

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

# ЭКОЛОГИЯ



## ЧЕЛОВЕКА

EKOLOGIYA CHELOVEKA  
(HUMAN ECOLOGY)

Volume 30, Issue 2, 2023

2  
Том 30  
2023



**УЧРЕДИТЕЛИ:**

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

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

**ИЗДАТЕЛЬ:**

ООО «Эко-Вектор»

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

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

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

**РЕДАКЦИЯ:**

**Адрес:** 163069, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51.

**Тел. +7 (818) 220 6563;**

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

**ИНДЕКСАЦИЯ:**

– SCOPUS

– Google Scholar

– Ulrich's Periodicals directory

– ядро РИНЦ

– Russian Science Citation Index

– Norwegian National Center for Research Data

– реферативный журнал и база данных ВИНТИ

– 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 22.03.2023.

Подписано в печать 27.03.2023.

Формат 60 × 88%. Печать офсетная.

Заказ . Цена свободная.

Печ. л. 10,5. Уч.-изд. л. 9,8. Усл. печ. л. 5,7.

Тираж 300 экз.

Отпечатано в ООО «Типография Экспресс B2B»

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 (965) 012 67 36

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

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



Экология человека. 2023. Т. 30, № 2.

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

# ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Ежемесячный научный рецензируемый журнал

Том 30 • № 2 • 2023

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

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

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

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

Профили, по которым журнал включён в «Перечень ВАК»: 03.00.00. Биологические науки, 03.02.00. Общая биология, 03.03.00. Физиология, 14.00.00. Медицинские науки, 14.01.00. Клиническая медицина, 14.02.00. Профилактическая медицина, 05.00.00. Технические науки, 05.26.00. Безопасность деятельности человека.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

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

Заместители главного редактора:

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

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

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

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

**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:**

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



**FOUNDERS:**

- Northern State Medical University;
- Eco-Vector

**PUBLISHER:**

Eco-Vector

Address: 3 liter A, 1H, Aptekarsky pereulok,  
191186 Saint Petersburg, Russia

E-mail: [info@eco-vector.com](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](https://hum-ecol.ru/1728-0869/about/subscriptions)

**ADVERTISEMENT DEPARTMENT:**

Phone: +7 (965) 012 67 36

E-mail: [adv2@eco-vector.com](mailto:adv2@eco-vector.com)

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

# EKOLOGIYA

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

Monthly peer-reviewed journal

Volume 30 • Issue 2 • 2023

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

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

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

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

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

**EDITORIAL BOARD:**

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

Deputy Editors-in-Chief:

**A. B. Gudkov** (Arkhangelsk), **I. B. Ushakov** (Moscow)

Science Editor: **P. I. Sidorov** (Arkhangelsk)

International Editor: **J. Ø. Odland** (Norway)

Executive Secretary: **V. A. Postoev** (Arkhangelsk)

**EDITORIAL COUNCIL:**

- I. N. Bolotov (Arkhangelsk), R. V. Buzinov (Arkhangelsk), P. Weihe (Faroe Islands),  
M. Gissler (Finland/Sweden), L. N. Gorbatova (Arkhangelsk),  
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. Chereshevnev (Moscow), Z. Shi (Qatar), C. Yu (China), K. Young (Canada)

# СОДЕРЖАНИЕ

---

## Обзоры

*Д.С. Радионов, М.Ю. Сорокин, Т.А. Караваева, Н.Б. Лутова*

Готовность русскоязычного населения России, Беларуси и Казахстана  
к вакцинации против COVID-19 в 2020–2022 гг.: обзор предметного поля ..... 83

## Оригинальные исследования

*А.Г. Сетко, О.М. Жданова*

Обоснование системы медицинского сопровождения старшеклассников  
с повышенными умственными способностями ..... 101

*Л.К. Добродеева, А.В. Самодова, С.Н. Балашова, К.О. Пашинская*

Изменение концентраций мозгового натрийуретического пептида (Nt-pro-BNP) в крови  
в регуляции гемодинамических реакций у практически здоровых людей,  
проживающих в Арктике ..... 117

*Т.С. Воронцова, Н.Н. Васильева, Е.Г. Бутолин, В.Г. Иванов, Л.С. Исакова*

Влияние вращающихся электрических полей на биополимеры печени:  
экспериментальное исследование ..... 129

## Краткие сообщения

*О.Н. Рагозин, П.Б. Татаринцев, И.А. Погонишева, А.Б. Гудков,*

*Е.Ю. Шаламова, Д.А. Погонишев, А.А. Бейсембаев*

Поправки при анализе временных рядов с учётом географических различий фотопериода ..... 139

## Протоколы исследований

*М.В. Попович, А.В. Концевая, Е.В. Усова, В.А. Зиновьева, М.В. Лопатина, О.М. Драпкина*

Анализ ассоциации инфраструктуры с образом жизни населения:  
актуальность, дизайн и методология ..... 151

# CONTENTS

---

## Reviews

*D.S. Radionov, M.Yu. Sorokin, T.A. Karavaeva, N.B. Lutova*

COVID-19 vaccination readiness among Russian-speaking residents in Russia, Belarus and Kazakhstan in 2020–2022: a scoping review ..... 83

## Original Study Articles

*A.G. Setko, O.M. Zhdanova*

Justification of the need for the system of medical support for high school students with enhanced mental abilities. .... 101

*L.K. Dobrodeeva, A.V. Samodova, S.N. Balashova, K.O. Pashinskaya*

Blood concentrations of brain natriuretic peptide (Nt-pro-BNP) and the regulation of hemodynamic reactions in healthy adult Arctic residents ..... 117

*T.S. Vorontsova, N.N. Vasileva, E.G. Butolin, V.G. Ivanov, L.S. Isakova*

Effects of rotating electric fields on liver biopolymers: an experimental study ..... 129

## Short communications

*O.N. Ragozin, P.B. Tatarinzev, I.A. Pogonysheva, A.B. Gudkov, E.Yu. Shalamova,*

*D.A. Pogonyshchev, A.A. Beisembaev*

Corrections for geographical differences in photoperiod in time-series analysis ..... 139

## Clinical trial protocols

*M.V. Popovich, A.V. Kontsevaya, E.V. Oussova, V.A. Zinovieva, M.V. Lopatina, O.M. Drapkina*

Analysis of the associations between urban infrastructure and population lifestyle: rationale, study design and methodology. .... 151

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco112521>

# Готовность русскоязычного населения России, Беларуси и Казахстана к вакцинации против COVID-19 в 2020–2022 гг.: обзор предметного поля

Д.С. Радионов<sup>1</sup>, М.Ю. Сорокин<sup>1</sup>, Т.А. Караваева<sup>1,2,3,4</sup>, Н.Б. Лутова<sup>1</sup><sup>1</sup> Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии имени В.М. Бехтерева, Санкт-Петербург, Российская Федерация;<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация;<sup>3</sup> Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация;<sup>4</sup> Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Введение.** Пандемия COVID-19 оказала серьёзное влияние на психическое здоровье и благополучие населения во всём мире. Одной из ключевых составляющих профилактики распространения инфекционных заболеваний выступает вакцинация. Тем не менее, несмотря на высокие риски заболевания COVID-19, наблюдаются массовое неодобрение и враждебность по отношению к вакцинации и ограничительным мерам, направленным на борьбу с новой коронавирусной инфекцией. Распространение дезинформации о вакцинах, имеющее давнюю историю еще в XVIII и XIX веках, увеличивает недоверие к иммунопрофилактике, но в свою очередь основывается на различных убеждениях об источниках здоровья и болезни, принятых в обществе. Считается, что скепсис в отношении вакцин является одной из глобальных угроз для здоровья и достижения иммунитета населения против инфекций. В связи с этим представляют интерес популяционные данные об отношении к вакцинации внутри максимально большого числа социальных подгрупп.

**Цель исследования.** Систематический обзор и качественный синтез научной информации о готовности к вакцинации против COVID-19 среди русскоязычного населения России, Беларуси и Казахстана, и о факторах, на неё влияющих.

**Методы.** Проведён обзор предметного поля научных статей на русском языке с 01.01.2020 г. по 28.02.2022 г., сообщавших об отношении к вакцинопрофилактике более чем 12 тыс. респондентов из числа русскоязычного населения России, Беларуси и Казахстана, и описывавших факторы, которые влияют на формирование готовности к иммунопрофилактике против новой коронавирусной инфекции. Определено процентное число респондентов, согласных, несогласных и сомневающихся в отношении проведения вакцинопрофилактики, с расчётом медианы значений по включённым публикациям и без учёта веса каждого из представленных исследований.

**Результаты.** В сравнении с большим числом зарубежных стран в русскоязычной популяции выявлены одновременно высокие уровни неготовности вакцинироваться против COVID-19 (30%) и сравнительно низкие показатели готовности к иммунопрофилактике (47%). Проанализированы факторы, ассоциированные с разными типами отношения к вакцинации.

**Заключение.** Использование теоретических моделей описания поведения, связанного со здоровьем, обосновано для повышения качества и информативности отечественных биомедицинских и социально-психологических исследований.

**Ключевые слова:** отношение к вакцинации; готовность к вакцинации; COVID-19; пандемия; коронавирусная инфекция; профилактика.

## Как цитировать:

Радионо́в Д.С., Сороки́н М.Ю., Караваева Т.А., Лутова Н.Б. Готовность русскоязычного населения России, Беларуси и Казахстана к вакцинации против COVID-19 в 2020–2022 гг.: обзор предметного поля // Экология человека. 2023. Т. 30, № 2. С. 83–99. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco112521>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco112521>

# COVID-19 vaccination readiness among Russian-speaking residents in Russia, Belarus and Kazakhstan in 2020–2022: a scoping review

Dmitriy S. Radionov<sup>1</sup>, Mikhail Yu. Sorokin<sup>1</sup>, Tatiana A. Karavaeva<sup>1,2,3,4</sup>, Natalia B. Lutova<sup>1</sup><sup>1</sup> National Medical Research Center for Psychiatry and Neurology named after V.M. Bekhterev, Saint Petersburg, Russian Federation;<sup>2</sup> St Petersburg University, Saint Petersburg, Russian Federation;<sup>3</sup> St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation;<sup>4</sup> N.N. Petrov National Medicine Research Center of Oncology, Saint Petersburg, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** The COVID-19 pandemic has had a major impact on the mental health and overall well-being of people worldwide. Vaccination is a crucial component in preventing the spread of COVID-19. However, despite the high risks associated with COVID-19, there is widespread disapproval and hostility towards vaccination and restrictive measures aimed at stopping the infection process. The spread of misinformation about vaccines, which has a long history as far back as the 18th and 19th centuries, increases distrust of immunization. This distrust is based on different beliefs about the origins of health and disease accepted in society. Vaccine skepticism is considered a global threat to public health and the achievement of population immunity against infections. Therefore, collection of data on attitudes towards vaccination within the largest possible number of social subgroups is warranted.

**AIM:** To perform a systematic search and qualitative synthesis of scientific information on COVID-19 vaccination readiness among Russian-speaking residents in Russia, Belarus and Kazakhstan as well as associated factors.

**METHODS:** A scoping review was conducted to examine scientific articles published in Russian from January 1, 2020, to February 28, 2022, that reported on the attitudes towards COVID-19 vaccination among Russian-speaking residents of Russia, Belarus, and Kazakhstan. In total, there were more than 12,000 respondents in the selected papers that described the factors influencing the preparedness for COVID-19 immunization. The proportions of respondents who agreed, disagreed, and doubted the implementation of vaccination were recorded and used to calculate median values without taking into account the weights of each individual study.

**RESULTS:** Compared to many other countries, the Russian-speaking residents in Russia, Belarus and Kazakhstan has demonstrated a reluctance to receive the COVID-19 vaccine, with 30% expressing unwillingness and only 47% indicating readiness for vaccination.

**CONCLUSION:** The use of theoretical models for describing health-related behavior is warranted to improve the quality and information content of Russian biomedical and socio-psychological research. This approach can aid in the development of effective interventions and preventive strategies for vaccine-preventable diseases.

**Keywords:** attitude to vaccination; readiness for vaccination; COVID-19; pandemic; coronavirus infection; prevention.

## To cite this article:

Radionov DS, Sorokin MYu, Karavaeva TA, Lutova NB. COVID-19 vaccination readiness among Russian-speaking residents in Russia, Belarus and Kazakhstan in 2020–2022: a scoping review. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(2):83–99. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco112521>

Received: 11.11.2022

Accepted: 09.03.2023

Published online: 23.03.2023

## ВВЕДЕНИЕ

История развития медицины как научной специальности позволяет говорить, что пандемии, аналогичные COVID-19, случались ранее. Достаточно убедительны данные о том, что «Русский грипп» 1880–1890 гг. был связан с распространением коронавируса [1]. Примечательно высокое сходство этих эпидемий по симптоматике заболевания, включавшей повышенную уязвимость пожилого населения, сочетание пневмонии и полиорганной патологии, гастроинтестинальных симптомов, тромботических осложнений, нейропсихиатрических нарушений [2]. Эпидемия «Русского гриппа» в странах Азии (в связи с чем второе его распространённое название — «Азиатский грипп»), Российской империи и европейских странах породила массу мифов и конспирологических теорий в обществе того времени [1, 3].

Историческое рассмотрение инфекционных процессов в людской популяции позволяет в настоящее время делать предположения о будущих закономерностях течения новых пандемий [4]. Так, считается, что можно ожидать естественного угасания распространения новой коронавирусной инфекции в течение нескольких циклов пиковых уровней заражений. При эпидемии «Русского гриппа» в конце XIX века они продолжались в течение 5 лет. Однако также отмечается, что доступность вакцинации и возможность быстрого формирования популяционного иммунитета способны в значительной степени модифицировать пандемический процесс как в сторону его быстрого затухания при успешности вакцинальной кампании, так и в виде ускоренной эволюции вируса в частично иммунной популяции [5]. В связи с этим преобладающее в обществе отношение к иммунопрофилактике является важным патопластическим фактором развития пандемии.

Антивакцинальное движение широко распространилось еще в XVIII веке, а в середине XIX века даже стало причиной создания комиссии по оценке вреда и пользы вакцин при парламенте Великобритании в 1896 году [6, 7]. Интенсификация антивакцинального движения происходила и в XX веке на фоне нескольких случаев объективно фиксировавшихся негативных эффектов некоторых иммунологических препаратов [8]. Примечательно, что оба дискурса (за и против вакцинации) в значительной степени являются продолжением одного и того же опасения человека — столкнуться с ухудшением здоровья. С другой стороны, как в XIX, так и в XXI веке, во время пандемии COVID-19, одними из предикторов доверия к иммунопрофилактике называются социально-политические установки потенциальных потребителей, позиция государства по отношению к обязательности вакцинации [7, 9, 10], а в случае COVID-19 — даже исторические геополитические факторы, влияющие на решение о потреблении вакцинного препарата [11]. Ещё одним источником неуверенности в отношении вакцин называют антинаучный дискурс и отсутствие достаточного уровня медицинских знаний у населения. Причём большое значение в условиях

информационного общества здесь имеет доступность популярной биомедицинской информации в социальных сетях. Отмечается большое влияние не только транскультурального, но и микросоциального факторов, в том числе выражаемого в распространённости конспирологического мышления среди близких [12–15].

Исследование отношения к вакцинам в 67 странах мира свидетельствует, что этот параметр общественного здравоохранения является специфичным и динамичным для каждого социума, в том числе при формировании отношения к вакцинации против новой коронавирусной инфекции [16, 17]. С одной стороны, ситуация пандемии COVID-19 способствует обострению страхов за жизнь и здоровье [18, 19]. В то же время практика противоэпидемических ограничений и локдаунов кратно повысила обращаемость широких слоёв населения к современным средствам коммуникации. Так, социальные сети, уже давно ставшие источником массивных популяционных данных, сделали возможным не только донесение релевантной информации о необходимости вакцинопрофилактики, но и проведение онлайн-опросов в ситуации строгих ограничений на социальные коммуникации в самые острые периоды пандемии [20]. Важно учитывать, что профиль респондентов, обследуемых даже в рамках одного сообщества, может существенно отличаться между разными наборами собранных онлайн-данных. Таким образом, представляют интерес не только популяционные данные об отношении к вакцинации внутри одной страны, но и сопоставление сведений о нескольких методологически и географически по-разному собранных данных внутри отдельных социальных подгрупп.

**Цель исследования.** Систематический обзор и качественный синтез научной информации о готовности к вакцинации против COVID-19 среди русскоязычного населения России, Беларуси и Казахстана, и о факторах, на неё влияющих.

**Задачи исследования:** проведение обзора научных статей на русском языке, оценивающих отношение населения к вакцине и вакцинопрофилактике; экстракция данных о распространённости готовности и неготовности к вакцинации против COVID-19; анализ исследованных факторов отношения к иммунопрофилактике.

## МЕТОДЫ

Критерии включения публикаций в исследование:

- статьи, проиндексированные в национальной библиографической базе данных научного цитирования «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ) по ключевым словам, релевантным цели обзора;
- оригинальные медицинские исследования, проводимые на русском языке в период с 01.01.2020 по 28.02.2022 гг.;
- публикации в рецензируемых научных журналах.

**Критерии исключения:**

- отсутствие в статье оценки отношения к вакцинации против COVID-19 и/или факторов, определяющих его в ходе онлайн- или очных опросов всего населения и/или особых социальных групп (медицинских работников, студентов и т.д.);
- публикация статьи на языке, отличном от русского;
- отсутствие открытого доступа к полному тексту публикации.

Основные поисковые запросы в базе данных РИНЦ: «COVID», «коронавирусная инфекция», «вакцинация», «отношение». Осуществлялся разбитый на этапы поиск публикаций с наличием указанных слов и/или их сочетанием в названии публикации и ключевых словах с параметром учёта вариантов морфологии (рис. 1). Тип публикации был представлен статьями в журнале, опубликованными с 01.01.2020 г. по момент проведения обзора (28.08.2022 г.).

Этап 1. При поисковом запросе «COVID» найдено 13 557 статей. Указанные статьи были представлены различными тематиками.

Этап 2. При дальнейшем выборе разделов «клиническая медицина», «медицина и здравоохранение» отсортировано 11 682 статей, что составило 86% от общего числа публикаций по запросу «COVID» с 01.01.2020 по 28.08.2022 г.

Этап 3. При дальнейшем поисковом запросе использовано сочетание слов «COVID», «коронавирусная инфекция», «вакцинация», «отношение», в результате получено 20 публикаций, соответствующих критериям включения [21–40].

После отбора из статей извлечены следующие данные: название и авторы исследования; период/продолжительность исследования; целевая аудитория исследования (например, население в целом, студенты, медицинские работники и другие социальные группы); регион России, Республики Беларусь и Казахстана, где проводилось исследование; размер выборки. Отдельно оценивались социодемографические характеристики респондентов, такие как процентное соотношение полов, средний возраст, уровень образования участников исследований. Извлечение данных проводилось независимо двумя специалистами и не дублировалось (см. «Вклад авторов»). Определение отношения к вакцинопрофилактике извлекали из публикаций через процентное число респондентов, согласных, несогласных и сомневающихся в отношении проведения вакцинопрофилактики. Расчёт медиан анализируемых психологических и социодемографических данных выполняли в целях наглядности представления результатов обзора без учёта веса каждого из представленных исследований, поскольку более информативный метааналитический подход к обработке данных не входил в задачи обзора. Также фиксировали факторы, отмеченные в публикациях как влияющие на формирование отношения к вакцине. Извлечённые факторы разделили

на три группы: факторы согласия, факторы несогласия и противоречивые факторы. Систематизацию полученных данных проводили с использованием Microsoft Excel версии 2021 года.

