности для ситуаций с различной распространённостью как исходов, так и факторов риска для выявления отношения шансов 1,5 и выше (рис. 3) и 2,0 и выше (рис. 4) при коэффициенте детерминации многомерной модели 0,3 и выше. Общепринятым достаточным уровнем мощности (вероятности отклонить справедливую нулевую гипотезу) в биомедицинских исследованиях считается 0,8 (80%). Принципы расчёта необходимого объёма выборки детально представлены в работе [19]. Расчёты показывают, что размер выборки в 1580 человек, достигнутый для большинства исследований внутри стоматологической части проекта, позволит выявить факторы риска, увеличивающие или уменьшающие шансы исхода в 2 раза, практически для большинства возможных комбинаций распространённости исходов и факторов риска.

Регрессионный анализ с использованием непрерывных или дискретных результативных признаков обладает большей чувствительностью, поэтому рассчитанный для логистических моделей размер выборочной совокупности будет достаточным и для линейных, и для Пуассоновских моделей при прочих равных условиях. Таким образом, при возможности использовать непрерывные или дискретные переменные в качестве переменных отклика линейным и Пуассоновским моделям будет отдаваться предпочтение, так как логистические модели способны на данном размере выборочной совокупности выявить только достаточно сильные эффекты факторных признаков.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ЭССЕ-РФЗ является примером популяционного эпидемиологического исследования, проведённого на территории 30 регионов РФ и направленного на изучение распространённости ССЗ, факторов риска ССЗ и их ассоциаций с региональными экономическими и климатогеографическими характеристиками. Оценка стоматологического профиля участников исследования ЭССЕ-РФЗ, которая была проведена в Архангельской области с использованием валидизированных международно-признанных

инструментов, позволяет решить ряд перечисленных ниже стратегических задач.

1. Полученная информация позволит оценить состояние стоматологического здоровья взрослого населения в возрасте 35–74 лет. Предыдущие оценки стоматологического статуса взрослого населения, проживающего на территории Европейского Севера России, были проведены в 1997–1998 гг. [7], 2007–2008 гг. [8] и 2015–2016 гг. [9]. Сравнительный анализ результатов позволит выявить тенденции, которые характерны для основных показателей стоматологического здоровья населения Архангельской области.

2. Собранные данные помогут оценить взаимосвязь стоматологических заболеваний с характеристиками здоровья и образа жизни, изучаемыми в рамках основного протокола исследования ЭССЕ-РФЗ. Результаты этих исследований будут составлять научную базу для разработки комплексных программ профилактики, направленных на устранение выявленных факторов риска.

3. Объединение данных стоматологического обследования с данными, собранными в рамках основного протокола ЭССЕ-РФЗ, позволит изучить связь выявленных стоматологических заболеваний с сердечно-сосудистой патологией. Важно отметить, что ЭССЕ-РФЗ представляет собой поперечное исследование, которое не может оценить причинно-следственные взаимоотношения между изучаемыми переменными в силу того, что и воздействие, и исход определяются в один и тот же период времени. Тем не менее на основании полученных результатов будет возможно сформулировать научные гипотезы, которые смогут найти свое подтверждение (или опровержение) при проспективном наблюдении как за развитием стоматологических заболеваний, так и за возникновением ССЗ в когорте участников ЭССЕ-РФЗ при использовании возможностей медицинских информационных систем и электронного здравоохранения.

4. С учётом того, что для большинства участников исследования ЭССЕ-РФЗ в Архангельской области и проведённого в привязке к нему стоматологического исследования имеются данные по широкому спектру параметров сердечно-сосудистой системы, а также по маркерам и факторам риска ССЗ, собранные в 2015–2017 гг. в ходе их участия в УСС, существует возможность оценки влияния данных характеристик на риск развития стоматологической патологии в формате ретроспективного (исторического) когортного исследования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование ЭССЕ-РФЗ в Архангельской области с включённой стоматологической частью и сбором биологического материала является одной из первых отечественных попыток оценить связь между стоматологическим здоровьем и сердечно-сосудистыми заболеваниями с использованием достаточной для большого количества