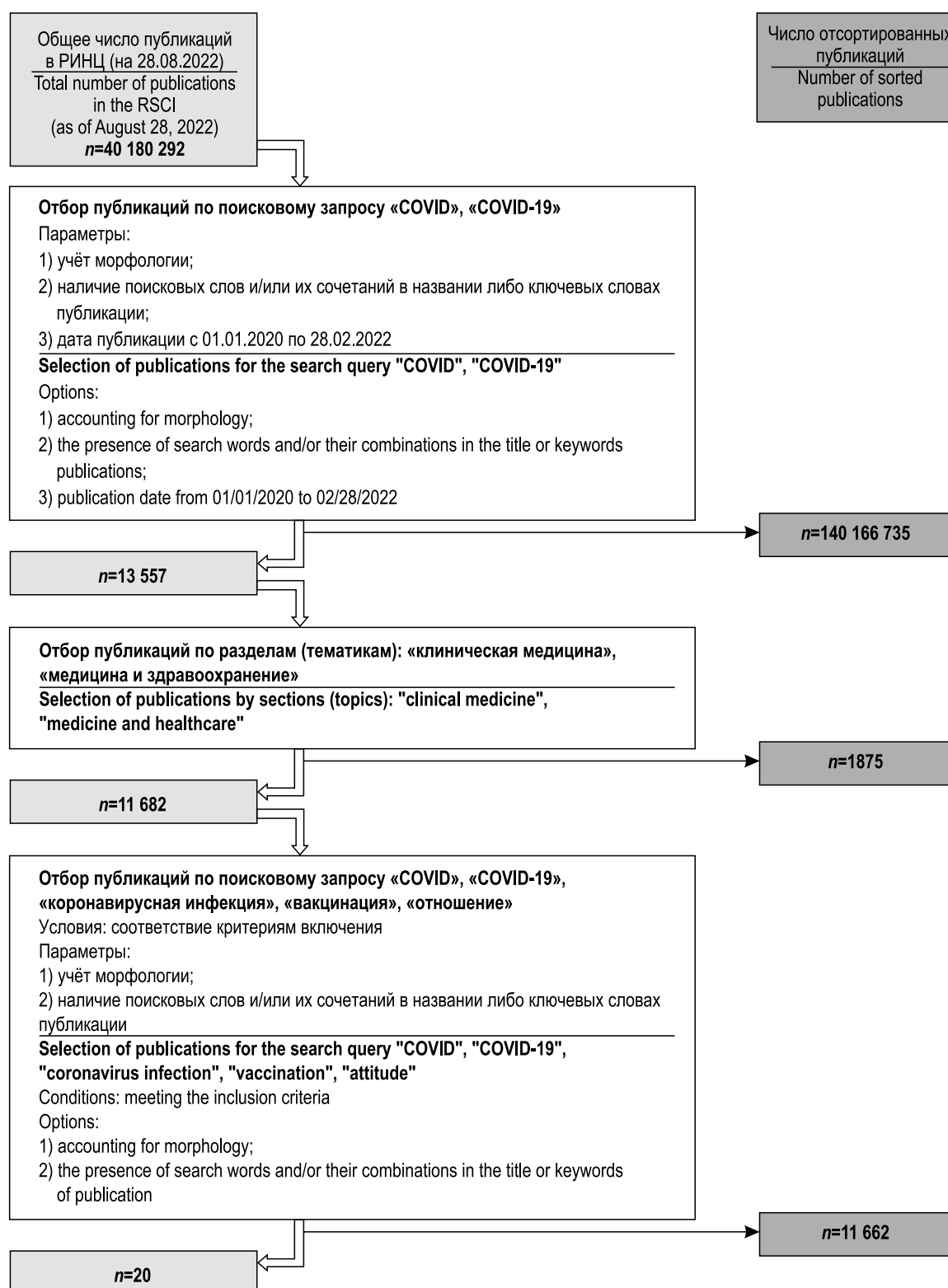
## РЕЗУЛЬТАТЫ

Выборка исследований, вошедших в обзор, составила 20 русскоязычных публикаций и включала данные более 12 000 человек (табл. 1 [21–40]). В обзор вошли исследования с респондентами из различных регионов России, Республики Беларусь и Республики Казахстан. Однако стоит отметить, что выборки половины проведённых исследований ( $n=10$ ) не превышали объёма в 200 респондентов, а всероссийскими были лишь 7 из 20 исследований. Около половины публикаций ( $n=9$ ) соответствовали критериям включения и не выполняли критериев исключения (а именно, оценивали отношение к вакцинации против COVID-19 и/или факторы, определяющие его в ходе онлайн- или очных опросов), однако имели существенные недостатки в представлении данных, используемых в формуле извлечения (приведена выше в разделе «Методы»): не сообщали о периоде проведения исследования, размере выборки, доле согласных на вакцинацию респондентов, регионе проведения (см. табл. 1).

### Социодемографические характеристики

Состав респондентов представлен лицами как мужского, так и женского пола разных возрастных групп, различных регионов проживания, уровня образования и социального статуса. В пяти исследованиях сведения о половом составе выборки отсутствовали [27, 29, 33, 34, 36], а в одном было указание на гендерную стратификацию респондентов [21]. В остальных публикациях преобладающей была доля лиц женского пола (медиана — 71,65%, мужчин соответственно — 28,35%). В двух публикациях не представлены данные по возрасту участников исследований [34, 37], еще в четырёх было упоминание о возрастной стратификации выборки [21, 22, 28, 29] без сведений о центральных тенденциях. В целом возраст участников исследований представлен всеми возрастными группами согласно ВОЗ, а медиана по возрасту (на основании доступных данных) составила 34 года.

Качественный состав суммарной выборки по уровню образования представлен от среднего до нескольких высших. Однако оценка количественного соотношения респондентов по уровню образования в ходе систематического обзора стала невозможной ввиду отсутствия количественных данных в преобладающем числе включённых исследований [21, 23, 25, 27, 31, 34–38]. В более чем половине включённых в обзор исследований [21, 23, 25–27, 30, 33–38] также не был представлен трудовой статус респондентов. При этом девять исследований включали студентов медицинских вузов в качестве



**Рис. 1.** Стадийность проведения систематического обзора.

**Fig. 1.** Flowchart of article selection process.

респондентов ( $n=1088$ ; 8,8% общей выборки); студентов, получающих высшее образование по разным профилям обучения ( $n=249$ ; 2,0%) [25–27, 31, 33, 34, 36–38]. В то же время в двух публикациях опросы организовывались с учётом специфики занятости респондентов: проводилось исследование среди курсантов системы МЧС России

[35] ( $n=536$ ; 4,3%), были опрошены медицинские работники Республики Казахстан [32] ( $n=126$ ; 1,0%).

### Согласие с необходимостью вакцинации

Доли согласных с необходимостью вакцинации по всем включённым в обзор публикациям варьировали

**Таблица 1.** Наиболее значимые характеристики исследований в соответствии с формулой извлечения данных  
**Table 1.** The most significant characteristics of the studies according to the data extraction strategy

| Исследование<br>Study                                                                                                                                                                                                         | Период<br>проведения<br>Study<br>period                             | Регион<br>проведения<br>Region | Согласные<br>с вакцинацией<br>%<br>Agree with<br>vaccination, % | Величина<br>выборки, $n$<br>Sample size,<br>$n$ | Возраст<br>респондентов,<br>лет<br>Age of<br>respondents,<br>years | Уровень<br>образования<br>The level<br>of education                                  | Факторы<br>несогласия<br>Dissent<br>factors                                                                                                                                    | Факторы<br>противоречия<br>Controversy<br>factors | Факторы<br>согласия<br>Consent<br>factors                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Вакцинация от COVID-19<br>в контексте общественно-<br>го доверия [21]                                                                                                                                                         | 16–17<br>декабря<br>2020                                            | Всерос-<br>сийское             | 28,0                                                            | 2500                                            | 18–60                                                              | - Среднее общее<br>- среднее<br>профессиональное<br>- высшее<br>профессиональное     | - Недоверие<br>специалистам<br>- недоверие фар-<br>мацевтическим<br>компаниям<br>- негативная<br>информация<br>в СМИ                                                           | Нет данных                                        | Нет данных                                                                                                                                                      |
| Социально-демографиче-<br>ские аспекты вакцинации<br>населения России в кон-<br>тексте пандемии COVID-19<br>[22]                                                                                                              | 5–9 января<br>2021                                                  | Всерос-<br>сийское             | 22,0                                                            | 1534                                            | Старше 18                                                          | - Среднее общее<br>- среднее<br>профессиональное<br>- высшее<br>профессиональное     | - Наличие в анам-<br>незе перенесённой<br>новой коронави<br>русской инфекции<br>COVID-19<br>- негативное<br>отношение<br>к отечественной<br>медицине<br>- информация<br>из СМИ | Недоверие<br>качеству<br>вакцин                   | - Положительное<br>отношение к вак-<br>цинопрофилактике<br>в целом<br>- наличие высше-<br>го образования                                                        |
| Отношение россиян<br>к вакцинации от COVID-19;<br>проблемы и противоречия<br>[23]                                                                                                                                             | С октя-<br>бря 2020<br>по март<br>2021                              | Всерос-<br>сийское             | 58,0                                                            | 90                                              | Старше 18                                                          | Высшее профес-<br>сиональное                                                         | - Наличие в анам-<br>незе перенесённой<br>новой коронави-<br>русной инфекции<br>COVID-19                                                                                       | Недоверие<br>качеству<br>вакцин                   | - Снятие огра-<br>ничений после<br>вакцинации<br>- экспертное<br>мнение                                                                                         |
| Исследование взаимо-<br>связи социально-демогра-<br>фических характеристик<br>и индивидуального опыта<br>пандемии COVID-19 с от-<br>ношением к вакцинации<br>для определения мише-<br>ней психосоциальных<br>интервенций [24] | Два меся-<br>ца после<br>начала<br>массовой<br>вакцина-<br>ции в РФ | Всерос-<br>сийское             | 13,0                                                            | 4172                                            | Старше 18                                                          | - Среднее общее<br>- среднее про-<br>фессиональное<br>- высшее профес-<br>сиональное | - Молодой возраст<br>- женский пол<br>- страх побочных<br>эффектов вакцины                                                                                                     | Недоверие<br>качеству<br>вакцин                   | - Пожилый и стар-<br>ческий возраст<br>- мужской пол<br>- страх инфициро-<br>вания коронави-<br>русом<br>- положительное<br>отношение к вак-<br>цинации в целом |

Продолжение табл. 1 | Continuation of the Table 1

| Исследование<br>Study                                                                                                                  | Период<br>проведения<br>Study<br>period       | Регион<br>проведения<br>Region | Согласные<br>с вакцинацией<br>%,<br>Agree with<br>vaccination, % | Величина<br>выборки, <i>n</i><br>Sample size,<br><i>n</i> | Возраст<br>респондентов,<br>лет<br>Age of<br>respondents,<br>years | Уровень<br>образования<br>The level<br>of education                                  | Факторы<br>несогласия<br>Dissent<br>factors                                                                                                                                                         | Факторы<br>противоречия<br>Controversy<br>factors                                                                               | Факторы<br>согласия<br>Consent<br>factors                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Когнитивные аспекты<br>отношения студенческой<br>молодёжи к вакцинации<br>от COVID-19 [25]                                             | С конца<br>февраля<br>до начала<br>марта 2021 | Саратов                        | Нет данных                                                       | 76                                                        | Старше 18                                                          | - Среднее общее<br>- среднее про-<br>фессиональное<br>- высшее профес-<br>сиональное | - Страх побочных<br>эффектов вакцины<br>- негативный опыт<br>окружения<br>- информация<br>из СМИ                                                                                                    | - Недоверие<br>качеству<br>вакцин<br>- расчёт<br>на силы<br>собственного<br>иммунитета                                          | Нет данных                                                                                                                                       |
| Многофакторная модель<br>готовности к вакцинации<br>студентов медицинских<br>вузов в период третьей<br>волны пандемии COVID-19<br>[26] | 18–22<br>июня 2021                            | Иваново                        | 22,0                                                             | 135                                                       | Нет данных                                                         | Нет данных                                                                           | Молодой возраст                                                                                                                                                                                     | - Недоверие<br>качеству<br>вакцин<br>- недоверие<br>данным<br>об опасности<br>новой коро-<br>навирусной<br>инфекции<br>COVID-19 | - Отрицание недо-<br>статочной изучен-<br>ности вакцины,<br>убежденность<br>в её безопасности<br>и эффективности<br>- страх заражения<br>близких |
| Взаимосвязь уровня<br>когнитивного компонента<br>отношения к здоровью<br>у студентов и отказа<br>от вакцинации против<br>COVID-19 [27] | Нет дан-<br>ных                               | Ульяновск                      | Нет данных                                                       | 249                                                       | 18–30                                                              | - Среднее общее<br>- среднее про-<br>фессиональное<br>- высшее профес-<br>сиональное | - Низкая степень<br>осведомлённости<br>или компетент-<br>ности человека<br>в медицинских<br>вопросах                                                                                                | Нет данных                                                                                                                      | Нет данных                                                                                                                                       |
| Приверженность вакци-<br>нции и восприятие риска<br>COVID-19 населением<br>Республики Беларусь [28]                                    | С 19 мая<br>по 07 июля<br>2021                | Беларусь                       | Нет данных                                                       | 1310                                                      | Старше 18                                                          | - Среднее общее<br>- среднее про-<br>фессиональное<br>- высшее профес-<br>сиональное | - Молодой возраст<br>- отсутствие выс-<br>шего образования<br>- наличие в семье<br>несовершеннолет-<br>них детей<br>- мужской пол<br>- совместное<br>проживание с по-<br>жилыми родствен-<br>никами | Нет данных                                                                                                                      | Нет данных                                                                                                                                       |

Продолжение табл. 1 | Continuation of the Table 1

| Исследование<br>Study                                                                                                           | Период<br>проведения<br>Study<br>period        | Регион<br>проведения<br>Region | Согласные<br>с вакцинацией<br>%<br>Agree with<br>vaccination, % | Величина<br>выборки, <i>n</i><br>Sample size,<br><i>n</i> | Возраст<br>респондентов,<br>лет<br>Age of<br>respondents,<br>years | Уровень<br>образования<br>The level<br>of education                                                  | Факторы<br>несогласия<br>Dissent<br>factors                                                                                                                                                                   | Факторы<br>противоречия<br>Controversy<br>factors | Факторы<br>согласия<br>Consent<br>factors                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Отношение населения<br>к вакцинации против<br>COVID-19 [29]                                                                     | Октябрь<br>2020                                | Тюмен-<br>ская<br>область      | 37,0                                                            | 100                                                       | Старше 15                                                          | - Основное общее<br>- среднее общее<br>- среднее<br>профессиональное<br>- высшее<br>профессиональное | Нет данных                                                                                                                                                                                                    | Недоверие<br>качеству<br>вакцин                   | Нет данных                                                                                                                                                                      |
| Структура тревожных<br>переживаний и стресс<br>как факторы готовности<br>к вакцинации против<br>коронавирусной инфекции<br>[30] | С 7 дека-<br>бря 2020<br>по 8 янва-<br>ря 2021 | Всерос-<br>сийское             | 47,0                                                            | 131                                                       | Старше 18                                                          | - Среднее общее<br>- среднее<br>профессиональное<br>- высшее<br>профессиональное                     | Нет данных                                                                                                                                                                                                    | Нет данных                                        | Нет данных                                                                                                                                                                      |
| Отношение студентов<br>медицинского вуза к вак-<br>цинации от COVID-19 [31]                                                     | Нет дан-<br>ных                                | Ижевск                         | Нет данных                                                      | 71                                                        | 18–26                                                              | - Среднее общее<br>- среднее<br>профессиональное<br>- высшее<br>профессиональное                     | Нет данных                                                                                                                                                                                                    | Нет данных                                        | Нет данных                                                                                                                                                                      |
| Отношение работников<br>здравоохранения к вакци-<br>нации от коронавирусной<br>инфекции SARS-CoV-2<br>(COVID-19) [32]           | Нет дан-<br>ных                                | Казахстан                      | 33,0                                                            | 126                                                       | Нет данных                                                         | Нет данных                                                                                           | - Страх побочных<br>эффектов вакцины<br>- негативное<br>отношение к вак-<br>цинопрофилактике<br>в целом                                                                                                       | Нет данных                                        | - Страх инфициро-<br>вания COVID-19<br>- страх заражения<br>близких                                                                                                             |
| Отношение студентов<br>медицинских учебных<br>учреждений к вакцинации<br>против COVID-19 [33]                                   | Нет дан-<br>ных                                | Москва                         | Нет данных                                                      | 220                                                       | Старше 18                                                          | Высшее<br>профессиональное                                                                           | - Страх побочных<br>эффектов вакци-<br>ны, в том числе<br>негативное влия-<br>ние на репродук-<br>тивное здоровье<br>- риск инфициро-<br>вания COVID-19<br>после прививки<br>- уверенность<br>в эффективности | Нет данных                                        | - Страх инфициро-<br>вания COVID-19<br>- положительное<br>мнение родных<br>и знакомых<br>- возможность<br>посещения мест<br>досуга<br>- доверие<br>к информации<br>о вакцинации |

Продолжение табл. 1 | Continuation of the Table 1

| Исследование<br>Study                                                                                                                                                    | Период<br>проведения<br>Study<br>period   | Регион<br>проведения<br>Region       | Согласные<br>с вакцинацией<br>%<br>Agree with<br>vaccination, % | Величина<br>выборки, n<br>Sample size,<br>n | Возраст<br>респондентов,<br>лет<br>Age of<br>respondents,<br>years | Уровень<br>образования<br>The level<br>of education | Факторы<br>несогласия<br>Dissent<br>factors                                                           | Факторы<br>противоречия<br>Controversy<br>factors                                        | Факторы<br>согласия<br>Consent<br>factors |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| против COVID-19<br>альтернативных<br>мер профилактики<br>и собственного<br>высокого имму-<br>нитета<br>- мнение близкого<br>окружения<br>- информация<br>из СМИ          |                                           |                                      |                                                                 |                                             |                                                                    |                                                     |                                                                                                       |                                                                                          |                                           |
| Вакцинация против<br>COVID-19: мнение<br>студентов медицинских<br>университетов [34]                                                                                     | Нет дан-<br>ных                           | Челя-<br>бинск,<br>Екатерин-<br>бург | 9,3                                                             | 151                                         | Нет данных                                                         | Высшее профес-<br>сиональное                        | Отсутствие доста-<br>точного интереса<br>к изучению новой<br>коронавирус-<br>ной инфекции<br>COVID-19 | Нет данных                                                                               | Нет данных                                |
| Анализ отношений лично-<br>го состава спасательных<br>воинских формирований<br>МЧС России к вакцинации<br>от COVID-19 [35]                                               | Нет дан-<br>ных                           | Москва                               | 91,6                                                            | 536                                         | Старше 18                                                          | Нет данных                                          | Нет данных                                                                                            | Нет данных                                                                               | Нет данных                                |
| Отношение студентов<br>в возрасте 18–19 лет<br>к вакцинации от COVID-19<br>[36]                                                                                          | Ноябрь<br>2021                            | Нижний<br>Новгород                   | 38                                                              | 64                                          | 18–19                                                              | Нет данных                                          | Негативное<br>отношение<br>к отечественной<br>медицине                                                | Нет данных                                                                               | Нет данных                                |
| Изучение отношения<br>студентов Кировско-<br>го государственного<br>медицинского универси-<br>тета к вакцинации против<br>новой коронавирусной<br>инфекции COVID-19 [37] | С дека-<br>бря 2021<br>по февраль<br>2022 | Киров                                | 45,3                                                            | 490                                         | Нет данных                                                         | Нет данных                                          | Непризнание<br>необходимости<br>создания имму-<br>нитета                                              | Недоверие<br>данным<br>об опасности<br>новой коро-<br>навирусной<br>инфекции<br>COVID-19 | Нет данных                                |

Окончание табл. 1 | End of the Table 1

| Исследование<br>Study                                                                                                             | Период<br>проведения<br>Study<br>period | Регион<br>проведения<br>Region | Согласные<br>с вакцинацией<br>%<br>Agree with<br>vaccination, % | Величина<br>выборки, <i>n</i><br>Sample size,<br><i>n</i> | Возраст<br>респондентов,<br>лет<br>Age of<br>respondents,<br>years | Уровень<br>образования<br>The level<br>of education                                                                                      | Факторы<br>несогласия<br>Dissent<br>factors                                                                                                                                                         | Факторы<br>противоречия<br>Controversy<br>factors                    | Факторы<br>согласия<br>Consent<br>factors                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Специфика отношения студентов-медиков к коронавирусной инфекции и вакцинации против COVID-19 в период третьей волны пандемии [38] | Ноябрь 2021                             | Чувашия                        | 80                                                              | 241                                                       | Нет данных                                                         | Нет данных                                                                                                                               | Нет данных                                                                                                                                                                                          | Недоверие данным об опасности новой коронавирусной инфекции COVID-19 | Нет данных                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Предпосылки формирования готовности к вакцинации против коронавирусной инфекции у жителей России [39]                             | С 7 декабря 2020 по 8 января 2021       | Всероссийское                  | 47                                                              | 131                                                       | Старше 18                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Среднее общее</li> <li>- среднее профессиональное</li> <li>- высшее профессиональное</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Женский пол</li> <li>- отсутствие у респондентов страха за свою жизнь</li> <li>- уровень доверия регуляторным органам и системе здравоохранения</li> </ul> | Нет данных                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Отсутствие чрезмерных опасений, искажающих когнитивные механизмы принятия решений</li> <li>- устойчивость респондентов в отношении страхов о недоступности специального лечения COVID-19, о возможных тяжёлых социальных последствиях пандемии, о дефиците лекарств в свободной продаже</li> </ul> |
| Социальные и психологические проблемы вакцинации населения от новой коронавирусной инфекции [40]                                  | Нет данных                              | Всероссийское                  | Нет данных                                                      | Нет данных                                                | Нет данных                                                         | Нет данных                                                                                                                               | Нет данных                                                                                                                                                                                          | Нет данных                                                           | Нет данных                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

**Таблица 2.** Доля согласных с необходимостью вакцинации**Table 2.** Proportion of responders who agree on the necessity of vaccination

| Степень согласия<br>Degree of agreement                                               | Медиана, процент от выборки<br>каждого исследования<br>Median percentage | Q25  | Q75  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------|------|
| Согласны с необходимостью вакцинации<br>Agree on the necessity of vaccination         | 33                                                                       | 11,0 | 47,0 |
| Не согласны с необходимостью вакцинации<br>Disagree with the necessity of vaccination | 17                                                                       | 9,5  | 37,0 |
| Сомневаются в необходимости вакцинации<br>In doubt about vaccination                  | 24                                                                       | 10,5 | 35,5 |
| Вакцинированные<br>Vaccinated                                                         | 7                                                                        | 4,0  | 70,0 |

от 9,3% [34] до 91,6% [35] в отдельных исследовательских выборках. Исключительно для повышения наглядности результатов обзора в части центральных тенденций изучаемых данных и их распределения далее были высчитаны медианы процентных долей согласных, несогласных с вакцинацией и сомневающихся в её необходимости респондентов по всем включённым в обзор публикациям, для которых были доступны единообразные процентные данные (табл. 2).

### Факторы формирования отношения к вакцинации

Актуальность определения предикторов отказа от вакцинации в первую очередь обусловлена необходимостью выявления факторов сопротивления для выработки программ по его преодолению. В представленных исследованиях наибольшее внимание уделялось определению факторов отказа от вакцинации [21–28, 32–34, 36, 37, 39]. Менее половины включённых исследований также описывали предикторы согласия с необходимостью вакцинации [22–24, 26, 32, 33, 39]. С учётом наличия существенной доли выборки сомневающихся в необходимости проведения вакцинации респондентов, а также их высокой значимости как целевой группы для преодоления сопротивления приблизительно в трети включённых в обзор исследований изучены факторы противоречивого отношения к вакцинопрофилактике [22–26, 29, 37, 38].

Среди предикторов отказа от вакцинации наиболее представлены факторы, связанные с качеством вакцины и страхом побочных эффектов. Женский пол, молодой возраст и отсутствие высшего образования также выступали как факторы, определяющие негативное отношение к необходимости вакцинации. Предикторами согласия в большей степени были определены положительное отношение к вакцинопрофилактике в целом, желание скорого снятия противоэпидемических ограничений, мужской пол и пожилой возраст. В качестве факторов противоречия преобладающим выступало сомнение в опасности самой инфекции COVID-19 (см. табл. 1).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Проведённый анализ выявил ряд существенных фактов. Несмотря на исключительную значимость для общественного здравоохранения вопроса готовности к вакцинации населения в условиях неконтролируемого развития пандемии COVID-19, а также с учётом новизны для общества ситуации распространения новой коронавирусной инфекции SARS-CoV-2, репрезентативных или достаточно обширных популяционных всероссийских исследований, ставивших своей целью определение факторов отношения к вакцинации у русскоязычного населения, к лету 2022 года проведено мало: 6 публикаций с суммарной выборкой респондентов  $n=8558$  [21–24, 30, 39]. При относительно большом итоговом числе участников опросов все анализируемые исследования были описательными по своей природе и не включали в структуру предлагавшихся респондентам вопросов элементы общепризнанных моделей прогнозирования поведения, связанного со здоровьем (теория запланированного действия, модель убеждений о здоровье, социально-когнитивная теория и др.). В англоязычной литературе, напротив, использование теоретических парадигм для изучения поведения, связанного с вакцинацией, зачастую является основополагающим критерием отбора релевантных анализу исследований [41–43].

Несмотря на преимущественно описательные данные, достаточно надёжными являются сведения о распространённости установок готовности и неготовности к вакцинации, которые составили для русскоязычной популяции 47 и 30% соответственно. Это характеризует суммарную выборку обзора как настроенную более скептически к вакцинации против COVID-19, чем, например, жители США (аналогичные показатели — 52 и 22%), население стран европейского региона (доля несогласных — от 3,7 до 24,0%) или стран с низким и средним уровнем среднедушевого дохода (доля готовых к вакцинации — 78%). Здесь полученные нами данные значительно расходятся с альтернативной оценкой готовности к вакцинации в России: 30,4% [44–46]. При атеоретичности

предпосылок большинства проанализированных исследований полученные в них описательные данные о факторах готовности к иммунопрофилактике совпали со многими аналогичными международными исследованиями: располагающими к благоприятному отношению к вакцинации являлись мужской пол, зрелый возраст, более высокий уровень образования респондентов [47].

Прямое сопоставление остальных полученных в данном обзоре предикторов с литературными сведениями затруднено. Наибольшим препятствием служит принципиально различный подход к оценке факторов согласия на вакцинацию в отечественных и зарубежных исследованиях. Так, большинство переменных, выявленных в данном обзоре как бинарные предикторы согласия/сомнения/несогласия, в международных исследованиях учитываются как континуальные, отражающие процесс формирования поведения, связанного со здоровьем. Например, недоверие специалистам, фармкомпаниям, качеству вакцин, а также отношение к российской медицине соответствуют измеряемой в широких пределах категории «доверие» в европейских, африканских и азиатских обществах [42, 45]. Переменные, отражающие степень изученности вакцины, опасность COVID-19, снятие ограничений, страх побочных эффектов и COVID-19 а анамнезе, существенные для формирования отношения к вакцинации в русскоязычной популяции, в зарубежных исследованиях также преимущественно учитываются как континуальный фактор [10, 46]: в частности, в рамках теории запланированного действия — как «воспринимаемый поведенческий контроль», который может выступать в роли модератора эффектов остальных компонентов теории запланированного действия [43]. Среди таких дополнительных компонентов, которые семантически близки выявленным в ходе данного обзора факторам «влияние СМИ» и «мнение экспертов», в зарубежных публикациях обычно учитывается концепт «индивидуальных норм», также являющихся составным элементом теории запланированного действия [42, 43]. Наконец, важнейшим по данным многих исследований предиктором готовности к вакцинации, также подтверждённым для русскоязычной популяции, служит положительное отношение к вакцинации в целом — компонент «отношение» в теории запланированного действия [43].

Ограничения в методологии проведения и сообщения результатов проанализированных в обзоре исследований позволяют сформулировать рекомендации для реализации отечественных клиничко-психологических и клиничко-социологических исследований в будущем, которые позволят существенно повысить информативность и надёжность получаемых в них данных: следование стандартам представления научной методологии и результатов исследований [48], а также использование в качестве предпосылок популяционных исследований теоретических моделей описания поведения, связанного со здоровьем [49].

## Ограничения исследования

Проведённый обзор предметного поля (scoping review) соответствует большинству современных требований к систематическому обзору, выдвигаемых экспертным сообществом для реализации и представления систематических обзоров и метаанализов PRISMA [50]. С рядом объективных причин связано невыполнение некоторых элементов чек-листа PRISMA (реализация первоначального протокола, синтез результатов). Во-первых, подробность представления данных в опубликованных исследованиях недостаточна, и это в более чем трети случаев не позволяет извлечь необходимые описательные сведения о проведённом исследовании. Во-вторых, гетерогенность представления данных, методологическая неоднородность исследований, обеспечивающая необходимое для научного поиска разнообразие точек зрения на проблему, в ряде случаев делают невозможным формирование достаточной по объёму исследовательской выборки, объединяющей несколько публикаций для ответа на общий исследовательский вопрос в соответствии с целью систематического обзора. В представленном исследовании единственным доступным для подобного анализа вопросом являлась доля респондентов, согласных или несогласных на проведение вакцинации. При этом кажущееся увеличение доли согласных с вакцинацией респондентов в исследованиях, проведённых позднее, из-за существенной социально-демографической гетерогенности выборок не может быть корректно интерпретировано. Оценка систематических искажений (смещений) в отношении исследовательского вопроса о готовности к вакцинации, ассоциированных с половыми, возрастными, иными социально-демографическими переменными, также была не правомочна в связи с ограниченностью количества данных. Большинство включённых публикаций ( $n=14$ ) сообщали о степени согласия с иммунопрофилактикой, и лишь незначительное меньшинство (от 8 до 14 публикаций, в зависимости от оцениваемого параметра) представляли достаточные сведения об экспериментальной выборке. В-третьих, выявленные недочёты в представлении данных исследованных публикаций определили необходимость корректировки первоначального протокола обзора и исключение анализа роли социально-демографических факторов в формировании согласия с вакцинацией.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные на русском языке исследования, посвящённые оценке популяционного отношения к вакцинации против COVID-19, совпадают с литературными данными международных научных результатов: значимы факторы отношения к качеству разрабатываемой вакцины, влияния СМИ и иных источников информации, общего отношения к пандемии COVID-19 и др. В русскоязычной популяции выявлены высокие уровни неготовности вакцинироваться против COVID-19 (30%) и сравнительно

низкие показатели готовности к иммунопрофилактике (47%). Существенному повышению информативности и надёжности данных может служить опора исследователей на теоретические модели описания поведения, связанного со здоровьем, среди которых теория запланированного поведения имеет в настоящее время наибольший уровень доказательной применимости при оценке поведения населения в ситуации пандемии.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

**Вклад авторов:** Д.С. Радионов — концепция и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретация данных, подготовка первого варианта статьи; М.Ю. Сорокин — концепция и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретация данных, участие в анализе данных, подготовка первого варианта статьи; Т.А. Караваева — анализ данных, окончательное утверждение присланной в редакцию рукописи; Н.Б. Лутова — анализ данных, окончательное утверждение присланной в редакцию рукописи.

**Authors' contribution:** D.S. Radionov — contributed to the concept and design of the study, data acquisition, analysis and interpretation, prepared the first draft of the article; M.Yu. Sorokin — contributed to the concept and design of the study, data acquisition, analysis and interpretation participated in data analysis, prepared the first draft of the article; T.A. Karavaeva — participated in the data analysis, finally approved the manuscript sent to the editor; N.B. Lutova — participated in data analysis, finally approved the manuscript sent to the editor.

**Источник финансирования.** Работа выполнена при поддержке учёного совета Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.М. Бехтерева» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Funding sources.** This research was supported by the scientific council of the V.M. Bekhterev National Medical Research Center for Psychiatry and Neurology.

**Конфликт интересов.** Авторы подтверждают отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов при написании данной статьи.

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brüssow H., Brüssow L. Clinical evidence that the pandemic from 1889 to 1891 commonly called the Russian flu might have been an earlier coronavirus pandemic // *Microb Biotechnol.* 2021. Vol. 14, N 5. P. 1860–1870. doi: 10.1111/1751-7915.13889
2. Kousoulis A.A., Tsoucalas G. Infection, contagion and causality in Colonial Britain: the 1889–90 influenza pandemic and the British Medical Journal // *Infez Med.* 2017. Vol. 25, N 3. P. 285–291.
3. Tomes N. "Destroyer and teacher": managing the masses during the 1918–1919 influenza pandemic // *Public Health Rep.* 2010. Vol. 125, suppl. 3). P. 48–62. doi: 10.1177/003335491012505308
4. Taubenberger J.K., Morens D.M., Fauci A.S. The next influenza pandemic: can it be predicted? // *JAMA.* 2007. Vol. 297, N 18. P. 2025–2027. doi: 10.1001/jama.297.18.2025
5. Brüssow H. What we can learn from the dynamics of the 1889 'Russian flu' pandemic for the future trajectory of COVID-19 // *Microb Biotechnol.* 2021. Vol. 14, N 6. P. 2244–2253. doi: 10.1111/1751-7915.13916
6. Durbach N. Bodily matters: the anti-vaccination movement in England, 1853–1907. Duke University Press, 2005. doi: 10.2307/j.ctv11cw047
7. Porter D., Porter R. The politics of prevention: anti-vaccination and public health in 19th century England // *Medical History.* 1988. Vol. 32, N 3. P. 231–252. doi: 10.1017/s0025727300048225
8. Weigmann K. An injection of confidence: scientists explore new and old methods to counter anti-vaccine propaganda and overcome vaccine hesitancy so as to increase vaccination rates // *EMBO Rep.* 2017. Vol. 18, N 1. P. 21–24. doi: 10.15252/embr.201643589
9. Roberts H.A., Clark D.A., Kalina C., et al. To vax or not to vax: predictors of anti-vax attitudes and COVID-19 vaccine hesitancy prior to widespread vaccine availability // *PLoS One.* 2022. Vol. 17, N 2. P. e0264019. doi: 10.1371/journal.pone.0264019
10. Toure A.A., Traore F.A., Camara G., et al. Facilitators and barriers to COVID-19 vaccination among healthcare workers and the general population in Guinea // *BMC Infect Dis.* 2022. Vol. 22, N 1. P. 752. doi: 10.1186/s12879-022-07742-3
11. Kobayashi Y., Howell C., Heinrich T., Motta M. Investigating how historical legacies of militarized violence can motivate COVID-19 vaccine hesitancy: evidence from global dyadic survey // *Soc Sci Med.* 2022. Vol. 311. P. 115346. doi: 10.1016/j.socscimed.2022.115346
12. Benoit S.L., Mauldin R.F. The "anti-vax" movement: a quantitative report on vaccine beliefs and knowledge across social media // *BMC Public Health.* 2021. Vol. 21, N 1. P. 2106. doi: 10.1186/s12889-021-12114-8
13. Cvjetkovic S.J., Jeremic V.L., Tiosavljevic D.V. Knowledge and attitudes toward vaccination: a survey of Serbian students // *J Infect Public Health.* 2017. Vol. 10, N 5. P. 649–656. doi: 10.1016/j.jiph.2017.05.008
14. Winter K., Pummerer L., Hornsey M.J., Sassenberg K. Pro-vaccination subjective norms moderate the relationship between conspiracy mentality and vaccination intentions // *Br J Health Psychol.* 2022. Vol. 27, N 2. P. 390–405. doi: 10.1111/bjhp.12550
15. Васильева А.В., Незнанов Н.Г., Соловьев А.Г. Ментальная экология в структуре пандемии COVID-19 (обзор литературы) // *Экология человека.* 2022. Т. 29, № 7. С. 461–469. doi: 10.17816/humeco81183
16. Larson H.J., de Figueiredo A., Xiahong Z., et al. The state of vaccine confidence 2016: global insights through a 67-country survey // *EBioMedicine.* 2016. Vol. 12. P. 295–301. doi: 10.1016/j.ebiom.2016.08.042
17. Borga L.G., Clark A.E., D'Ambrosio C., Lepinteur A. Characteristics associated with COVID-19 vaccine hesitancy // *Sci Rep.* 2022. Vol. 12, N 1. P. 12435. doi: 10.1038/s41598-022-16572-x

18. Sorokin M.Y., Kasyanov E.D., Rukavishnikov G.V., et al. Behavioral and emotional reactions of the Russian population to the beginning of the COVID-19 pandemic: an on-line survey results // *Psychiatr Danub.* 2021. Vol. 33, N 3. P. 386–392. doi: 10.24869/psyd.2021.386
19. Vasileva A.V., Karavaeva T.A., Radionov D.S., et al. Concerns and challenges related to Sputnik V vaccination against the novel COVID-19 infection in the Russian Federation: the role of mental health, and personal and social issues as targets for future psychosocial interventions // *Front Psychiatry.* 2022. Vol. 13. P. 835323. doi: 10.3389/fpsy.2022.835323
20. Baltar F., Brunet I. Social research 2.0: virtual snowball sampling method using Facebook // *Internet Research.* 2012. Vol. 22, N 1. P. 57–74. doi: 10.1108/10662241211199960
21. Залаяев А.Р., Мухарьмова Л.М., Шаммазова Е.Ю. Вакцинация от COVID-19 в контексте общественного доверия // *Социальная политика и социология.* 2020. Т. 19, № 4. С. 127–135. doi: 10.17922/2071-3665-2020-19-4-127-135
22. Рязанцев С.В., Храмова М.Н., Смирнов А.В. Социально-демографические аспекты вакцинации населения России в контексте пандемии COVID-19 // *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины.* 2021. Т. 29, № 5. С. 1047–1056. doi: 10.32687/0869-866X-2021-29-5-1047-1056
23. Богомякова Е.С. Отношение россиян к вакцинации от COVID-19: проблемы и противоречия // *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины.* 2021. Т. 29, № 5. С. 736–742. doi: 10.32687/0869-866X-2021-29-s1-736-742
24. 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 // *Обзор психиатрии и медицинской психологии имени В.М. Бехтерева.* 2021. Т. 55, № 2. С. 27–36. doi: 10.31363/2313-7053-2021-55-2-27-36
25. Рягузова Е.В. Когнитивные аспекты отношения студенческой молодежи к вакцинации от COVID-19 // *Российский психологический журнал.* 2021. Т. 18, № 2. С. 109–121. doi: 10.21702/grj.2021.27
26. Малыгин В.Л., Малыгин Я.В., Искандирова А.С., и др. Многофакторная модель готовности к вакцинации студентов медицинских вузов в период третьей волны пандемии COVID-19 // *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика.* 2021. Т. 13, № 6. С. 29–34. doi: 10.14412/2074-2711-2021-6-29-34
27. Каленик Е.Н., Самылина А.А. Взаимосвязь уровня когнитивного компонента отношения к здоровью у студентов и отказа от вакцинации против COVID-19 // *Симбирский научный вестник.* 2021. Т. 44, № 2. С. 31–37.
28. Гутч Е.А., Сычик С.И., Итпаева-Людчик С.Л. Приверженность вакцинации и восприятие риска COVID-19 населением Республики Беларусь // *Анализ риска здоровью.* 2021. № 3. С. 4–13. doi: 10.21668/health.risk/2021.3.01
29. Панов Р.И., Брынза Н.С., Горбунова О.П., Аллабирдина Ц.Г. Отношение населения к вакцинации против COVID-19 // *Университетская медицина Урала.* 2021. Т. 7, № 2. С. 60–62.
30. Сорокин М.Ю., Лутова Н.Б., Мазо Г.Э., и др. Структура тревожных переживаний и стресс как факторы готовности к вакцинации против коронавирусной инфекции // *Обзор психиатрии и медицинской психологии имени В.М. Бехтерева.* 2021. Т. 55, № 2. С. 52–61. doi: 10.31363/2313-7053-2021-55-2-52-61
31. Попова Н.М., Шумихина Д.В., Фазезова А.А., Шарипова Д.Н. Отношение студентов медицинского вуза к вакцинации от COVID-19 // *Modern Science.* 2021. № 12-2. С. 133–138.
32. Хоцанов Е.Е. Отношение работников здравоохранения к вакцинации от коронавирусной инфекции SARS-CoV-2 (COVID-19) // *Школа Науки.* 2021. № 5. С. 53–56. doi: 10.5281/zenodo.4813469
33. Орлова Н.В., Ильенко Л.И., Давыдов Д.В., и др. Отношение студентов медицинских учебных учреждений к вакцинации против COVID-19 // *Медицинский алфавит.* 2022. № 3. С. 29–33. doi: 10.33667/2078-5631-2022-3-29-33
34. Матвеева Е.С., Федорова А.М. Вакцинация против COVID-19: мнение студентов медицинских университетов // *Уральский медицинский журнал.* 2022. Т. 21, № 1. С. 42–47. doi: 10.52420/2071-5943-2022-21-1-42-47
35. Авитисов П.В., Белова Д.Н., Назыров Р.К. Анализ отношений личного состава спасательных воинских формирований МЧС России к вакцинации от COVID-19 // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях.* 2022. № 1. С. 101–108. doi: 10.25016/2541-7487-2022-0-1-101-108
36. Климова В.А., Комарова А.Н., Мальцева С.М. Отношение студентов в возрасте 18–19 лет к вакцинации от COVID-19 // *International Journal of Advanced Studies in Education and Sociology.* 2022. № 2. С. 8–12.
37. Кузнецова Е.В., Щур Н.С. Изучение отношения студентов Кировского государственного медицинского университета к вакцинации против новой коронавирусной инфекции COVID-19 // *Медицинское образование сегодня.* 2022. № 1. С. 18–23.
38. Николаев Е.Л., Мохареб А.А.Л., Салем Е.Э.Т.М., Омар А.Ш.А. Специфика отношения студентов-медиков к коронавирусной инфекции и вакцинации против COVID-19 в период третьей волны пандемии // *International Journal of Medicine and Psychology.* 2022. Т. 5, № 1. С. 59–62.
39. Сорокин М.Ю., Лутова Н.Б., Мазо Г.Э., и др. Предпосылки формирования готовности к вакцинации против коронавирусной инфекции у жителей России // *Бюллетень медицинской науки.* 2021. № 4. С. 95–103. doi: 10.31684/25418475-2021-4-95
40. Беляков Н.А., Халезова Н.Б., Боева Е.В., и др. Социальные и психологические проблемы вакцинации населения от новой коронавирусной инфекции // *ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии.* 2021. Т. 13, № 3. С. 7–23. doi: 10.22328/2077-9828-2021-13-3-7-23
41. Xiao X., Wong R.M. Vaccine hesitancy and perceived behavioral control: a meta-analysis // *Vaccine.* 2020. Vol. 38, N 33. P. 5131–5138. doi: 10.1016/j.vaccine.2020.04.076
42. Davis T.P. Jr., Yimam A.K., Kalam M.A., et al. Behavioural determinants of COVID-19-vaccine acceptance in rural areas of six lower- and middle-income countries // *Vaccines (Basel).* 2022. Vol. 10, N 2. P. 214. doi: 10.3390/vaccines10020214
43. Yang L., Ji L., Wang Q., et al. Vaccination intention and behavior of the general public in China: cross-sectional survey and moderated mediation model analysis // *JMIR Public Health Surveill.* 2022. Vol. 8, N 6. P. e34666. doi: 10.2196/34666
44. Khubchandani J., Sharma S., Price J.H., et al. COVID-19 vaccination hesitancy in the United States: a rapid national assess-

- ment // J Community Health. 2021. Vol. 46, N 2. P. 270–277. doi: 10.1007/s10900-020-00958-x
45. Franic J. What lies behind substantial differences in COVID-19 vaccination rates between EU Member States? // Front Public Health. 2022. Vol. 10. P. 858265. doi: 10.3389/fpubh.2022.858265
  46. Solís Arce J.S., Warren S.S., Meriggi N.F., et al. COVID-19 vaccine acceptance and hesitancy in low- and middle-income countries // Nat Med. 2021. Vol. 27, N 8. P. 1385–1394. doi: 10.1038/s41591-021-01454-y
  47. Moola S., Gudi N., Nambiar D., et al. A rapid review of evidence on the determinants of and strategies for COVID-19 vaccine acceptance in low- and middle-income countries // J Glob Health. 2021. Vol. 11. P. 05027. doi: 10.7189/jogh.11.05027
  48. Середа А.П., Андрианова М.А. Рекомендации по оформлению дизайна исследования // Травматология и ортопедия России. 2019. Т. 25, № 3. С. 165–184. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184
  49. Рассказова Е.И., Иванова Т.Ю. Мотивационные модели поведения, связанного со здоровьем: проблема «Разрыва» между намерением и действием // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2015. Т. 12, № 1. С. 105–130.
  50. Кулакова Е.Н., Настаушева Т.Л., Кондратьева И.В. Систематическое обзорное исследование литературы по методологии scoring review: история, теория и практика // Вопросы современной педиатрии. 2021. Т. 20, № 3. С. 210–222. doi: 10.15690/vsp.v20i3/2271