задач репрезентативной выборочной совокупности, валидизированных инструментов оценки и современного аналитического аппарата.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

**Вклад авторов.** 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. Наибольший вклад распределён следующим образом: С.Н. Драчев — значительная редакция первого варианта статьи, подготовка итоговой версии статьи с учётом замечаний всех соавторов; В.А. Попов, А.А. Симакова, Л.Л. Шагров, Д.А. Попова — сбор данных, подготовка первого варианта статьи, редакция и подготовка итоговой версии статьи; М.А. Горбатова — вклад в дизайн стоматологической части исследования, подготовка и редакция итоговой версии статьи; А.В. Кудрявцев — разработка дизайна и руководство исследованием ЭССЕ-РФ3 в Архангельской области, подготовка и редакция итоговой версии статьи; А.М. Гржибовский, А.В. Концевая, Т.Н. Юшманова, Л.Н. Горбатова — организация и дизайн исследования, подготовка и редакция итоговой версии статьи.

**Author contribution.** All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria. All authors have made a

significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication. The greatest contribution is distributed as follows: S.N. Drachev — significant revision of the first draft of the manuscript, preparation of the final version of the manuscript taking into account the comments from all co-authors; V.A. Popov, A.A. Simakova, L.L. Shagrov, and D.A. Popova — data collection, preparation of the first draft, preparation and revision of the final version of the manuscript; M.A. Gorbatoва — contribution to design of the oral part of the ESSE-RF3 study, revision and preparation of the final version of the manuscript; A.V. Kudryavtsev — development of the study design and leading the ESSE-RF3 study in the Arkhangelsk region, preparation and revision of the final version of the manuscript; A.M. Grijbovski, A.V. Kontsevaya, T.N. Yushmanova, and L.N. Gorbatoва — organization and design of the study, preparation and revision of the final version of the manuscript.

**Финансирование.** Исследование ЭССЕ-РФ3 в Архангельской области проведено при поддержке Национального медицинского исследовательского центра терапии и профилактической медицины (Москва).

**Funding source.** The ESSE-RF3 study in the Arkhangelsk Region was supported by the National medical research center for therapy and preventive medicine (Moscow, Russia).

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

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kassebaum N.J., Smith A.G.C., Bernabé E., et al. Global, regional, and national prevalence, incidence, and disability-adjusted life years for oral conditions for 195 countries, 1990–2015: a systematic analysis for the global burden of diseases, injuries, and risk factors // *J Dent Res.* 2017. Vol. 96, N 4. P. 380–387. doi: 10.1177/0022034517693566
2. Lagerweij M.D., van Loveren C. Declining caries trends: are we satisfied? // *Curr Oral Health Rep.* 2015. Vol. 2, N 4. P. 212–217. doi: 10.1007/s40496-015-0064-9
3. Petersen P.E., Bourgeois D., Ogawa H., et al. The global burden of oral diseases and risks to oral health // *Bull World Health Organ.* 2005. Vol. 83, N 9. P. 661–669.
4. Kassebaum N.J., Bernabé E., Dahiya M., et al. Global burden of untreated caries: a systematic review and metaregression // *J Dent Res.* 2015. Vol. 94, N 5. P. 650–658. doi: 10.1177/0022034515573272
5. World Health Organization. Oral health surveys: basic methods, 5<sup>th</sup> ed. World Health Organization, 2013. 125 p.
6. Sabharwal A., Stellrecht E., Scannapieco F.A. Associations between dental caries and systemic diseases: a scoping review // *BMC Oral Health.* 2021. Vol. 21, N 1. P. 472. doi: 10.1186/s12903-021-01803-w
7. Юшманова Т.Н., Образцов Ю.Л. Стоматологическое здоровье населения Европейского Севера России. Архангельск : Издательский центр СГМУ, 2001. 233 с.
8. Кузьмина Э.М., Кузьмина И.Н., Васина С.А., Смирнова Т.А. Стоматологическая заболеваемость населения России. Состояние твердых тканей зубов. Распространенность зубочелюстных аномалий. Потребность в протезировании. Москва : МГМСУ, 2009. 236 с.
9. Кузьмина Э.М., Янушевич О.О., Кузьмина И.Н. Стоматологическая заболеваемость населения России. Москва : МГМСУ, 2019. 304 с.
10. Доршакова Н.В., Карапетян Т.А. Особенности патологии жителей Севера // *Экология человека.* 2004. № 6. С. 48–52.
11. Cook S., Malyutina S., Kudryavtsev A.V., et al. Know your heart: rationale, design and conduct of a cross-sectional study of cardiovascular structure, function and risk factors in 4500 men and women aged 35–69 years from two Russian cities, 2015–18 [version 3; peer review: 3 approved] // *Wellcome Open Res.* 2018. Vol. 3. P. 67. doi: 10.12688/wellcomeopenres.14619.3
12. <https://gnicpm.ru/> [Internet]. Старт Многоцентрового наблюдательного исследования «Эпидемиология Сердечно-Сосудистых Заболеваний в регионах Российской Федерации. Третье обследование («ЭССЕ-РФ3»)». [дата обращения: 27.05.2022]. Доступ по ссылке: <https://gnicpm.ru/articles/ nauka/start-mnogocentrovogo-nablyudatel'nogo-issledovaniya-epidemiologiya-serdechno-sosudistyh-zabolevanij-v-regionah-rossijskoj-federaczi-trete-obsledovanie-esse-rf-3.html>.
13. Greene J.C., Vermillion J.R. The simplified oral hygiene index // *J Am Dent Assoc.* 1964. Vol. 68. P. 7–13. doi: 10.14219/jada.archive.1964.0034
14. Cons N.C., Jenny J., Kohout F.J., et al. Utility of the dental aesthetic index in industrialized and developing countries // *J Public Health Dent.* 1989. Vol. 49, N 3. P. 163–166. doi: 10.1111/j.1752-7325.1989.tb02054.x

15. Jenny J., Cons N.C. Comparing and contrasting two orthodontic indices, the index of orthodontic treatment need and the dental aesthetic index // *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996. Vol. 110, N 4. P. 410–416. doi: 10.1016/s0889-5406(96)70044-6
16. Унгуряну Т.Н., Гржибовский А.М. Программное обеспечение для статистической обработки данных STATA: введение // *Экология человека.* 2014. Т. 21, № 1. С. 60–63. doi: 10.17816/humeco17275
17. Гржибовский А.М. Выбор статистического критерия для проверки гипотез // *Экология человека.* 2008. № 11. С. 48–57.
18. Гржибовский А.М., Иванов С.В., Горбатова М.А. Однофакторный линейный регрессионный анализ с использованием программного обеспечения Statistica и SPSS // *Наука и здравоохранение.* 2017. №2. С. 5–33.
19. Hsieh F.Y., Bloch D.A., Larsen M.D. A simple method of sample size calculation for linear and logistic regression // *Stat Med.* 1998. Vol. 17, N 14. P. 1623–1634. doi: 10.1002/(sici)1097-0258(19980730)17:14<1623::aid-sim871>3.0.co;2-s