## REFERENCES

1. Brüssow H, Brüssow L. Clinical evidence that the pandemic from 1889 to 1891 commonly called the Russian flu might have been an earlier coronavirus pandemic. *Microb Biotechnol.* 2021;14(5):1860–1870. doi: 10.1111/1751-7915.13889
2. Kousoulis AA, Tsoucalas G. Infection, contagion and causality in Colonial Britain: the 1889–90 influenza pandemic and the British Medical Journal. *Infez Med.* 2017;25(3):285–291.
3. Tomes N. "Destroyer and teacher": managing the masses during the 1918–1919 influenza pandemic. *Public Health Rep.* 2010;125 (suppl. 3):48–62. doi: 10.1177/00333549101250S308
4. Taubenberger JK, Morens DM, Fauci AS. The next influenza pandemic: can it be predicted? *JAMA.* 2007;297(18):2025–2027. doi: 10.1001/jama.297.18.2025
5. Brüssow H. What we can learn from the dynamics of the 1889 'Russian flu' pandemic for the future trajectory of COVID-19. *Microb Biotechnol.* 2021;14(6):2244–2253. doi: 10.1111/1751-7915.13916
6. Durbach N. *Bodily matters: the anti-vaccination movement in England, 1853–1907.* Duke University Press, 2005. doi: 10.2307/j.ctv11cw047
7. Porter D, Porter R. The politics of prevention: anti-vaccination and public health in 19th century England. *Med Hist.* 1988;32(3):231–252. doi: 10.1017/s0025727300048225
8. Weigmann K. An injection of confidence: scientists explore new and old methods to counter anti-vaccine propaganda and overcome vaccine hesitancy so as to increase vaccination rates. *EMBO Rep.* 2017;18(1):21–24. doi: 10.15252/embr.201643589
9. Roberts HA, Clark DA, Kalina C, et al. To vax or not to vax: predictors of anti-vax attitudes and COVID-19 vaccine hesitancy prior to widespread vaccine availability. *PLoS One.* 2022;17(2):e0264019. doi: 10.1371/journal.pone.0264019
10. Toure AA, Traore FA, Camara G, et al. Facilitators and barriers to COVID-19 vaccination among healthcare workers and the general population in Guinea. *BMC Infect Dis.* 2022;22(1):752. doi: 10.1186/s12879-022-07742-3
11. Kobayashi Y, Howell C, Heinrich T, Motta M. Investigating how historical legacies of militarized violence can motivate COVID-19 vaccine hesitancy: evidence from global dyadic survey. *Soc Sci Med.* 2022;311:115346. doi: 10.1016/j.socscimed.2022.115346
12. Benoit SL, Mauldin RF. The "anti-vax" movement: a quantitative report on vaccine beliefs and knowledge across social media. *BMC Public Health.* 2021;21(1):2106. doi: 10.1186/s12889-021-12114-8
13. Cvjetkovic SJ, Jeremic VL, Tiosavljevic DV. Knowledge and attitudes toward vaccination: a survey of Serbian students. *J Infect Public Health.* 2017;10(5):649–656. doi: 10.1016/j.jiph.2017.05.008
14. Winter K, Pummerer L, Hornsey MJ, Sassenberg K. Pro-vaccination subjective norms moderate the relationship between conspiracy mentality and vaccination intentions. *Br J Health Psychol.* 2022;27(2):390–405. doi: 10.1111/bjhp.12550
15. 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. (In Russ). doi: 10.17816/humeco81183
16. Larson HJ, de Figueiredo A, Xiahong Z, et al. The state of vaccine confidence 2016: global insights through a 67-country survey. *EBioMedicine.* 2016;12:295–301. doi: 10.1016/j.ebiom.2016.08.042
17. Borga LG, Clark AE, D'Ambrosio C, Lepinteur A. Characteristics associated with COVID-19 vaccine hesitancy. *Sci Rep.* 2022;12(1):12435. doi: 10.1038/s41598-022-16572-x
18. Sorokin MY, Kasyanov ED, Rukavishnikov GV, et al. Behavioral and emotional reactions of the Russian population to the beginning of the COVID-19 pandemic: an on-line survey results. *Psychiatr Danub.* 2021;33(3):386–392. doi: 10.24869/psyd.2021.386
19. Vasileva AV, Karavaeva TA, Radionov DS, et al. Concerns and challenges related to Sputnik V vaccination against the novel COVID-19 infection in the Russian Federation: the role of mental health, and personal and social issues as targets for future psychosocial interventions. *Front Psychiatry.* 2022;13:835323. doi: 10.3389/fpsyt.2022.835323
20. Baltar F, Brunet I. Social research 2.0: virtual snowball sampling method using Facebook. *Internet Research.* 2012;22(1):57–74. doi: 10.1108/10662241211199960
21. Zalyaev AR, Mukharyamova LM, Shammazova EYu. COVID-19 vaccination in the context of public trust. *Sotsial'naya politika i sotsiologiya.* 2020;19(4):127–135. (In Russ). doi: 10.17922/2071-3665-2020-19-4-127-135
22. Ryazantsev SV, Khranova MN, Smirnov AV. The social demographic aspects of vaccination of population of Russia in the context of COVID-19 pandemic. *Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine, Russian Journal.* 2021;29(5):1047–1056. (In Russ). doi: 10.32687/0869-866X-2021-29-5-1047-1056
23. Bogomiagkova ES. The attitude of russians to vaccination against COVID-19: problems and contradictions. *Problems of Social Hy-*

- giene, *Public Health and History of Medicine, Russian Journal*. 2021;29(S1):736–742. (In Russ). doi: 10.32687/0869-866X-2021-29-s1-736-742
24. 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
  25. Ryaguzova EV. Cognitive aspects of students' attitudes towards COVID-19 vaccination. *Russian Psychological Journal*. 2021;18(2):109–121. (In Russ). doi: 10.21702/rpj.2021.2.7
  26. Malygin VL, Malygin YaV, Iskandirova AS, et al. Multifactorial model of willingness to get vaccinated in medical students during 3rd wave of COVID-19 pandemic. *Nevrologiya, Neiropsikhiatriya, Psikhosomatika" (Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics)*. 2021;13(6):29–34. (In Russ). doi: 10.14412/2074-2711-2021-6-29-34
  27. Kalenik EN, Samylina AA. Interrelation between the level of the cognitive component of health behavior among students and refusal of COVID-19 vaccination. *Simbirsk Scientific Journal Vestnik*. 2021;44(2):31–37. (In Russ).
  28. Hutsich EA, Sychyk SI, Itpayeva-Liudchik SL. Adherence to vaccination and perception of COVID-19 risk among population in the Republic of Belarus. *Health Risk Analysis*. 2021;3(4):4–13. (In Russ). doi: 10.21668/health.risk/2021.3.01
  29. Panov RI, Brynza NS, Gorbunova OP, Allabirdina TsG. Otnoshenie naseleniya k vaktsinatsii protiv COVID-19. *Universitetskaya meditsina Urala*. 2021;7(2):60–62. (In Russ).
  30. Sorokin MY, Lutova NB, Mazo GE, et al. Structure of anxiety and stress as factors of COVID-19 vaccine acceptance. *V.M. Bekhterev Review of Psychiatry and Medical Psychology*. 2021;55(2):52–61. (In Russ). doi: 10.31363/2313-7053-2021-55-2-52-61
  31. Popova NM, Shumikhina DV, Faezova AA, Sharipova DN. Otnoshenie studentov meditsinskogo vuza k vaktsinatsii ot COVID-19. *Modern Science*. 2021;(12-2):133–138. (In Russ).
  32. Khoshchanov EE. Otnoshenie rabotnikov zdavookhraneniya k vaktsinatsii ot koronavirusnoi infektsii SARS-CoV-2 (COVID-19). *Shkola Nauki*. 2021;(5):53–56. (In Russ). doi: 10.5281/zenodo.4813469
  33. Orlova NV, Il'enko LI, Davydov DV, et al. Attitude of medical students to vaccination against COVID-19. *Medical Alphabet*. 2022;(3):29–33. (In Russ). doi: 10.33667/2078-5631-2022-3-29-33
  34. Matveeva ES, Fedorova AM. Vaccination against COVID-19: the opinion of medical students. *Ural Medical Journal*. 2022;21(1):42–47. (In Russ). doi: 10.52420/2071-5943-2022-21-1-42-47
  35. Avitsov PV, Belova DN, Nazyrov RK. Analysis of attitudes to vaccination against COVID-19 in personnel of rescue military formations of the emergcom of Russia. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2022;(1):101–108. (In Russ). doi: 10.25016/2541-7487-2022-0-1-101-108
  36. Klimova VA, Komarova AN, Maltseva SM. The attitude of students aged 18-19 to vaccination from COVID-19. *International Journal of Advanced Studies in Education and Sociology*. 2022;(2):8–12. (In Russ).
  37. Kuznetsova EV, Shchur NS. Assessment of medical students' attitude to vaccination against the novel coronavirus disease COVID-19. *Medical Education Today*. 2022;(1):18–23. (In Russ).
  38. Nikolaev EL, Mohareb AAL, Salem OETM, Omar ASHa. The specificity of medical students attitudes toward coronavirus infection and vaccination against COVID-19 during the third wave of the pandemic. *International Journal of Medicine and Psychology*. 2022;5(1):59–62. (In Russ).
  39. Sorokin MYu, Lutova NB, Mazo GE, et al. Prerequisites of willingness to accept a COVID-19 vaccine among the Russian population. *Bulleten medicinskih nauki*. 2021;(4):95–103. (In Russ). doi: 10.31684/25418475-2021-4-95
  40. Belyakov NA, Khalezova NB, Boeva EV, et al. Social and psychological problems of population vaccination against COVID-19. *HIV Infection and Immunosuppressive Disorders*. 2021;13(3):7–23. (In Russ). doi: 10.22328/2077-9828-2021-13-3-7-23
  41. Xiao X, Wong RM. Vaccine hesitancy and perceived behavioral control: a meta-analysis. *Vaccine*. 2020;38(33):5131–5138. doi: 10.1016/j.vaccine.2020.04.076
  42. Davis TPJr, Yimam AK, Kalam MA, et al. Behavioural determinants of COVID-19-vaccine acceptance in rural areas of six lower- and middle-income countries. *Vaccines (Basel)*. 2022;10(2):214. doi: 10.3390/vaccines10020214
  43. Yang L, Ji L, Wang Q, et al. Vaccination intention and behavior of the general public in China: cross-sectional survey and moderated mediation model analysis. *JMIR Public Health Surveill*. 2022;8(6):e34666. doi: 10.2196/34666
  44. Khubchandani J, Sharma S, Price JH, et al. COVID-19 vaccination hesitancy in the United States: a rapid national assessment. *J Community Health*. 2021;46(2):270–277. doi: 10.1007/s10900-020-00958-x
  45. Franic J. What lies behind substantial differences in COVID-19 vaccination rates between EU Member States? *Front Public Health*. 2022;10:858265. doi: 10.3389/fpubh.2022.858265
  46. Solís Arce JS, Warren SS, Meriggi NF, et al. COVID-19 vaccine acceptance and hesitancy in low- and middle-income countries. *Nat Med*. 2021;27(8):1385–1394. doi: 10.1038/s41591-021-01454-y
  47. Moola S, Gudi N, Nambiar D, et al. A rapid review of evidence on the determinants of and strategies for COVID-19 vaccine acceptance in low- and middle-income countries. *J Glob Health*. 2021;11:05027. doi: 10.7189/jogh.11.05027
  48. Sereda AP, Andrianova MA. Study design guidelines. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2019;25(3):165–184. (In Russ). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184
  49. Rasskazova E, Ivanova T. Motivational models of health behavior: the problem of the "gap" between intention and action. *Psychology. Journal of Higher School of Economics*. 2015;12(1):105–130. (In Russ).
  50. Kulakova EN, Nastaushcheva TL, Kondratjeva IV. Scoping review methodology: history, theory and practice. *Current Pediatrics (Moscow)*. 2021;20(3):210–222. (In Russ). doi: 10.15690/vsp.v20i3/2271

## ОБ АВТОРАХ

**\* Радионов Дмитрий Сергеевич,**

младший научный сотрудник;  
адрес: Россия, 192019, Санкт-Петербург, ул. Бехтерева, д. 3;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9020-3271>;  
eLibrary SPIN: 3247-3178;  
e-mail: psyradionov@gmail.com

**Сорокин Михаил Юрьевич,** к.м.н., научный сотрудник;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2502-6365>;  
eLibrary SPIN: 7807-4497;  
e-mail: m.sorokin@list.ru

**Караваяева Татьяна Артуровна,** д.м.н.,

главный научный сотрудник, профессор;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8798-3702>;  
eLibrary SPIN: 4799-4121;  
e-mail: tania\_kar@mail.ru

**Лутова Наталия Борисовна,** д.м.н.,

главный научный сотрудник;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9481-7411>;  
eLibrary SPIN: 1890-9182;  
e-mail: lutova@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

## AUTHORS' INFO

**\* Dmitriy S. Radionov,** MD, Junior research associate;  
address: 3 Behtereva street, 192019 Saint Petersburg,  
Russia;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9020-3271>;  
eLibrary SPIN: 3247-3178;  
e-mail: psyradionov@gmail.com

**Mikhail Yu. Sorokin,** MD, Cand. Sci. (Med.), research associate;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2502-6365>;  
eLibrary SPIN: 7807-4497;  
e-mail: m.sorokin@list.ru

**Tatiana A. Karavaeva,** MD, Dr. Sci. (Med.),

Chief research associate, Professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8798-3702>;  
eLibrary SPIN: 4799-4121;  
e-mail: tania\_kar@mail.ru

**Natalia B. Lutova,** MD, Dr. Sci. (Med.),

chief research associate;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9481-7411>;  
eLibrary SPIN: 1890-9182;  
e-mail: lutova@mail.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106761>

# Обоснование системы медицинского сопровождения старшеклассников с повышенными умственными способностями

А.Г. Сетко<sup>1</sup>, О.М. Жданова<sup>2</sup><sup>1</sup> Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана, Москва, Российская Федерация;<sup>2</sup> Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Введение.** Возможность реализации интеллектуального потенциала и развития учащихся с повышенными способностями фактически обеспечивается путём создания условий, направленных на сохранение и поддержание их здоровья.

**Методы.** У учащихся 9–11-х классов многопрофильного лицея для одарённых подростков проведена оценка факторов риска организации и напряжённости учебного труда, режима дня; исследовано функциональное состояние центральной нервной системы методом вариационной хронорефлексографии, сердечно-сосудистой системы — методом вариационной пульсометрии и психоэмоциональное состояние — по цветовому тесту М. Люшера и опроснику Ч.Д. Спилберга. Для обоснования применения метода функционального биоуправления в системе медицинского сопровождения учащиеся были обучены методике диафрагмального дыхания, эффективность которой оценивали путём сравнения результатов психофизиологической диагностики до и после тренингов: 1-ю группу составили учащиеся, ежедневно выполнявшие тренинги; 2-ю группу — учащиеся, освоившие навык, но не выполнявшие тренинги. Статистическая обработка материалов проведена с использованием методов параметрического анализа и программного обеспечения Statistica 13.0.

**Результаты.** Показано, что факторами риска здоровью учащихся с повышенными умственными способностями являлись нерациональная организация учебной деятельности, высокая её напряжённость, а также нарушение таких здоровьесберегающих компонентов режима дня, как ночной сон и прогулки. При этом проведённый анализ свидетельствовал о том, что учебные нагрузки способствовали развитию умственной работоспособности и в то же время — повышению напряжения регуляторных систем организма, что определило необходимость разработки системы сопровождения учащихся в образовательном процессе. Установлено, что выполнение тренингов диафрагмально-релаксационного дыхания способствовало повышению в 1,2 раза умственной работоспособности и познавательной активности учащихся, снижению уровня тревожности в повседневной жизни в 1,2 раза, а в учебной сфере — в 1,3 раза, а также восстановлению адаптационных резервных возможностей, о чём свидетельствовали данные об увеличении числа обследуемых с удовлетворительной биологической адаптацией в 15,0 раза.

**Заключение.** Результаты исследования позволили научно обосновать и разработать систему сопровождения учащихся с повышенными способностями в образовательном процессе, реализация которой предполагает проведение скрининг-диагностики психофизиологического состояния обучающихся, формирование «группы риска» и «группы здоровья», организацию комплекса коррекционно-оздоровительных и здоровьесберегающих мероприятий.

**Ключевые слова:** учащиеся с повышенными умственными способностями; система сопровождения; функциональное биоуправление.

## Как цитировать:

Сетко А.Г., Жданова О.М. Обоснование системы медицинского сопровождения старшеклассников с повышенными умственными способностями // Экология человека. 2023. Т. 30, № 2. С. 101–115. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106761>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106761>

# Justification of the need for the system of medical support for high school students with enhanced mental abilities

Andrei G. Setko<sup>1</sup>, Olesya M. Zhdanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Moscow, Russian Federation;

<sup>2</sup> Orenburg State Medical University, Orenburg, Russian Federation

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** To fully realize the intellectual potential of high school students with enhanced abilities, it is crucial to create conditions that promote and preserve their physical and mental health.

**METHODS:** To scientifically support the system of assisting students with enhanced mental abilities in the face of risk factors within the educational environment, a one-stage study was conducted at a multidisciplinary lyceum for gifted adolescents. The study focused on identifying risk factors associated with the organization and intensity of the educational process and daily routine of students in grades 9–11. To further support the use of biofeedback in the school medical system, students were taught the diaphragmatic breathing technique. The effectiveness of this technique was evaluated through a comparative analysis of the functional state of the central nervous- and cardiovascular systems, as well as the psycho-emotional status of students before and after two weeks of functional biofeedback training.

**RESULTS:** We found that students were at risk for health problems due to poorly organized educational activities, high intensity of studies and neglect of health-promoting habits such as adequate sleep and walking. However, it has also been found that academic demands can enhance mental performance, albeit at the cost of increased stress on the body's regulatory systems. Therefore, it is crucial to establish a support system for students that addresses these concerns. One promising intervention is diaphragmatic breathing training, which has been shown to reduce anxiety and improve mental performance and adaptability in students.

**CONCLUSION:** Our findings have enabled the scientific substantiation and development of a comprehensive system to support students with enhanced abilities throughout their educational path. This system involves assessment of the psychophysiological state of students, identifying those at risk and those in good health, and organizing a range of corrective, health-promoting, and health-protecting measures. These measures are designed to enhance compensatory capabilities and psychophysiological reserves, as well as to strengthen students' health during the learning process.

**Keywords:** students with increased mental abilities; support system; functional biofeedback.

## To cite this article:

Setko AG, Zhdanova OM. Justification of the need for the system of medical support for high school students with enhanced mental abilities. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(2):101–115. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco106761>

Received: 26.04.2022

Accepted: 15.02.2023

Published online: 10.03.2023

## ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с «Концепцией общенациональной системы выявления и развития молодых талантов» приоритетной задачей государственной образовательной политики становятся выявление, поддержка и развитие одарённых, талантливых учащихся, имеющих повышенные умственные способности. Общеизвестно, что развитие умственного потенциала — результат сложного взаимодействия генетических и социокультурных факторов, опосредованных деятельностью ребёнка. Однако возможность реализации интеллектуального потенциала и развития учащихся с повышенными умственными способностями фактически обеспечивается путём создания условий, направленных на сохранение и поддержание их здоровья.

Учебная деятельность детей и подростков с повышенными умственными способностями организована по образовательным программам повышенного уровня сложности, с углублённым изучением профильных дисциплин, дополнительным посещением спецкурсов, факультативов, участием в интеллектуальных конкурсах и научно-практических конференциях [1]. В связи с этим высокие объёмы учебных нагрузок чрезмерной напряжённости, интенсивный режим работы, дефицит времени, насыщенная информационная составляющая учебного процесса в сочетании с нарушением основных компонентов здорового образа жизни, имеющих важное значение в восстановлении функциональных резервов центральной нервной системы, являются факторами риска формирования психологического стресса, снижения умственной работоспособности и адаптационных резервов и, следовательно, ухудшения академической успешности учащихся с высоким умственным потенциалом [2–6]. В этом аспекте значимой и актуальной является разработка системы сопровождения учащихся с повышенными способностями в образовательном процессе, которая позволит восстановить сниженные адаптационные резервы, повысить умственную работоспособность и скорректировать психоэмоциональное состояние.

**Цель исследования.** Дать научное обоснование системы сопровождения учащихся с повышенными умственными способностями в условиях воздействия факторов риска образовательной среды.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 102 учащихся 9–11-х классов многопрофильного лицея для одарённых подростков в возрасте 15–17 лет, прошедших конкурсный отбор в форме тестирования по методике АСТУР (тест умственного развития, Акимов М.К., Борисова Е.М., Гуревич К.М. с соавт., 1996) на определение уровня умственного развития (средний балл по тесту — 131,7). Участники исследования были отобраны методом случайной выборки из общего количества учащихся старших

классов. Критерии отбора: I–II-я группа здоровья; наличие письменного информированного согласия. Критерии исключения: острые и хронические заболевания в стадии обострения; перенесённые за две недели до обследования острые заболевания; отказ от обследования. Сбор данных проводили во второй четверти учебного года в течение двух месяцев, в соответствии с рекомендациями Хельсинкской декларации (Форталеа, 2013). Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО Оренбургского государственного медицинского университета МЗ РФ (протокол № 258 от 09.10.2020).