## REFERENCES

1. Kassebaum NJ, Smith AGC, Bernabe E, et al. Global, regional, and national prevalence, incidence, and disability-adjusted life years for oral conditions for 195 countries, 1990–2015: a systematic analysis for the global burden of diseases, injuries, and risk factors. *J Dent Res.* 2017;96(4):380–387. doi: 10.1177/0022034517693566
2. Lagerweij MD, van Loveren C. Declining caries trends: are we satisfied? *Curr Oral Health Rep.* 2015;2(4):212–217. doi: 10.1007/s40496-015-0064-9
3. Petersen PE, Bourgeois D, Ogawa H, et al. The global burden of oral diseases and risks to oral health. *Bull World Health Organ.* 2005;83(9):661–669.
4. Kassebaum NJ, Bernabe E, Dahiya M, et al. Global burden of untreated caries: a systematic review and metaregression. *J Dent Res.* 2015;94(5):650–658. doi: 10.1177/0022034515573272
5. World Health Organization. *Oral health surveys basic methods*, 5th ed. World Health Organization, 2013, 125 p.
6. Sabharwal A, Stellrecht E, Scannapieco FA. Associations between dental caries and systemic diseases: a scoping review. *BMC Oral Health.* 2021;21(1):472. doi: 10.1186/s12903-021-01803-w
7. Yushmanova TN, Obratsov UL. *Oral health of population in European North of Russia.* Arkhangelsk: Northern state medical university; 2001. 233 p. (In Russ).
8. Kuz'mina JeM, Kuz'mina IN, Vasina SA, Smirnova TA. *Oral diseases in the Russian population. Status of hard dental tissues. Prevalence of dental anomalies. Need for prosthodontic treatment.* Moscow: MGMSU; 2009. 236 p. (In Russ).
9. Kuzmina EM, Yanushevich OO, Kuzmina IN. *Oral diseases in the Russian population.* Moscow: MGMSU; 2019. 304 p. (In Russ).
10. Dorshakova NV, Karapetyan TA. Features of pathology of residents living in the North. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2004;(6):48–52. (In Russ).
11. Cook S, Malyutina S, Kudryavtsev AV, et al. Know your heart: rationale, design and conduct of a cross-sectional study of cardiovascular structure, function and risk factors in 4500 men and women aged 35–69 years from two Russian cities, 2015–18 [version 3; peer review: 3 approved]. *Wellcome Open Res.* 2018;3:67. doi: 10.12688/wellcomeopenres.14619.3
12. <https://gncipm.ru/> [Internet]. Start of a Multicenter observational study "Epidemiology of Cardiovascular Diseases in the regions of the Russian Federation. The third survey". (In Russ). [cited 2022 May 27]. Available from: <https://gncipm.ru/articles/nauka/start-mnogocentrovogo-nablyudatelnogo-issledovaniya-epidemiologiya-serdechno-sosudistyh-zabolevanij-v-regionah-rossijskoj-federaczii-trete-obsledovanie-esse-rf-3.html>.
13. Greene JC, Vermillion JR. The simplified oral hygiene index. *J Am Dent Assoc.* 1964;68:7–13. doi: 10.14219/jada.archive.1964.0034
14. Cons N.C., Jenny J., Kohout F.J., et al. Utility of the dental aesthetic index in industrialized and developing countries. *J Public Health Dent.* 1989;49(3):163–166. doi: 10.1111/j.1752-7325.1989.tb02054.x
15. Jenny J, Cons NC. Comparing and contrasting two orthodontic indices, the index of orthodontic treatment need and the dental aesthetic index. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;110(4):410–416. doi: 10.1016/s0889-5406(96)70044-6
16. Unguryanu TN, Grijbovski AM. Introduction to Stata — software for statistical data analysis. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2014;21(1):60–63. (In Russ). doi: 10.17816/humeco17275
17. Grijbovski AM. Choosing a statistical test for hypothesis testing. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2008;(11):48–56. (In Russ).
18. Grijbovski AM, Ivanov SV, Gorbatova MA. Univariate regression analysis using Statistica and SPSS software. *Science & Healthcare.* 2017;(2):5–33. (In Russ).
19. Hsieh FY, Block DA, Larsen MD. A simple method of sample size calculation for linear and logistic regression. *Stat Med.* 1998;17(14):1623–1634. doi: 10.1002/(sici)1097-0258(19980730)17:14<1623::aid-sim871>3.0.co;2-s

## ОБ АВТОРАХ

\*Сергей Николаевич Драчев, к.м.н., PhD, доцент;  
адрес: Норвегия, N-9037 Тромсё, 6050 Лангнес;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1548-690X>;  
eLibrary SPIN: 3879-8612;  
e-mail: sergei.n.drachev@uit.no,  
drachevsn@mail.ru

## AUTHORS INFO

\*Sergei N. Drachev, Cand. Sci. (Med.), MPH, PhD,  
associate professor, researcher;  
address: Norway, N-9037 Tromsø, PO Box 6050 Langnes;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1548-690X>;  
eLibrary SPIN: 3879-8612;  
e-mail: sergei.n.drachev@uit.no, drachevsn@mail.ru

**Вячеслав Анатольевич Попов**, ассистент;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5218-437X>;  
eLibrary SPIN: 5066-2100;  
e-mail: nka-nenec@yandex.ru

**Анна Александровна Симакова**, ассистент;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8883-9254>;  
eLibrary SPIN: 2971-2925;  
e-mail: doctororto@yandex.ru

**Мария Александровна Горбатова**, к.м.н., доцент;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6363-9595>;  
eLibrary SPIN: 7732-0755;  
e-mail: marigora@mail.ru

**Александр Валерьевич Кудрявцев**, PhD;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8902-8947>;  
eLibrary SPIN: 9296-2930;  
e-mail: ispha09@gmail.com

**Леонид Леонидович Шагров**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2655-9649>;  
eLibrary SPIN: 3842-2145;  
e-mail: leonidshagrov@mail.ru

**Дарья Александровна Попова**, ассистент;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3570-5161>;  
eLibrary SPIN: 2496-8204  
e-mail: dariadent@yandex.ru

**Андрей Мечиславович Гржибовский**, PhD;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5464-0498>;  
eLibrary SPIN: 5118-0081;  
e-mail: andrej.grjibovski@gmail.com

**Анна Васильевна Концевая**, д.м.н., доцент;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2062-1536>;  
eLibrary SPIN: 6787-2500;  
e-mail: akontsevaya@gnicpm.ru

**Татьяна Николаевна Юшманова**, д.м.н., профессор;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4476-9546>;  
eLibrary SPIN: 3549-8593  
e-mail: yushmanowa.tatiana@yandex.ru

**Любовь Николаевна Горбатова**, д.м.н., профессор;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0675-3647>;  
eLibrary SPIN: 8037-5341;  
e-mail: info@nsmu.ru

**Vyacheslav A. Popov**, MPH, assistant lecturer;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5218-437X>;  
eLibrary SPIN: 5066-2100;  
e-mail: nka-nenec@yandex.ru

**Anna A. Simakova**, assistant lecturer;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8883-9254>;  
eLibrary SPIN: 2971-2925;  
e-mail: doctororto@yandex.ru

**Maria A. Gorbatoва**, Cand. Sci. (Med.), MPH, associate professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6363-9595>;  
eLibrary SPIN: 7732-0755;  
e-mail: marigora@mail.ru

**Alexander V. Kudryavtsev**, PhD;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8902-8947>;  
eLibrary SPIN: 9296-2930;  
e-mail: ispha09@gmail.com

**Leonid L. Shagrov**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2655-9649>;  
eLibrary SPIN: 3842-2145;  
e-mail: leonidshagrov@mail.ru

**Daria A. Popova**, MPH, assistant lecturer;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3570-5161>;  
eLibrary SPIN: 2496-8204  
e-mail: dariadent@yandex.ru

**Andrej M. Grjibovski**, MD, MPhil, PhD;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5464-0498>;  
eLibrary SPIN: 5118-0081;  
e-mail: andrej.grjibovski@gmail.com

**Anna V. Kontsevaya**, MD, Dr. Sci. (Med.), associate professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2062-1536>;  
eLibrary SPIN: 6787-2500;  
e-mail: akontsevaya@gnicpm.ru

**Tatiana N. Yushmanova**, Dr. Sci. (Med.), professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4476-9546>;  
eLibrary SPIN: 3549-8593  
e-mail: yushmanowa.tatiana@yandex.ru

**Lyubov N. Gorbatoва**, Dr. Sci. (Med.), professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0675-3647>;  
eLibrary SPIN: 8037-5341;  
e-mail: info@nsmu.ru

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author