В целях научного обоснования системы сопровождения учащихся с повышенными умственными способностями в многопрофильном лицее проведена оценка организации учебного процесса в соответствии с гигиеническими требованиями<sup>1</sup>. Напряжённость учебной деятельности исследована хронометражным методом согласно федеральным рекомендациям по показателям сенсорных, эмоциональных и интеллектуальных нагрузок, режима и монотонности учебного труда [7]. Режим дня оценен методом анкетирования, с помощью которого исследована организация внеурочной деятельности, продолжительность подготовки домашних заданий, ночного сна и пребывания на открытом воздухе.

Для обоснования применения и эффективности метода функционального биоуправления (ФБУ) в системе сопровождения учащиеся были обучены технике выполнения диафрагмально-релаксационного дыхания на аппаратно-программном комплексе, состоящем из программно-индикаторного устройства «Микарт-М» и программного обеспечения «Комфорт» (ГК CITRUS, Россия).

Эффективность двухнедельных тренингов оценивали путём сравнения результатов психофизиологической диагностики до и после ФБУ в двух группах учащихся: в 1-ю группу включены учащиеся, ежедневно выполнявшие тренинги ( $n=25$ ); во 2-ю группу — учащиеся, освоившие навык, но не выполнявшие тренинги ( $n=25$ ). Исследуемые группы были однородны по составу и включали учащихся с одним уровнем учебной нагрузки, имеющих одинаковые социально-бытовые условия. Для этого у них определяли функциональное состояние:

- центральной нервной системы — методом вариационной хронорефлексографии на аппаратно-программном комплексе «Способ диагностики работоспособности человека» [8] по показателям функционального уровня центральной нервной системы, устойчивости реакции и уровня функциональных возможностей (УФВ) сформированной функциональной системы, на основании которых автоматически оценивался уровень умственной работоспособности учащихся;

<sup>1</sup> СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

- сердечно-сосудистой системы — методом вариационной пульсометрии на кардиоритмографическом комплексе ORTO-expert [9] с расчётом временных параметров: моды, амплитуды моды, вариационного размаха, квадратного корня из среднего квадратов разностей величин последовательных пар интервалов, а также спектральных показателей сердечного ритма: высоко-, низко- и очень низкочастотных компонентов, а также с определением уровня биологической адаптации по данным значений индекса напряжения регуляторных систем по шкале В.П. Казначеева (1981).

Для исследования психоэмоционального состояния учащихся с помощью компьютерного тестирования проведена оценка уровня тревожности, познавательной активности и негативных эмоций в повседневной и учебной сферах по опроснику Ч.Д. Спилбергера в модификации А.Д. Андреевой (1988); суммарного отклонения от аутогенной нормы и вегетативного коэффициента по цветовому тесту М. Люшера (1949).

**Статистический анализ данных** выполняли с помощью программы Statistica 13.0 (StatSoft Inc., США). Для проверки гипотезы о нормальности распределения данных использовали критерий Колмогорова–Смирнова. Полученные данные подчинялись закону нормального распределения и были предоставлены в виде среднего арифметического значения ( $M$ ) и ошибки среднего арифметического ( $m$ ), в связи с чем в исследовании использовали параметрические методы медицинской статистики. Сравнение фактических данных с нормативными значениями проводили путём расчёта одновыборочного критерия Стьюдента для несвязанных совокупностей. Для определения статистической значимости различий психофизиологических показателей до и после выполнения ФБУ применяли парный  $t$ -критерий Стьюдента. Значимыми считали различия при  $p \leq 0,05$ .

Бивариантные связи между количественными непрерывными признаками оценивали с помощью корреляционного анализа с расчётом коэффициента Пирсона.

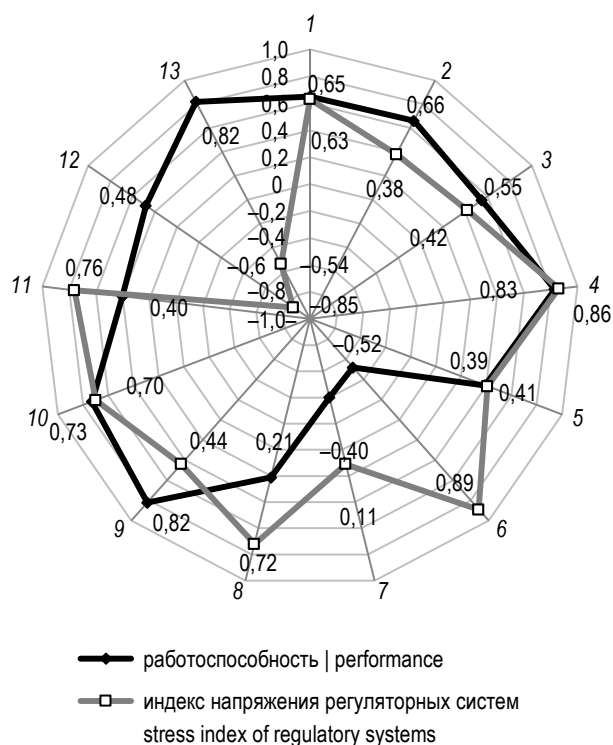
## РЕЗУЛЬТАТЫ

Оценка организации учебного процесса в многопрофильном лицее показала, что у учащихся с повышенными умственными способностями плотность занятий превышала допустимую на 6–8% и составляла 96–98%, суммарная недельная учебная нагрузка у девятиклассников была выше нормируемой на 8%, у учащихся 10–11-х классов — на 3% и составляла 39 и 38 ч соответственно. В расписание занятий были включены двоянные уроки, нарушен принцип чередования статического и динамического компонентов учебной деятельности, а образовательная нагрузка в динамике дня и недели распределена нерационально, без учёта степени трудности учебных предметов и физиологических

периодов изменения умственной работоспособности обучающихся.

Учебная деятельность в многопрофильном лицее являлась напряжённой 1-й степени (класс 3.1) за счёт интеллектуальных, сенсорных и эмоциональных нагрузок, а также режима обучения, которые соответствовали выраженному уровню напряжённости 1-й степени (класс 3.1), тогда как к допустимому уровню напряжённости (класс 2) относилась только монотонность труда (табл. 1).

Помимо высоких учебных нагрузок и их интенсификации риск здоровью учащихся создавала нерациональная организация суточного бюджета времени (табл. 2). Показано, что режим дня учащихся с повышенными умственными способностями характеризовался избыточной загруженностью дополнительным образованием с преобладанием занятий статического характера над занятиями с динамическим компонентом, чрезмерной



**Рис. 1.** Показатели корреляционной зависимости умственной работоспособности и индекса напряжения учащихся от факторов риска организации учебного процесса и режима дня:

1 — уровень недельной учебной нагрузки; 2 — уровень дневной учебной нагрузки; 3 — степень трудности учебных предметов; 4 — интеллектуальные нагрузки; 5 — сенсорные нагрузки; 6 — эмоциональные нагрузки; 7 — монотонность учебного процесса; 8 — режим работы на занятиях; 9 — компоненты режима дня; 10 — выполнение домашних заданий; 11 — внеурочные факультативные занятия; 12 — занятия в спортивных секциях; 13 — ночной сон; 14 — прогулки на открытом воздухе.

**Fig. 1.** Correlation between mental performance and the stress index across risk factors within the educational environment:

1 — weekly educational load; 2 — daily educational load; 3 — the degree of difficulty of educational subjects; 4 — intellectual loads; 5 — sensory loads; 6 — emotional stress; 7 — monotony of the educational process; 8 — mode of work in the classroom; 9 — components of the daily regimen; 10 — homework; 11 — extracurricular optional classes; 12 — classes in sports sections; 13 — night sleep; 14 — outdoor walks.

**Таблица 1.** Показатели напряжённости учебного процесса у исследуемых учащихся, баллы  
**Table 1.** Indicators of the intensity of the educational process among the study participants (points)

| Показатели<br>Indicators                                                 | Баллы<br>Points | Класс напряжённости<br>Tension grade |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| Интеллектуальные нагрузки   Intellectual workload                        | 3,20±0,18       | Класс 3.1                            |
| Сенсорные нагрузки   Sensory load                                        | 2,80±0,11       | Класс 3.1                            |
| Эмоциональные нагрузки   Emotional load                                  | 3,20±0,29       | Класс 3.1                            |
| Монотонность учебного процесса   The monotony of the educational process | 2,30±0,24       | Класс 2                              |
| Режим работы на учебных занятиях   Schedule of the training sessions     | 3,0±0,11        | Класс 3.1                            |
| Комплексная балльная оценка   Score                                      | 2,90±0,14       | Класс 3.1                            |

продолжительностью подготовки домашнего задания, что ограничивало длительность ночного сна и время прогулок на открытом воздухе.

С целью определения степени воздействия на состояние здоровья учащихся факторов организации учебного процесса и режима дня проведён корреляционный анализ (рис. 1). Выявлена прямая статистически значимая зависимость умственной работоспособности учащихся от уровня недельной ( $r=0,650\pm0,099$ ) и дневной ( $r=0,660\pm0,098$ ) учебной нагрузки, степени трудности предметов ( $r=0,550\pm0,109$ ), напряжённости интеллектуальных ( $r=0,830\pm0,073$ ) и сенсорных нагрузок ( $r=0,390\pm0,120$ ), занятий в спортивных секциях ( $r=0,400\pm0,119$ ), домашних заданий ( $r=0,820\pm0,075$ ) и факультативных занятий ( $r=0,730\pm0,089$ ), а также обратная зависимость от напряжённости эмоциональных нагрузок ( $r=-0,520\pm0,111$ ) и монотонности учебного труда ( $r=-0,400\pm0,119$ ). Вместе с этим установлена обратная связь индекса напряжения регуляторных систем с такими

компонентами режима дня, как ночной сон ( $r=-0,850\pm0,069$ ) и прогулки на воздухе ( $r=-0,540\pm0,110$ ), и прямая его зависимость от всех остальных показателей организации учебного процесса и режима дня.

Полученные данные свидетельствуют о том, что с увеличением объёма и напряжённости учебных нагрузок повышается активность симпатической вегетативной нервной системы, возрастает степень напряжения регуляторных систем организма учащихся, в связи с чем для восстановления адаптационных резервов и их поддержания необходимо внедрение в образовательный процесс дополнительного коррекционно-оздоровительного здоровьесберегающего компонента.

Эффективным способом повышения адаптационных возможностей, коррекции психоэмоционального состояния учащихся является метод ФБУ, в основе которого лежит принцип биологической обратной связи [10–14]. Этот принцип использует инструменты для измерения

**Таблица 2.** Характеристика режима дня учащихся  
**Table 2.** Characteristics of the daily routine of students

| Вид деятельности<br>Kind of activity                                                                                           | Рекомендуемая норма<br>длительности<br>Recommended duration | Фактическая<br>длительность, М±m<br>Actual duration, M±m | p     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------|
| Обязательные занятия в общеобразовательном учреждении, часы/день<br>Compulsory classes in an education institution (hours/day) | 5,3                                                         | 5,30±0,31                                                | 0,256 |
| Внеурочные (дополнительные) занятия, часы/неделя:<br>Additional classes (hours/week):                                          | 10,0                                                        | 13,40±1,46                                               | 0,033 |
| - факультативные занятия   extracurricular activities                                                                          |                                                             | 7,80±0,20                                                |       |
| - занятия в спортивных секциях   sports activities                                                                             |                                                             | 5,60±0,18                                                |       |
| Выполнение домашних заданий, часы/день<br>Homework (hours/day)                                                                 | 3,5                                                         | 5,80±0,42                                                | 0,041 |
| Ночной сон, часы/день   Night sleep (hours/day)                                                                                | 8,5                                                         | 6,50±0,41                                                | 0,040 |
| Пребывание на открытом воздухе, часы/день<br>Outdoor activities (hours/day)                                                    | 2,0                                                         | 0,50±0,08                                                | 0,021 |
| Личная гигиена, утренняя гимнастика,<br>приём пищи, часы/день<br>Personal hygiene, morning exercises, meals (hours/day)        | 2,0                                                         | 2,60±0,24                                                | 0,168 |

и обеспечения обратной связи (в режиме реального времени) о физиологических реакциях учащихся, чтобы помочь им научиться произвольно контролировать и изменять свои физиологические функции [15]. Основной целью биологической обратной связи с помощью диафрагмально-релаксационного дыхания является восстановление вегетативного баланса за счёт повышения амплитуды респираторной синусовой аритмии (RSA): увеличения частоты сердечных сокращений (ЧСС) во время вдоха и снижения — во время выдоха [16, 17]. RSA используется как показатель контроля блуждающего нерва сердца, который рассматривается в качестве маркера регуляции эмоций, причём более высокий тонус блуждающего нерва отражает эффективную регуляцию эмоций, а низкий тонус — дефицит регуляции эмоций [18].

Показано, что у учащихся, выполнявших ФБУ в течение двух недель (1-я группа), повысилась периферическая температура тела, RSA на фоне снижения мышечного напряжения, ЧСС и частота дыхания, в то время как у учащихся 2-й группы статистически значимо снизилась только электрическая активность мышц (табл. 3).

Анализ данных, представленных в табл. 4, свидетельствует о том, что после тренинга у учащихся 1-й группы нормализовался вегетативный баланс (это нашло отражение в данных одновременного снижения показателей парасимпатической и симпатической вегетативной нервной системы). У учащихся 2-й группы изменения показателей variability сердечного ритма имели недостоверный характер.

На фоне стабилизации вегетативного баланса выявлено повышение уровня адаптационных возможностей у учащихся 1-й группы, среди которых число обследуемых с удовлетворительной биологической адаптацией увеличилось в 15,0 раза, а со срывом адаптации — уменьшилось в 1,3 раза, в то время как уровень биологической адаптации у учащихся 2-й группы не изменился (рис. 2).

Оценка психоэмоционального состояния учащихся показала, что среди 1-й группы снизилась в 1,5 раза доля обследуемых с высоким уровнем нервно-психического напряжения, тогда как среди 2-й группы как до, так и после тренинга более половины учащихся имели выраженное непродуктивное нервно-психическое напряжение (рис. 3). Это нашло свое отражение в снижении уровня тревожности у учащихся 1-й группы в повседневной жизни в 1,2 раза, а в учебной сфере — в 1,3 раза, в связи с чем, вероятно, среди учащихся этой же группы увеличилась познавательная активность в 1,2 раза в повседневной и в учебной сфере. В свою очередь у учащихся 2-й группы балльная оценка выраженности тревожности и познавательной активности до и после ФБУ статистически значимо не изменилась (табл. 5).

Наряду с этим у учащихся 1-й группы выявлено увеличение функциональных показателей центральной нервной системы, о чем свидетельствовали данные повышения устойчивости реакции с  $1,3 \pm 0,14$  до  $1,6 \pm 0,13$  ед. ( $p=0,123$ ) и УФВ — с  $2,5 \pm 0,17$  до  $2,8 \pm 0,15$  ед. ( $p=0,192$ ) (рис. 4).

**Таблица 3.** Физиологические параметры учащихся до и после тренингов,  $M \pm m$   
**Table 3.** Physiological characteristics of students before and after trainings ( $M \pm m$ )

| Показатель<br>Variables                                                                                                    | Группы<br>учащихся<br>Student<br>groups | Период регистрации показателя<br>Indicator registration period |                        | p      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------|--------|
|                                                                                                                            |                                         | до ФБУ<br>before FBF                                           | после ФБУ<br>after FBF |        |
| Периферическая температура тела, °C<br>Peripheral body temperature (°C)                                                    | 1                                       | 26,10±0,48                                                     | 27,70±0,59             | 0,040  |
|                                                                                                                            | 2                                       | 29,90±0,39                                                     | 29,80±0,34             | 0,847  |
| Электрическая активность мышц, В<br>Electrical activity of muscles (B)                                                     | 1                                       | 5183,70±497,66                                                 | 3459,20±395,82         | 0,009  |
|                                                                                                                            | 2                                       | 3504,0±386,85                                                  | 1162,90±107,73         | <0,001 |
| Частота дыхательных движений, раз/мин<br>The frequency of respiratory movements (times/min)                                | 1                                       | 10,70±0,56                                                     | 8,60±0,64              | 0,017  |
|                                                                                                                            | 2                                       | 11,50±0,44                                                     | 10,40±0,49             | 0,101  |
| Частота сердечных сокращений в минуту<br>Heart rate (bpm)                                                                  | 1                                       | 104,10±10,12                                                   | 78,40±7,67             | 0,046  |
|                                                                                                                            | 2                                       | 96,60±8,32                                                     | 85,40±6,37             | 0,290  |
| Синусовая дыхательная аритмия, ед.<br>Sinus respiratory arrhythmia (units)                                                 | 1                                       | 26,90±0,87                                                     | 31,30±1,01             | 0,001  |
|                                                                                                                            | 2                                       | 22,90±2,30                                                     | 20,10±2,09             | 0,372  |
| Коэффициент соотношения длительности вдоха и выдоха, ед.<br>The ratio of the duration of inhalation and exhalation (units) | 1                                       | 1,20±0,12                                                      | 0,80±0,07              | 0,005  |
|                                                                                                                            | 2                                       | 1,10±0,07                                                      | 1,10±0,09              | 1,000  |

Примечание: здесь и в других таблицах ФБУ — метод функционального биоуправления.  
Note: here and in other tables, FBF — functional biofeedback training.

**Таблица 4.** Показатели вариабельности сердечного ритма учащихся до и после тренировок,  $M \pm m$ **Table 4.** Indicators of heart rate variability of students before and after trainings ( $M \pm m$ )

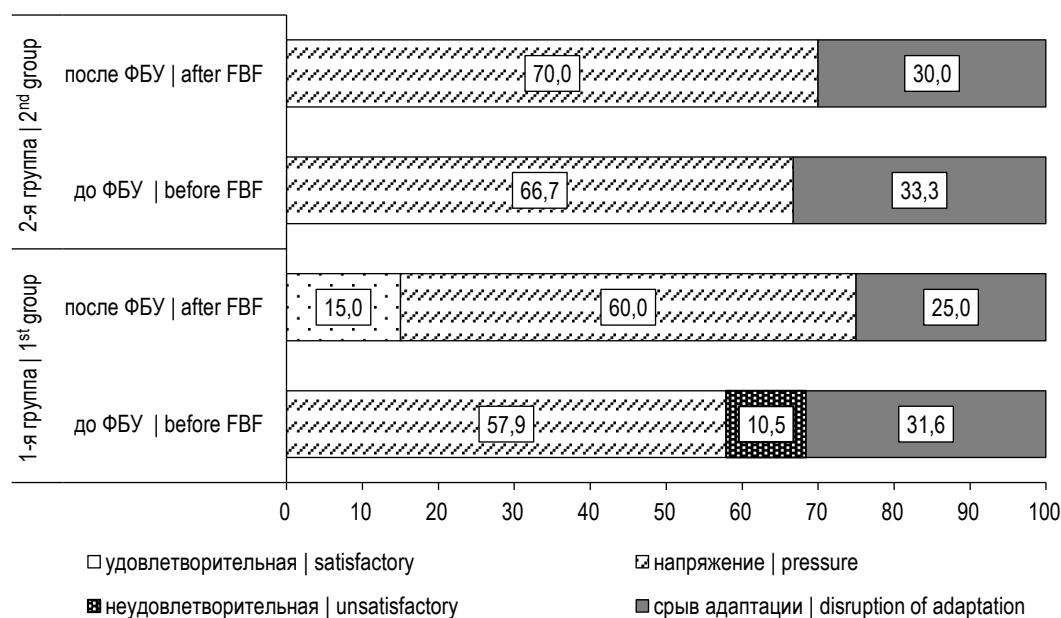
| Показатели<br>Variables                                                                                                               | Группы<br>учащихся<br>Student<br>groups | Период регистрации показателя<br>Indicator registration period |                        | p      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------|--------|
|                                                                                                                                       |                                         | до ФБУ<br>before FBF                                           | после ФБУ<br>after FBF |        |
| Частота сердечных сокращений в минуту<br>Heart rate (bpm)                                                                             | 1                                       | 102,500±5,545                                                  | 77,490±2,881           | <0,001 |
|                                                                                                                                       | 2                                       | 85,240±2,798                                                   | 80,770±2,622           | 0,249  |
| Медиана, с<br>Median (sec)                                                                                                            | 1                                       | 0,620±0,032                                                    | 0,790±0,026            | <0,001 |
|                                                                                                                                       | 2                                       | 0,710±0,021                                                    | 0,760±0,022            | 0,106  |
| Среднее квадратическое отклонение, с<br>Standard deviation of normal intervals (sec)                                                  | 1                                       | 0,110±0,014                                                    | 0,060±0,005            | 0,001  |
|                                                                                                                                       | 2                                       | 0,090±0,017                                                    | 0,006±0,004            | <0,001 |
| Мода, с<br>Mode (sec)                                                                                                                 | 1                                       | 0,630±0,045                                                    | 0,790±0,030            | 0,004  |
|                                                                                                                                       | 2                                       | 0,740±0,026                                                    | 0,760±0,027            | 0,596  |
| Амплитуда моды, %<br>Amplitude of the mode (%)                                                                                        | 1                                       | 33,500±4,207                                                   | 34,570±4,535           | 0,863  |
|                                                                                                                                       | 2                                       | 37,670±3,183                                                   | 35,0±2,001             | 0,481  |
| Вариационный размах ( $\Delta X$ ), с<br>Variational range ( $\Delta X$ , sec)                                                        | 1                                       | 0,430±0,043                                                    | 0,290±0,024            | 0,006  |
|                                                                                                                                       | 2                                       | 0,370±0,049                                                    | 0,260±0,016            | 0,038  |
| Квадратный корень из R–R-интервалов, с<br>Root mean square of successive differences between<br>adjacent beat to beat intervals (sec) | 1                                       | 0,120±0,013                                                    | 0,060±0,006            | <0,001 |
|                                                                                                                                       | 2                                       | 0,090±0,009                                                    | 0,050±0,005            | <0,001 |
| Индекс напряжения, ед.<br>Stress index (units)                                                                                        | 1                                       | 98,740±21,105                                                  | 88,910±11,250          | 0,682  |
|                                                                                                                                       | 2                                       | 105,600±17,034                                                 | 105,640±13,644         | 0,998  |
| Суммарная мощность спектра, $мс^2$<br>Total spectrum power (msec <sup>2</sup> )                                                       | 1                                       | 20880,510±5337,940                                             | 8445,630±1208,131      | 0,027  |
|                                                                                                                                       | 2                                       | 13270,0±3874,031                                               | 10394,800±1525,897     | 0,493  |
| Мощность в диапазоне очень низких частот, $мс^2$<br>Very low frequency HRV (msec <sup>2</sup> )                                       | 1                                       | 10291,850±3067,383                                             | 4255,890±979,718       | 0,067  |
|                                                                                                                                       | 2                                       | 7641,600±3115,155                                              | 6119,800±1121,114      | 0,647  |
| Мощность в диапазоне низких частот, $мс^2$<br>Low-frequency HRV (msec <sup>2</sup> )                                                  | 1                                       | 6262,780±2319,832                                              | 2663,050±478,575       | 0,135  |
|                                                                                                                                       | 2                                       | 2555,400±576,451                                               | 2249,200±447,351       | 0,676  |
| Мощность в диапазоне высоких частот, $мс^2$<br>High-frequency HRV (msec <sup>2</sup> )                                                | 1                                       | 4347,890±1134,45                                               | 1490,950±290,659       | 0,018  |
|                                                                                                                                       | 2                                       | 3073,0±852,953                                                 | 2025,800±590,552       | 0,317  |

При этом среди обследуемых 1-й группы число учащихся со сниженной работоспособностью уменьшилось в 18,2 раза, в противоположность этому среди учеников 2-й группы удельный вес числа учащихся с нормальной умственной работоспособностью после тренинга снизился в 8,3 раза (рис. 5).

Полученные данные позволили научно обосновать и разработать систему сопровождения учащихся с повышенными умственными способностями в образовательном процессе, которая состояла из трёх функциональных блоков: диагностического, здоровьесберегающего и коррекционно-оздоровительного (рис. 6). Диагностический блок организован с целью исследования психофизиологического состояния учащихся и последующего их

распределения в зависимости от полученных результатов на «группы здоровья» и «группы риска». Наличие у учащегося сниженной и существенно сниженной умственной работоспособности; неудовлетворительной биологической адаптации или её срыва; высокого уровня тревожности, негативных эмоциональных переживаний, стресса; низкой познавательной активности свидетельствует о его принадлежности к «группе риска».

Здоровьесберегающий блок включает комплекс мероприятий, направленных на сохранение и поддержание адаптационных резервов учащихся «группы здоровья». Для этого организуются ежедневные профилактические тренинги ФБУ на 3–4-й переменах в период нарастающего утомления под контролем педагогов, также обученных

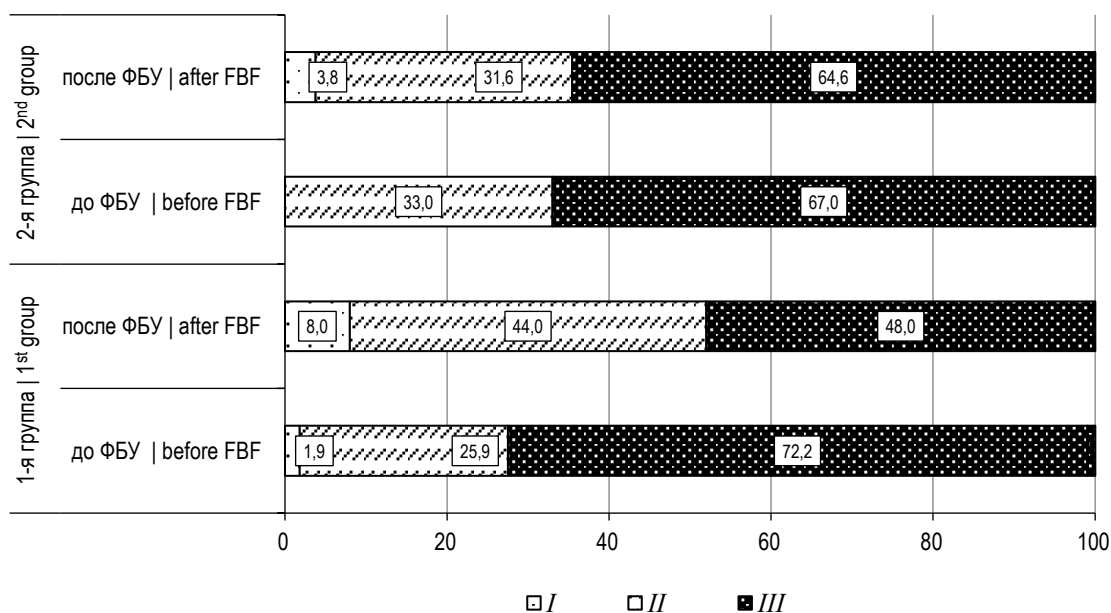


**Рис. 2.** Распределение учащихся в зависимости от биологической адаптации до и после тренировок, %.

ФБУ — метод функционального биоуправления.

**Fig. 2.** Distribution of students depending by biological adaptation before and after functional biofeedback trainings (%).

FBF is a method of functional biofeedback.



**Рис. 3.** Распределение учащихся в зависимости от соответствия суммарного отклонения аутогенной норме до и после тренировок, %.

I — состояние, характеризующееся высокой активностью и позитивным настроем на выполнение заданий; II — физиологическая норма; III — высокий уровень непродуктивной нервно-психической напряжённости. ФБУ — метод функционального биоуправления.

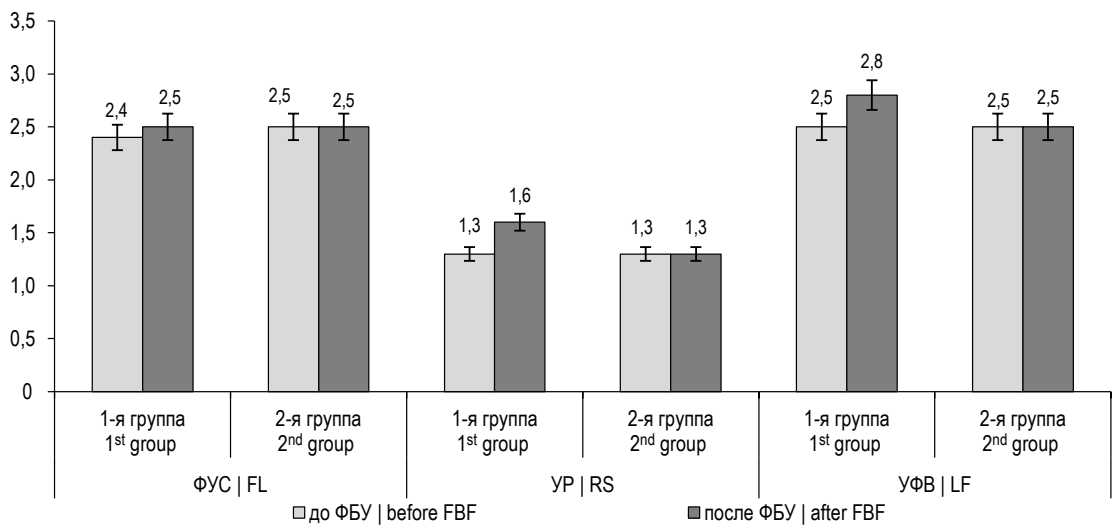
**Fig. 3.** The distribution of students by the compliance of the total deviation from the normal values before and after the functional biofeedback trainings (%).

I — a state characterized by high activity and a positive attitude to perform tasks; II — physiological norm; III — a high level of unproductive neuropsychic tension. FBF is a method of functional biofeedback.

навыку ФБУ, а каждые две недели осуществляется мониторинг эффективности проведённых тренировок путём психофизиологической диагностики. В целях сохранения здоровья осуществляются мероприятия по коррекции факторов риска, где основными направлениями служат

рациональная организация учебного процесса и режима дня учащихся с повышенными умственными способностями.

Для учащихся «группы риска» организован коррекционно-оздоровительный блок, мероприятия которого



**Рис. 4.** Показатели функционального состояния центральной нервной системы до и после тренировок, %.  
ФБУ — метод функционального биоуправления, ФУС — функциональный уровень центральной нервной системы, УР — устойчивость реакции, УФВ — уровень функциональных возможностей сформированной функциональной системы.

**Fig. 4.** Indicators of the functional state of the central nervous system before and after functional biofeedback trainings (%).  
FBF — method of functional biofeedback, FL — functional level of the nervous system, RS — reaction stability, LF — level of functionality of the formed functional system.

направлены на повышение адаптационных возможностей, нормализацию психофизиологического состояния. Коррекционная работа с учащимися проводится индивидуально специалистом, обученным ФБУ, а также совместно с учащимися «группы здоровья» на переменах под контролем учителя. Контроль эффективности тренировок осуществляется каждые две недели, и в случае положительной динамики обучающийся переводится в «группу здоровья», а при отсутствии положительной динамики снова проходит обучение по формированию навыка ФБУ и продолжает выполнение тренировок в назначенном

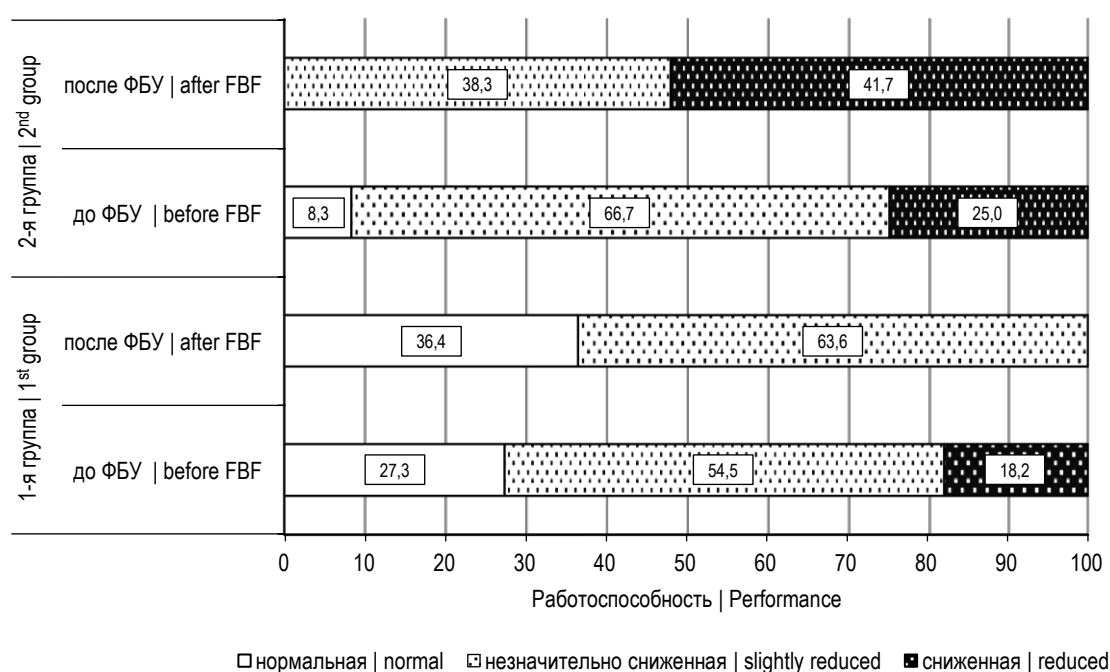
режиме. С целью максимального оздоровительного эффекта осуществляется коррекция учебного процесса и режима дня учащегося в соответствии с его состоянием здоровья.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что факторами риска для здоровья учащихся с повышенными умственными способностями являлись превышение допустимого уровня учебной нагрузки, распределение её в динамике учебного дня и недели

**Таблица 5.** Оценка уровня тревожности, познавательной активности у учащихся до и после тренировок, баллы  
**Table 5.** Anxiety and cognitive activity of students before and after trainings (points)

| Показатель<br>Variables                            | Группы<br>учащихся<br>Student<br>groups | Период регистрации показателя<br>Indicator registration period |                        | p      |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------|--------|
|                                                    |                                         | до ФБУ<br>before FBF                                           | после ФБУ<br>after FBF |        |
| Тревожность   Anxiety                              |                                         |                                                                |                        |        |
| в повседневной деятельности<br>in daily activities | 1                                       | 22,60±1,11                                                     | 19,0±1,16              | 0,029  |
|                                                    | 2                                       | 24,3±1,0                                                       | 22,80±1,17             | 0,334  |
| в учебной деятельности<br>in school activities     | 1                                       | 24,10±0,78                                                     | 18,30±0,77             | <0,001 |
|                                                    | 2                                       | 26,0±1,20                                                      | 23,50±1,27             | 0,159  |
| Познавательная активность   Cognitive activity     |                                         |                                                                |                        |        |
| в повседневной деятельности<br>in daily activities | 1                                       | 24,70±0,94                                                     | 28,40±1,07             | 0,012  |
|                                                    | 2                                       | 23,50±0,92                                                     | 24,40±1,56             | 0,621  |
| в учебной деятельности<br>in school activities     | 1                                       | 27,40±1,22                                                     | 31,10±0,75             | 0,012  |
|                                                    | 2                                       | 23,60±1,21                                                     | 24,90±1,03             | 0,417  |



**Рис. 5.** Распределение учащихся в зависимости от уровня работоспособности до и после тренировок, %.

ФБУ — метод функционального биоуправления.

**Fig. 5.** Distribution of students by the level of performance before and after functional biofeedback trainings (%).

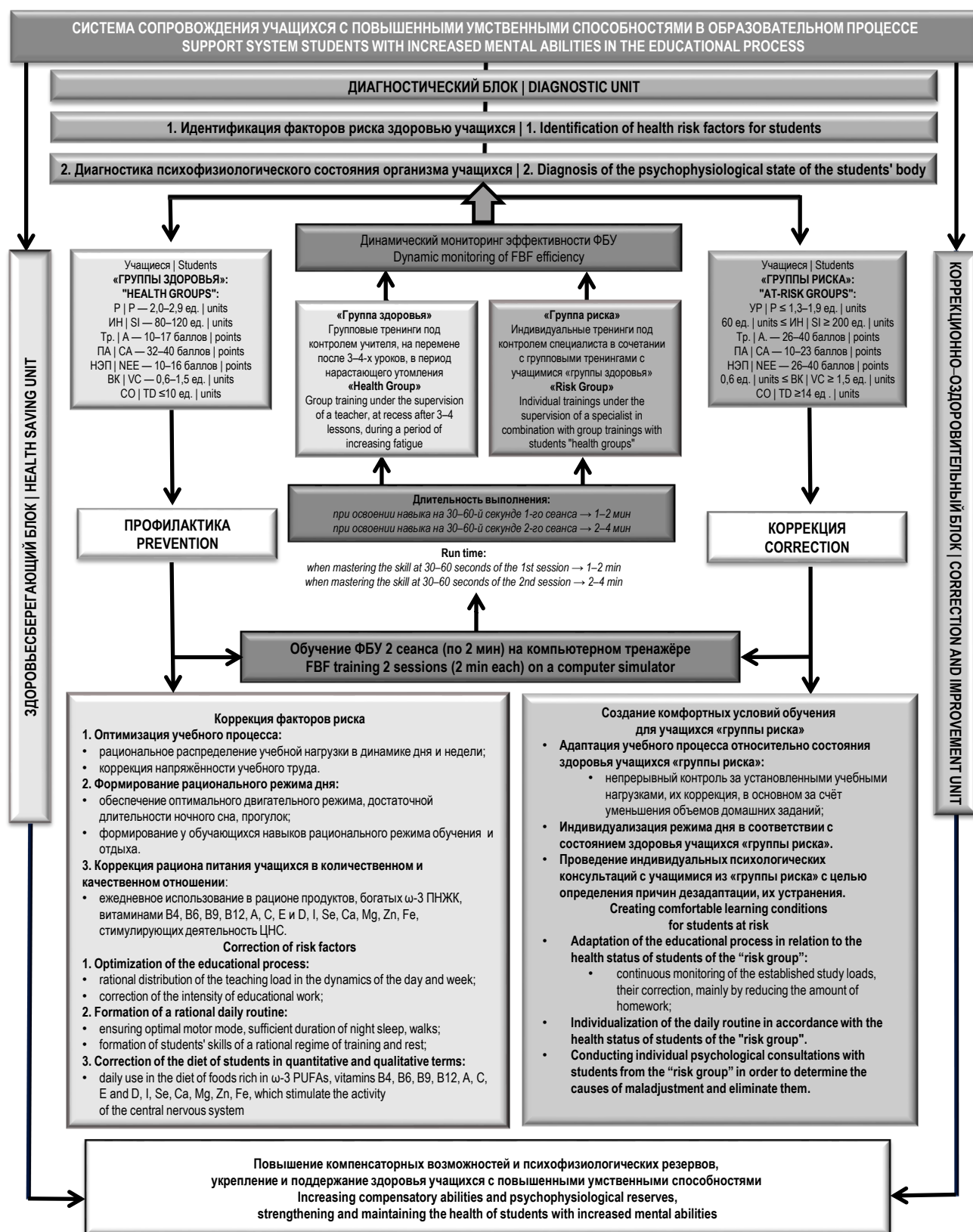
FBF — the method of functional biofeedback.

без учёта кривой работоспособности, высокая напряжённость учебного труда (класс 3.1), а также нерациональная организация режима дня. При этом доказано, что учебные нагрузки стимулировали развитие умственной работоспособности, но их повышение сопровождалось увеличением напряжения регуляторных систем организма учащихся с повышенными способностями, что определило необходимость разработки системы сопровождения обучающихся в образовательном процессе.

Данные научных исследований последних лет свидетельствуют об ухудшении состояния здоровья подрастающего поколения, снижении удельного веса числа детей и подростков с I–II группами здоровья, повышении острой и хронической заболеваемости [19–21]. Учитывая тот факт, что дети и подростки проводят большую часть своего времени в общеобразовательной организации, многочисленные программы профилактики нарушений состояния здоровья учащихся должны быть направлены в первую очередь на оптимизацию факторов образовательной среды и улучшение организации учебного процесса. Анализ научной литературы показал, что в настоящее время разработанные различными авторами модели сопровождения одарённых школьников в образовательном процессе включают в основном психолого-педагогический компонент, направленный на создание психолого-педагогических условий, которые необходимы для гармоничного нервно-психического развития каждого обучающегося [22–29]. Слабым звеном, по нашему мнению, в большинстве существующих моделей сопровождения

одарённых детей и подростков является отсутствие медицинского компонента, позволяющего учесть в полной мере факторы риска, характерные для обучения учащихся с повышенными умственными способностями, и решить проблему ухудшения физического и психического здоровья высоко мотивированных учеников. В разработке системы сопровождения учащихся с повышенными способностями, впрочем, как и других обучающихся, должен участвовать школьный врач, а основной акцент должен быть направлен на профилактику донозологических отклонений в состоянии соматического и психического здоровья учащихся и своевременную их коррекцию.

Разработанная нами система сопровождения учащихся с повышенными умственными способностями предусматривает скрининг-диагностику донозологического состояния учащихся с последующим формированием «групп здоровья» и «групп риска». Для учащихся каждой группы предложен комплекс физиолого-гигиенических мероприятий, осуществляющихся с учётом их состояния здоровья. Обучение учащихся методам произвольного управления и контроля своих физиологических функций позволяет восстановить резервные возможности и повысить когнитивные функции и умственную работоспособность в целом, в том числе за счёт коррекции нервно-психического состояния, что особенно актуально для обучающихся в условиях высокой эмоциональной напряжённости и постоянного дефицита времени. Исследования свидетельствуют о том, что стресс не только влияет на физическое и психическое благополучие, но и может



**Рис. 6.** Система сопровождения учащихся с повышенными способностями в образовательном процессе.

P — работоспособность; ИН — индекс напряжения; Тр. — Тревожность; ПА — познавательная активность; НЭП — негативные эмоциональные переживания; БК — вегетативный коэффициент; СО — суммарное отклонение от аутогенной нормы; ФБУ — метод функционального биоуправления.

**Fig. 6.** The system of following-up students with enhanced abilities in the educational process.

P — performance; SI — stress index; A — anxiety; CA — cognitive activity; NEE — negative emotional experiences; VC — vegetative coefficient; TD — total deviation from the autogenous norm; FBF — the method of functional biofeedback.

ухудшить аспекты принятия решений, которые имеют решающее значение в период проведения контрольных работ и экзаменов [30]. При высоком уровне возбуждения процесс принятия решений становится более импульсивным и менее целенаправленным, что связано с нарушением контроля со стороны префронтальных областей мозга в условиях стресса [30]. В связи с этим крайне важным становится обучение учащихся с повышенными умственными способностями навыкам произвольного управления стрессом во время учебной деятельности, и особенно в период проведения экзаменов.

Учитывая тот факт, что выборка учащихся с повышенными умственными способностями в настоящем исследовании охватывает только одарённых детей Оренбуржья, полученные результаты требуют верификации на выборках обучающихся образовательных учреждений других регионов Российской Федерации, а также увеличения периода наблюдения за изменениями психофизиологических показателей после проведённых тренингов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научно обоснована и разработана система сопровождения учащихся с повышенными умственными способностями в образовательном процессе, реализация которой предполагает проведение скрининг-диагностики психофизиологического состояния обучающихся, формирование «группы риска» и «группы

здоровья», организацию для них комплекса коррекционно-оздоровительных и здоровьесберегающих мероприятий, направленных на повышение компенсаторных возможностей и психофизиологических резервов, укрепление и поддержание здоровья учащихся в процессе обучения.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

**Вклад авторов:** А.Г. Сетко — концепция и дизайн исследования, редактирование статьи; О.М. Жданова — написание текста, сбор и обработка материала, статистическая обработка. Оба соавтора приняли участие в утверждении окончательного варианта текста и несут ответственность за целостность всех частей статьи. Оба соавтора подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE.

**Authors' contribution:** A.G. Setko — concept and design, editing of the manuscript; O.M. Zhdanov — drafting the manuscript, data collection, data processing and statistical analysis. Both authors approved the final version of the manuscript and are responsible for the paper's integrity. Both authors confirm that their authorship complies with the ICMJE guidelines.

**Источник финансирования.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Funding sources.** The study had no sponsorship.

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

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузьмин Я.И., Фрумин И.Д. Российское образование: достижения, вызовы, перспективы. Москва : Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Институт образования, 2019.
2. Параничева Т.М., Макарова Л.В., Лукьянец Г.Н., и др. Учебная, внеучебная и общая нагрузка, режим дня старшеклассников при интеллектуальных нагрузках повышенной интенсивности // Новые исследования. 2016. № 4. С. 71–84.
3. Сетко А.Г., Жданова О.М., Лукьянов П.В. Особенности физиологических реакций на учебную нагрузку организма учеников с различными умственными способностями // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101, № 2. С. 211–217. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-2-211-217
4. Каркашадзе Г.А., Намазова-Баранова Л.С., Захарова И.Н., и др. Синдром высоких учебных нагрузок у детей школьного и подросткового возраста // Педиатрическая фармакология. 2017. Т. 14, № 1. С. 7–23. doi: 10.15690/pf.v14i1.1697
5. Сетко А.Г., Булычева Е.В., Жданова О.М. Особенности функционирования центральной нервной и дыхательной систем старшеклассников, обучающихся в условиях высокой напряженности учебного труда // Наука и инновации в медицине. 2021. Т. 6, № 2. С. 37–42. doi: 10.35693/2500-1388-2021-6-2-37-42
6. Сетко Н.П., Жданова О.М., Сетко А.Г. Донозологическая оценка здоровья одаренных подростков в условиях воздействия факторов образовательного процесса // Здоровье населения и среда обитания — ЗНСО. 2020. № 11. С. 41–48. doi: 10.35627/2219-5238/2020-332-11-41-48
7. Кучма В.Р., Ткачук Е.А., Ефимова Н.В., и др. Федеральные рекомендации «Гигиеническая оценка напряженности учебной деятельности обучающихся». Утверждены Профильной комиссией Минздрава России по школьной медицине, гигиене детей и подростков 14 февраля 2015 г., протокол № 4.
8. Мороз М.П. Экспресс-диагностика работоспособности и функционального состояния человека. Санкт-Петербург : ИМАТОН, 2007. 25 с.
9. Игишева Л.Н., Галеев А.Р. Комплекс ORTO-expert как компонент здоровьесберегающих технологий в образовательных учреждениях. Кемерово : НПП «Живые системы», 2003. 36 с.
10. Weerdmeester J., van Rooij M.J.W., Engels R.C., Granic I. An integrative model for the effectiveness of biofeedback interventions for anxiety regulation: viewpoint // J Med Internet Res. 2020. Vol. 22, N 7. P. e14958. doi: 10.2196/14958
11. Lehrer P.M., Gevirtz R. Heart rate variability biofeedback: how and why does it work? // Front Psychol. 2014. N 5. P. 756. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00756
12. Khng K.H. A better state-of-mind: deep breathing reduces state anxiety and enhances test performance through regulating test cognitions in children // Cogn Emot. 2017. Vol. 31, N 7. P. 1502–1510. doi: 10.1080/02699931.2016.1233095

13. Goldin P.R., Gross J.J. Effects of mindfulness-based stress reduction (MBSR) on emotion regulation in social anxiety disorder // *Emotion*. 2010. Vol. 10, N 1. P. 83–91. doi: 10.1037/a0018441
14. Chen Y.F., Huang X.Y., Chien C.H., Cheng J.F. The effectiveness of diaphragmatic breathing relaxation training for reducing anxiety // *Perspect Psychiatr Care*. 2017. Vol. 53, N 4. P. 329–336. doi: 10.1111/ppc.12184
15. Russo M.A., Santarelli D.M., O'Rourke D. The physiological effects of slow breathing in the healthy human // *Breathe (Sheff)*. 2017. Vol. 13, N 4. P. 298–309. doi: 10.1183/20734735.009817
16. Zou L., Sasaki J.E., Wei G.X., et al. Effects of mind-body exercises (tai chi/yoga) on heart rate variability parameters and perceived stress: a systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials // *J Clin Med*. 2018. Vol. 7, N 11. P. 404. doi: 10.3390/jcm7110404
17. Martarelli D., Cocchioni M., Scuri S., Pompei P. Diaphragmatic breathing reduces exercise-induced oxidative stress // *Evid Based Complement Alternat Med*. 2011. Vol. 2011. P. 932430. doi: 10.1093/ecam/nep169
18. Hamaishi H. Effects of diaphragmatic breathing on health: a narrative review // *Medicines (Basel)*. 2020. Vol. 7, N 10. P. 65. doi: 10.3390/medicines7100065
19. Поленова М.А. Информационно-образовательные нагрузки как фактор риска здоровью школьников // *Здоровье населения и среда обитания* — ЗНКО. 2015. № 10. С. 20–22.
20. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Лужецкий К.П., и др. Риск-ассоциированные нарушения здоровья учащихся начальных классов школьных образовательных организаций с повышенным уровнем интенсивности и напряженности учебно-воспитательного процесса // *Анализ риска здоровью*. 2017. № 1. С. 66–83. doi: 10.21668/health.risk/2017.1.08
21. Кучма В.Р., Фисенко А.П. Основные мероприятия десятилетия детства (2018–2027 гг.) в сфере укрепления здоровья детей России. В кн.: *Современная модель медицинского обеспечения детей в образовательных организациях: сборник статей VI Национального конгресса по школьной и университетской медицине с международным участием*. Екатеринбург : Издательство УГМУ, 2018. Выпуск 6. С. 238.
22. Райзвих Е.Г. Психолого-педагогическое сопровождение одаренных учащихся подросткового возраста в современном образовательном процессе. В кн.: *Актуальные ориентиры профилактики социальных отклонений молодежи: сборник трудов кафедры социальной педагогики и психологии*. 2018. С. 248–253.
23. Шабакина М.А. Социально-педагогическое сопровождение одаренных учащихся в образовательном процессе. В кн.: *Проблемы и перспективы развития образования: сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) / под ред. Ахметшиной И.А., Измайловой Р.Г., Лосевой А.А.* 2018. С. 96–100.
24. Карпович Е.П., Чепуленок О.Г. Сопровождение интеллектуально одаренных учащихся (из опыта работы). В кн.: *Психолого-педагогическое сопровождение одаренности: материалы республиканской научно-практической конференции*. Витебск, 10 апреля 2014 г. Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2014. С. 84–87.
25. Сурикова Я.А. К вопросу о системе психолого-педагогического сопровождения способных и одаренных учащихся в среднем общеобразовательном учреждении. В кн.: *Международная научно-практическая конференция «Проблемы современного образования»; Сентябрь 5–6, 2010; Пенза–Ереван–Прага. Пенза–Ереван–Прага : ООО Научно-издательский центр «Социосфера», 2010. С. 437–445.*
26. Говорухина Л.В. Создание системы педагогического сопровождения проектной деятельности одаренных учащихся в рамках реализации ФГОС // *Преемственность в образовании*. 2018. № 20. С. 16–26. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42340643>
27. Сыромятникова А.В. Психолого-педагогическое сопровождение интеллектуально одаренных учащихся. В кн.: *Образование и педагогика: теория и практика: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции; 4 декабря 2020 г., Чебоксары. Чебоксары : Издательский дом «Среда», 2020. С. 235–237.*
28. Романько Э.Н. Психолого-педагогическое сопровождение одаренных учащихся в многопрофильной школе // *Отечественная и зарубежная педагогика*. 2012. № 6. С. 72–78.
29. Андреева Н.Ю., Трусова Н.В. Современные представления о сопровождении одаренных учащихся // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 3. С. 196. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20909180>
30. Arsenio W.F., Loria S. Coping with negative emotions: connections with adolescents' academic performance and stress // *J Genet Psychol*. 2014. Vol. 175, N 1-2. P. 76–90. doi: 10.1080/00221325.2013.806293

## REFERENCES

1. Kuz'min J.I., Frumin I.D. *Rossiyskoe obrazovanie: dostizheniya, vyzovy, perspektivy*. Moscow: Nacional'nyj issledovatel'skij universitet «Vysshaja shkola jekonomiki», Institut obrazovaniya; 2019. 432 p. (In Russ).
2. Parancheva T.M., Makarova L.V., Luk'janec G.N., et al. Uchebnaja, vneuchebnaja i obshhaja nagruzka, rezhim dnja starsheklassnikov pri intellektual'nyh nagruzkah povyshennoj intensivnosti. *New study*. 2016;(4):71–84. (In Russ).
3. Setko A.G., Zhdanova O.M., Lukyanov P.V. Features of physiological reactions to the learning load on students with different mental abilities. *Hygiene and sanitation, Russian journal*. 2022;101(2):211–217. (In Russ). doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-2-211-217
4. Karkashadze G.A., Namazova-Baranova L.S., Zakharova I.N., et al. Syndrome of high academic loads in school-aged children and adolescents. *Pediatric pharmacology*. 2017;14(1):7–23. (In Russ). doi: 10.15690/pf.v14i1.1697
5. Setko A.G., Bulychева E.V., Zhdanova O.M. Central nervous system and respiratory system functioning in pupils of higher secondary school preconditioned by intensive educational process. *Science & innovations in medicine*. 2021;6(2):37–42. (In Russ). doi: 10.35693/2500-1388-2021-6-2-37-42
6. Setko N.P., Zhdanova O.M., Setko A.G. Prenatal health assessment in gifted adolescents affected by educational process factors. *Public health and life environment — PH&LE*. 2020;(11):41–48. (In Russ). doi: 10.35627/2219-5238/2020-332-11-41-48

7. Kuchma VR, Tkachuk EA, Efimova NV, i dr. *Federal'nye rekomendacii «Gigienicheskaja ocenka naprjazhennosti uchebnoj dejatel'nosti obuchajushhhsja»*. Utverzhdeny Profil'noj komissiej Minzdrava Rossii po shkol'noj medicine, gigiene detej i podrostkov 14 fevralja 2015 g., protokol № 4. (In Russ).
8. Moroz MP. *Jekspress-diagnostika rabotosposobnosti i funkcional'nogo sostojanija cheloveka*. Saint Petersburg: IMATON; 2007. 25 p. (In Russ).
9. Igisheva LN, Galeev AR. *Kompleks ORTO-expert kak komponent zdorov'esberegajushhih tehnologij v obrazovatel'nyh uchrezhdenijah*. Kemerovo: NPP «Zhivye sistemy; 2003. 36 p. (In Russ).
10. Weerdmeester J, van Rooij MM, Engels RC, Granic I. An integrative model for the effectiveness of biofeedback interventions for anxiety regulation: viewpoint. *J Med Internet Res*. 2020;22(7):e14958. doi: 10.2196/14958
11. Lehrer PM, Gevirtz R. Heart rate variability biofeedback: how and why does it work? *Front Psychol*. 2014;(5):756. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00756
12. Khng KH. A better state-of-mind: deep breathing reduces state anxiety and enhances test performance through regulating test cognitions in children. *Cogn Emot*. 2017;31(7):1502–1510. doi: 10.1080/02699931.2016.1233095
13. Goldin PR, Gross JJ. Effects of mindfulness-based stress reduction (MBSR) on emotion regulation in social anxiety disorder. *Emotion*. 2010;10(1):83–91. doi: 10.1037/a0018441
14. Chen YF, Huang XY, Chien CH, Cheng JF. The effectiveness of diaphragmatic breathing relaxation training for reducing anxiety. *Perspect Psychiatr Care*. 2017;53(4):329–336. doi: 10.1111/ppc.12184
15. Russo MA, Santarelli DM, O'Rourke D. The physiological effects of slow breathing in the healthy human. *Breathe (Sheff)*. 2017;13(4):298–309. doi: 10.1183/20734735.009817
16. Zou L, Sasaki JE, Wei GX, et al. Effects of mind-body exercises (tai chi/yoga) on heart rate variability parameters and perceived stress: a systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials. *J Clin Med*. 2018;7(11):404. doi: 10.3390/jcm7110404
17. Martarelli D, Cocchioni M, Scuri S, Pompei P. Diaphragmatic breathing reduces exercise-induced oxidative stress. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2011;2011:932430. doi: 10.1093/ecam/nep169
18. Hamasaki H. Effects of diaphragmatic breathing on health: a narrative review. *Medicines (Basel)*. 2020;7(10):65. doi: 10.3390/medicines7100065
19. Polenova MA. Informational and educational loads as a risk factor to schoolchildren's health. *Public health and life environment — PH&LE*. 2015;(10):20–22. (In Russ).
20. Zaitseva NV, Ustinova OYu, Luzhetskiy KP, et al. Risk-associated health disorders occurring in junior schoolchildren who attend schools with higher stress and intensity of educational process. *Health risk analysis*. 2017;(1):62–80. (In Russ). doi: 10.21668/health.risk/2017.1.08
21. Kuchma VR, Fisenko AP. Osnovnye meroprijatija desjatiletija detstva (2018–2027 gg.) v sfere ukreplenija zdorov'ja detej Rossii. In: *Sovremennaja model' medicinskogo obespechenija detej v obrazovatel'nyh organizacijah: sbornik statej VI Nacional'nogo kongressa po shkol'noj i universitetskoj medicine s mezhdunarodnym uchastiem*. Ekaterinburg: Izdatel'stvo UGMU; 2018. Issue 6. P. 238. (In Russ).
22. Rajzvi EG. Psihologo-pedagogicheskoe soprovozhdenie odarenyh uchashhihsja podrostkovogo vozrasta v sovremennom obrazovatel'nom processe. In: *Aktual'nye orientiry profilaktiki social'nyh otklonenij molodezhi: sbornik trudov kafedry social'noj pedagogiki i psihologii*. 2018. P. 248–253. (In Russ).
23. Shabakina MA. Social'no-pedagogicheskoe soprovozhdenie odarenyh uchashhihsja v obrazovatel'nom processe. In: Ahmetshina IA, Izmajlova RG, Loseva AA, editors. *Problemy i perspektivy razvitiya obrazovanija. Sbornik statej III Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (s mezhdunarodnym uchastiem)*. 2018. P. 96–100. (In Russ).
24. Karpovich EP, Chepulenok OG. Soprovozhdenie intellektual'no odarenyh uchashhihsja (iz opyta raboty). In: Prishhep IM, editor. *Psihologo-pedagogicheskoe soprovozhdenie odarenosti. Materialy respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. 2014 Apr 10, Vitebsk; Vitebsk: VGU imeni P.M. Masherova; 2014. P. 84–87. (In Russ).
25. Surikova JaA. K voprosu o sisteme psihologo-pedagogicheskogo soprovozhdenija sposobnyh i odarenyh uchashhihsja v srednem obshheobrazovatel'nom uchrezhdenii. In: *Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija "Problemy sovremennogo obrazovanija"*; 2010 Sept 5–6; Penza–Erevan–Praga. Penza–Erevan–Praga: Nauchno-izdatel'skij centr "Sociosfera"; 2010. P. 437–445. (In Russ).
26. Govoruhina LV. Sozdanie sistemy pedagogicheskogo soprovozhdenija proektnoj dejatel'nosti odarenyh uchashhihsja v ramkah realizacii FGOS. *Preemstvennost' v obrazovanii*. 2018;20:16–26. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42340643> (In Russ).
27. Syromjatnikova AV. Psihologo-pedagogicheskoe soprovozhdenie intellektual'no odarenyh uchashhihsja. In: *Obrazovanie i pedagogika: teorija i praktika. sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*; 2020 Dec 4; Cheboksary. Cheboksary: Izdatel'skij dom «Sreda»; 2020. P. 235–237. (In Russ).
28. Romanko EN. Psychological and pedagogical maintenance of gifted pupils in a multi-profile school. *Otechestvennaja i zarubezhnaja pedagogika*. 2012;(6):72–78.
29. Andreeva NYu, Trusova NV. Modern notions of maintenance of gifted students. *Modern problems of science and education*. 2013;(3):196. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20909180> (In Russ).
30. Arsenio WF, Loria S. Coping with negative emotions: connections with adolescents' academic performance and stress. *J Genet Psychol*. 2014;175(1-2):76–90. doi: 10.1080/00221325.2013.806293

## ОБ АВТОРАХ

\* **Жданова Олеся Михайловна**, аспирант;  
адрес: Россия, 460000, Оренбург, ул. Советская, д. 6;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4694-0674>;  
eLibrary SPIN: 3353-8275; e-mail: robokors@yandex.ru

**Сетко Андрей Геннадьевич**, д.м.н., профессор;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6887-6776>;  
eLibrary SPIN: 1396-8482; e-mail: a\_isetko@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

## AUTHORS' INFO

\* **Olesya M. Zhdanova**, PhD student;  
address: 6 Sovetskaja street, 460000 Orenburg, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4694-0674>;  
eLibrary SPIN: 3353-8275; e-mail: robokors@yandex.ru

**Andrei G. Setko**, Dr. Sci. (Med.), professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6887-6776>;  
eLibrary SPIN: 1396-8482; e-mail: a\_isetko@mail.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco120042>

# Изменение концентраций мозгового натрийуретического пептида (Nt-pro-BNP) в крови в регуляции гемодинамических реакций у практически здоровых людей, проживающих в Арктике

Л.К. Добродеева, А.В. Самодова, С.Н. Балашова, К.О. Пашинская

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Введение.** Концентрации мозгового натрийуретического пептида (Nt-pro-BNP) в крови у практически здоровых ниже, чем у больных с ишемической болезнью сердца и гипертензией, они нарастают с возрастом. У жителей Арктики эти концентрации выше, чем у лиц, проживающих на северных территориях.

**Цель.** Изучение роли изменения концентраций Nt-pro-BNP в крови в регуляции гемодинамических реакций у практически здоровых взрослых людей, проживающих и работающих в Арктике.

**Материалы и методы.** Обследовано 111 практически здоровых лиц (66 женщин и 45 мужчин в возрасте 46–55 лет), проживающих и работающих на полуострове Шпицберген, а также в Мурманской области. В группу сравнения включены 118 практически здоровых людей (59 женщин и 59 мужчин 46–55 лет), родившихся и проживающих в Архангельской области. Изучены гемограмма периферической венозной крови, содержание лимфоцитов с фенотипами CD3+, CD4+, CD8+, CD10+, CD16+, CD19+, CD23+, CD25+, CD71+ методами непрямой иммунопероксидазной реакции и проточной цитометрии; концентрации Nt-pro-BNP, эндотелина-1, общего NO, эндогенного NO<sub>2</sub>, нитрата NO<sub>3</sub>, кортизола, норадреналина, адреналина — с помощью иммуноферментного анализа. Результаты представлены в виде средней арифметической величины и ошибки средней ( $M \pm m$ ). Для сравнения между группами использовали независимый выборочный t-критерий или непараметрический U-критерий Манна–Уитни в зависимости от распределения.

**Результаты.** У лиц, проживающих в условиях Арктики и территорий, приравненных к районам Крайнего Севера, выше содержание в венозной периферической крови Nt-pro-BNP. Повышенные концентрации данного пептида в крови наиболее выражены у взрослых жителей Арктики и ассоциированы с одновременно более высокими уровнями норадреналина и кортизола на фоне менее выраженных концентраций адреналина и эндотелина-1, а также перераспределения лимфоцитов и моноцитов из циркулирующего пула в маргинальный.

**Заключение.** Влияние Nt-pro-BNP ассоциировано с одновременной активизацией секреции норадреналина и кортизола и составляет риск нарушения механизмов поддержания осмолярности внутренней среды организма в очень узком диапазоне.

**Ключевые слова:** мозговой натрийуретический пептид; Nt-pro-BNP; эндотелин-1; адреналин; норадреналин; кортизол; жители Арктики.

## Как цитировать:

Добродеева Л.К., Самодова А.В., Балашова С.Н., Пашинская К.О. Изменение концентраций мозгового натрийуретического пептида (Nt-pro-BNP) в крови в регуляции гемодинамических реакций у практически здоровых людей, проживающих в Арктике // Экология человека. 2023. Т. 30, № 2. С. 117–127. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco120042>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco120042>

# Blood concentrations of brain natriuretic peptide (Nt-pro-BNP) and the regulation of hemodynamic reactions in healthy adult Arctic residents

Liliya K. Dobrodeeva, Anna V. Samodova, Svetlana N. Balashova, Ksenia O. Pashinskaya

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

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** In previous studies, we have observed that the levels of Nt-pro-BNP in healthy individuals are lower than among patients with coronary heart disease and hypertension. Additionally, Nt-pro-BNP concentration increases with age. Interestingly, Arctic residents have higher levels of Nt-pro-BNP compared to those living in other northern territories.

**AIM:** To study the role of Nt-pro-BNP in the regulation of hemodynamic reactions in adults residing in the Arctic.

**MATERIALS AND METHODS:** In total, 111 healthy adults (66 women and 45 men) aged 46–55 years living and working on Svalbard, and in the Murmansk region comprised the study group. The comparison group included 118 healthy adults of the same age from the Arkhangelsk region (59 women and 59 men). Peripheral venous blood samples were taken. Hemogram and concentrations of CD3+, CD4+, CD8+, CD10+, CD16+, CD19+, CD23+, CD25+, CD71+ lymphocytes were studied by an indirect immunoperoxidase reaction and a flow cytometry. Blood concentrations of Nt-pro-BNP, endothelin-1, total NO, endogenous NO<sub>2</sub>, nitrate NO<sub>3</sub>, cortisol, norepinephrine, epinephrine were assessed using enzyme immunoassay. Data were presented as means and standard errors of the mean ( $M \pm m$ ). Depending on the distribution, unpaired t-tests or Mann–Whitney U-tests were used for all comparisons.

**RESULTS:** Blood concentration of Nt-pro-BNP was higher in the Arctic residents compared with those living in Arkhangelsk. Elevated concentrations of Nt-pro-BNP in the Arctic residents were associated with higher levels of norepinephrine and cortisol and lower concentrations of epinephrine and endothelin-1. Moreover, we observed a re-distribution of lymphocytes and monocytes from the circulating to the marginal pool. These features of the hemodynamic reaction were more pronounced among the Arctic residents and among women in all settings.

**CONCLUSION:** The effect of natriuretic peptide is associated with simultaneous activation of the concurrent activation of norepinephrine and cortisol secretion, which poses a risk of disrupting the body's mechanisms for maintaining a narrow range of osmolarity in the internal environment.

**Keywords:** brain natriuretic peptide; Nt-pro-BNP; endothelin-1; adrenaline; norepinephrine; cortisol; Arctic residents.

## To cite this article:

Dobrodeeva LK, Samodova AV, Balashova SN, Pashinskaya KO. Blood concentrations of brain natriuretic peptide (Nt-pro-BNP) and the regulation of hemodynamic reactions in healthy adult Arctic residents. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(2):117–127.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco120042>

Received: 29.12.2022

Accepted: 22.02.2023

Published online: 13.03.2023

## ВВЕДЕНИЕ

В многочисленных исследованиях доказана взаимосвязь содержания в крови мозгового натрийуретического пептида (brain natriuretic peptide — BNP) и проблем сердечно-сосудистой недостаточности [1–6]. Повышение содержания в крови Nt-pro-BNP ассоциируют с увеличением напряжения стенки и конечного диастолического давления левого желудочка; кроме того, повышение концентрации его в крови является критерием появления первых признаков раннего ремоделирования левого желудочка [4–6]. Ранее нами было установлено, что концентрации Nt-pro-BNP в крови у практически здоровых ниже, чем у больных ишемической болезнью сердца и гипертензией, они нарастают с возрастом. У жителей Арктики данные концентрации выше, чем у лиц, проживающих на северных территориях, приравненных к районам Крайнего Севера [7]. Повышенные концентрации Nt-pro-BNP в крови (более 200 фмоль/мл) ассоциированы с увеличением концентраций провоспалительных цитокинов. Представляло интерес изучить (в зависимости от концентраций Nt-pro-BNP в периферической венозной крови) содержание иммунокомпетентных клеток, цитокинов, вазомоторных аминов у практически здоровых людей, проживающих и работающих в Арктике.

**Цель исследования.** Изучение роли изменения концентраций Nt-pro-BNP в крови в регуляции гемодинамических реакций у практически здоровых взрослых людей, проживающих и работающих в Арктике.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для решения этих вопросов проведено сравнительное изучение концентраций биологически активных компонентов сыворотки крови, участвующих в регуляции сосудистого тонуса, у лиц с повышенными и физиологическими концентрациями в крови Nt-pro-BNP. Обследовали 111 взрослых (46–55 лет) практически здоровых лиц, проживающих и работающих на полуострове Шпицберген, а также в поселках Ревда и Ловозеро Мурманской области, в том числе 66 женщин и 45 мужчин. В группу сравнения включены 118 взрослых практически здоровых людей, родившихся и проживающих в Приморском районе Архангельской области, 59 женщин и 59 мужчин 46–55 лет. Обследование проводили в июне и июле 2017–2021 гг., в утренние часы (8:00–10:00) с согласия волонтеров и в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации об этических принципах проведения медицинских исследований (2013). Исследования одобрены и утверждены комиссией по биомедицинской этике при Федеральном исследовательском центре комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук (протокол № 8 от 30.03.2022).

Содержание в крови BNP определяли по его N-концевому фрагменту (Nt-pro-BNP), который имеет большой период полувыведения и не подвергается действию эндопептидаз [8]. Использовали иммуноферментный метод определения содержания BNP с помощью реактивов производства Biomedica (Австрия) на автоматическом иммуноферментном анализаторе Evolis (Bio-Rad, Германия).

Комплекс иммунологического обследования включал изучение гемограммы в мазках крови, окрашенных по методу Романовского–Гимзе, определение содержания в крови фенотипов лимфоцитов (CD3+, CD4+, CD8+, CD10+, CD16+, CD19+, CD23+, CD25+, CD71+) методом непрямой иммунопероксидазной реакции с использованием моноклональных антител («Сорбент», Россия) и методом проточной цитометрии с помощью аппарата Epics XL (Beckman Coulter, США) с использованием реактивов компании Beckman Coulter Immunotech (Франция).

В сыворотке крови методом иммуноферментного анализа на автоматическом иммуноферментном анализаторе Evolis (Bio-Rad, Германия) с соответствующими реактивами изучали концентрации эндотелина-1, общего NO, эндогенного NO<sub>2</sub>, нитрата (NO<sub>3</sub>) (R&D Systems, США), кортизола, норадреналина, адреналина (Bender MedSystems GmbH, Австрия).

**Статистический анализ** результатов исследования проводили с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2010 и Statistica 7.0 (StatSoft Inc., США). Проверку законов распределения значений иммунологических показателей выполняли с использованием статистического критерия Пирсона. Проверку нулевой гипотезы о равенстве всех средних в исследуемых группах осуществляли с применением однофакторного дисперсионного анализа. В условиях неподчинения данных закону нормального распределения сравнение двух разных групп по количественным признакам проводили с использованием непараметрического критерия Манна–Уитни. По каждому из перечисленных показателей рассчитаны параметры описательной статистики (M — среднее арифметическое значение,  $\sigma$  — стандартное отклонение, m — стандартная ошибка среднего, Md — медиана, R — размах, W — коэффициент вариации, границы 95% доверительного интервала). Критическим уровнем значимости ( $p$ ) считали 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В табл. 1 представлены средние данные изучаемых в работе параметров у практически здоровых взрослых женщин и мужчин, проживающих в Арктике и на территории, приравненной к районам Крайнего Севера. Как видно из представленных данных, при повышении концентрации в крови Nt-pro-BNP ниже содержание циркулирующих лейкоцитов, преимущественно за счёт нейтрофильных гранулоцитов моноцитов ( $p < 0,01$ ). Можно с очевидностью

**Таблица 1.** Содержание в периферической крови иммунокомпетентных клеток и цитокинов в зависимости от места жительства у практически здоровых на момент обследования лиц, М±m

**Table 1.** Levels of immunocompetent cells and cytokines in peripheral blood across the settings, in healthy individuals at the time of examination (M±m)

| Изучаемые параметры   Parameters                                          | Женщины   Women (n=125) |                         | Мужчины   Men (n=104) |                         |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
|                                                                           | Север   North (n=59)    | Арктика   Arctic (n=66) | Север   North (n=59)  | Арктика   Arctic (n=45) |
| Nt-pro-BNP, фмоль/мл   Nt-pro-BNP, fmol/ml                                | 72,65±15,23             | 228,54±29,86***         | 76,57±18,33           | 198,42±22,71***         |
| Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> кл./л   Leukocytes, 10 <sup>9</sup> cells/l    | 8,17±0,56               | 6,25±0,64**             | 8,11±0,81             | 6,24±0,72**             |
| Нейтрофилы, 10 <sup>9</sup> кл./л   Neutrophils, 10 <sup>9</sup> cells/l  | 5,06±0,41               | 3,43±0,43**             | 4,57±0,47             | 3,53±0,46**             |
| Лимфоциты, 10 <sup>9</sup> кл./л   Lymphocytes, 10 <sup>9</sup> cells/l   | 2,66±0,19               | 2,14±0,17*              | 2,96±0,29             | 2,28±0,81*              |
| Моноциты, 10 <sup>9</sup> кл./л   Monocytes, 10 <sup>9</sup> cells/l      | 0,35±0,05               | 0,63±0,04               | 0,55±0,15             | 0,65±0,14               |
| Зрелые CD3+, 10 <sup>9</sup> кл./л   Mature CD3+, 10 <sup>9</sup> cells/l | 0,63±0,04               | 0,51±0,05**             | 0,71±0,10             | 0,44±0,06***            |
| CD25+, 10 <sup>9</sup> кл./л   CD25+, 10 <sup>9</sup> cells/l             | 0,68±0,04               | 0,49±0,06**             | 0,62±0,06             | 0,41±0,05***            |
| CD71+, 10 <sup>9</sup> кл./л   CD71+, 10 <sup>9</sup> cells/l             | 0,45±0,03               | 0,32±0,04**             | 0,54±0,09             | 0,45±0,06*              |
| HLADR II, 10 <sup>9</sup> кл./л   HLADR II, 10 <sup>9</sup> cells/l       | 0,75±0,06               | 0,64±0,05**             | 0,68±0,08             | 0,55±0,07**             |
| CD10+, 10 <sup>9</sup> кл./л   CD10+, 10 <sup>9</sup> cells/l             | 0,58±0,04               | 0,45±0,03***            | 0,41±0,06             | 0,38±0,04***            |
| CD4+, 10 <sup>9</sup> кл./л   CD4+, 10 <sup>9</sup> cells/l               | 0,56±0,04               | 0,44±0,03***            | 0,67±0,08             | 0,43±0,05***            |
| CD8+, 10 <sup>9</sup> кл./л   CD8+, 10 <sup>9</sup> cells/l               | 0,51±0,05               | 0,37±0,04***            | 0,63±0,07             | 0,42±0,06***            |
| CD95+, 10 <sup>9</sup> кл./л   CD95+, 10 <sup>9</sup> cells/l             | 0,42±0,13               | 0,41±0,14               | 0,56±0,10             | 0,39±0,07*              |
| CD19+, 10 <sup>9</sup> кл./л   CD19+, 10 <sup>9</sup> cells/l             | 0,54±0,05               | 0,48 ±0,04              | 0,68±0,08             | 0,51±0,07               |
| CD23+, 10 <sup>9</sup> кл./л   CD23+, 10 <sup>9</sup> cells/l             | 0,70±0,04               | 0,64 ±0,06              | 0,47±0,11             | 0,41±0,12               |
| Эндотелин-1, фмоль/мл   Endothelin-1, fmol/ml                             | 0,75±0,08               | 1,91±0,11***            | 0,69±0,06             | 1,95±0,13***            |
| NO, мкмоль/л   NO, mkmol/l                                                | 21,35±1,19              | 20,22±1,14*             | 28,32±1,21            | 26,24±1,17*             |
| NO <sub>2</sub> , мкмоль/л   NO <sub>2</sub> , mkmol/l                    | 17,65±1,33              | 16,23±1,67              | 15,63±1,42            | 13,28 ±1,36             |
| NO <sub>3</sub> , мкмоль/л   NO <sub>3</sub> , mkmol/l                    | 10,23±0,64              | 10,42±0,75              | 16,22±0,63            | 13,44±0,72*             |
| Норадреналин, нг/мл   Norepinephrine, ng/ml                               | 223,68±22,34            | 419,52±65,34**          | 211,42±24,15          | 422,36±73,6**           |
| Адреналин, нг/мл   Epinephrine, ng/ml                                     | 49,58±0,71              | 62,35±0,83**            | 51,34±0,85            | 56,41±0,95              |
| Кортизол, нг/мл   Cortisol, ng/ml                                         | 223,68±22,34            | 429,52±65,34**          | 211,42±24,15          | 431,36±73,62**          |

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$  — статистическая значимость различий при сравнении с показателями у лиц, проживающих на Севере.

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$  — statistical significance of the differences between the Arctic and the Northern residents.

предполагать, что происходит это в результате перераспределения клеток из циркулирующего пула в маргинальный.

Повышенные концентрации Nt-pro-BNP в крови (более 200 фмоль/мл) выявлены в 32,43% случаев (36 человек) среди жителей Арктики и в 27,11% случаев (32 человека) — у жителей территорий, приравненных к районам Крайнего Севера. В среднем повышенные концентрации пропептида установлены в 32,80% случаев среди женщин ( $n=41$ ) и в 25,96% — среди мужчин ( $n=27$ ). Сравнительные средние данные концентраций в сыворотке крови вазомоторных веществ у жителей Арктики и территорий, приравненных к районам Крайнего Севера, представлены в табл. 2.

При повышенных концентрациях Nt-pro-BNP в крови выявленная активизация перераспределения лейкоцитов из циркулирующего пула в маргинальный сохраняется. В среднем вне зависимости от пола у лиц с повышенными концентрациями Nt-pro-BNP (257,35±43,26 фмоль/мл) выше содержание норадреналина (469,35±43,51 и 239,48±31,16 пг/мл;  $p < 0,001$ ) и кортизола (465,45±43,82 и 243,53±34,51 нмоль/л;  $p < 0,001$ ). Увеличенные концентрации пропептида отличает отсутствие повышения концентрации эндотелина-1 (1,25±0,06 и 1,73±0,09 фмоль/мл;  $p < 0,01$ ) и адреналина (51,88±5,21 и 66,81±6,53 пг/мл;  $p < 0,05$ ). Миграция нейтрофильных гранулоцитов из циркулирующего пула в маргинальный при повышенных концентрациях Nt-pro-BNP сохраняется; активность миграции

**Таблица 2.** Концентрации биологически активных вазомоторных компонентов и лейкоцитов в зависимости от концентрации в крови Nt-pro-BNP, М±m**Table 2.** Concentrations of biologically active vasomotor components and leukocytes depending on the concentration in the blood of Nt-pro-BNP (M±m)

| Изучаемые параметры<br>Studied parameters                                 | Женщины   Women (n=125)           |                                   | Мужчины   Men (n=104)             |                                   |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                                                                           | <200 фмоль/мл  <br>fmol/ml (n=84) | >200 фмоль/мл  <br>fmol/ml (n=41) | <200 фмоль/мл  <br>fmol/ml (n=77) | >200 фмоль/мл  <br>fmol/ml (n=27) |
| Nt-pro-BNP, фмоль/мл   Nt-pro-BNP, fmol/ml                                | 78,79±20,47                       | 333,81±80,09                      | 70,12±15,26                       | 262,97,93±73,52                   |
| Эндотелин-1, фмоль/мл   Endothelin-1, fmol/ml                             | 1,72±0,08                         | 1,45±0,06**                       | 1,74±0,15                         | 1,05±0,09**                       |
| NO, мкмоль/л   NO, mkmol/l                                                | 23,42±1,28                        | 20,56±136*                        | 25,83±1,67                        | 23,74±1,23*                       |
| NO <sub>2</sub> , мкмоль/л   NO <sub>2</sub> , mkmol/l                    | 19,61±1,36                        | 15,69±1,58*                       | 16,76±1,34                        | 13,24 ±1,46*                      |
| NO <sub>3</sub> , мкмоль/л   NO <sub>3</sub> , mkmol/l                    | 9,82±0,37                         | 12,46±0,59                        | 16,25±0,63**                      | 14,31±0,55**                      |
| Норадреналин, пг/мл   Norepinephrine, ng/ml                               | 253,24±35,43                      | 476,47±55,48**                    | 225,72±42,28                      | 457,56±48,62**                    |
| Адреналин, пг/мл   Epinephrine, ng/ml                                     | 64,28±6,57                        | 51,35±7,45                        | 69,34±5,85                        | 52,41±0,95                        |
| Кортизол, нмоль/л   Cortisol, ng/ml                                       | 245,42±42,54                      | 468,66±55,83**                    | 241,73±38,22                      | 462,23±56,84**                    |
| Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> кл./л   Leukocytes, 10 <sup>9</sup> cells/l    | 8,46±0,62                         | 5,78±0,76**                       | 8,69±0,75                         | 5,84±0,85**                       |
| Нейтрофилы, 10 <sup>9</sup> кл./л   Neutrophils, 10 <sup>9</sup> cells/l  | 5,23±0,61                         | 3,26±0,79**                       | 5,28±0,68                         | 3,25±0,82**                       |
| Лимфоциты, 10 <sup>9</sup> кл./л   Lymphocytes, 10 <sup>9</sup> cells/l   | 2,83±0,23                         | 2,21±0,42                         | 2,98±0,57                         | 2,26±0,74                         |
| Моноциты, 10 <sup>9</sup> кл./л   Monocytes, 10 <sup>9</sup> cells/l      | 0,35±0,09                         | 0,25±0,06                         | 0,42±0,11                         | 0,26±0,08                         |
| Зрелые CD3+, 10 <sup>9</sup> кл./л   Mature CD3+, 10 <sup>9</sup> cells/l | 0,75±0,07                         | 0,49±0,12**                       | 0,71±0,13                         | 0,55±0,08**                       |
| CD25+, 10 <sup>9</sup> кл./л   CD25+, 10 <sup>9</sup> cells/l             | 0,77±0,09                         | 0,45±0,11**                       | 0,67±0,12                         | 0,39±0,08***                      |
| CD71+, 10 <sup>9</sup> кл./л   CD71+, 10 <sup>9</sup> cells/l             | 0,49±0,07                         | 0,31±0,05**                       | 0,51±0,08                         | 0,41±0,12*                        |
| HLADR II, 10 <sup>9</sup> кл./л   HLADR II, 10 <sup>9</sup> cells/l       | 0,64±0,09                         | 0,52±0,06**                       | 0,71±0,12                         | 0,56±0,11**                       |
| CD10+, 10 <sup>9</sup> кл./л   CD10+, 10 <sup>9</sup> cells/l             | 0,61±0,05                         | 0,43±0,07***                      | 0,47±0,12                         | 0,32±0,08***                      |
| CD4+, 10 <sup>9</sup> кл./л   CD4+, 10 <sup>9</sup> cells/l               | 0,64±0,07                         | 0,42±0,09***                      | 0,68±0,09                         | 0,41±0,07***                      |
| CD8+, 10 <sup>9</sup> кл./л   CD8+, 10 <sup>9</sup> cells/l               | 0,58±0,08                         | 0,35±0,09***                      | 0,69±0,08                         | 0,39±0,12***                      |

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$  — статистическая значимость различий значений при сравнении с показателями у лиц с концентрацией Nt-pro-BNP <200 фмоль/мл в крови.

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$  — statistical significance of the differences in the studied parameters between the groups with with a blood concentration of Nt-pro-BNP below and above 200 fmol/ml.

лимфоцитов и моноцитов заметно снижается. Итак, увеличение концентраций Nt-pro-BNP выше физиологических пределов ассоциировано с более высоким уровнем норадреналина и кортизола на фоне менее выраженных реакций эндотелина-1 и адреналина, а также перераспределения лимфоцитов и моноцитов из циркулирующего пула в маргинальный.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Изменение соотношения циркулирующего и пристеночного пулов является основным сигналом для развития гемодинамической реакции. Глюкокортикоиды обеспечивают сохранение оптимального уровня циркулирующих клеток, увеличивая содержание нейтрофилов, эритроцитов и тромбоцитов, путём перемещения их из маргинального пула в пул циркулирующих клеток [9, 10]. Миграция и перфузия клеток обеспечиваются замедлением

скорости кровотока в капиллярной сети, что создаёт возможность адгезии клеток к стенке капилляров с последующим выходом её за пределы сосудистого русла [11, 12]. Нейтрофильные гранулоциты первыми появляются в очаге превентивных реакций [13, 14]. Адгезивная активность лимфоцитов при относительно высоких концентрациях Nt-pro-BNP в крови также заметно выше, что проявляется снижением их циркулирующих концентраций, преимущественно зрелых и дифференцированных фенотипов. Высвобождающиеся в процессе адгезии и агрегации клеток крови серотонин, гистамин, простагландин, кинины и ацетилхолин [15], содержание которых у лиц, проживающих и работающих в Арктике, заметно выше [16–18], обеспечивают миграцию лейкоцитов через сосудистую стенку в ткани.

Наиболее рано в регуляцию микроциркуляции включаются эндотелиальные механизмы с секрецией

вазоконстриктора эндотелина-1 и окислов азота [19]. Цикл оксида азота  $\text{NO}-\text{NO}_2-\text{NO}_3-\text{NO}$  формирует волну перистальтики гладкомышечных клеток, фазу насыщения межклеточной среды; при отсутствии секреции оксида азота эндотелий постоянно секретирует вазоконстрикторы эндотелина. Стимулируют секрецию оксида азота повышение напряжения сдвига и гипоксия [20]. Высвобождение вазодилататоров обеспечивает увеличение просвета сосудов и локально повышает объёмный кровоток с замедлением скорости кровотока в капиллярной сети. При замедлении кровотока происходит снижение парциального давления  $\text{O}_2$  и увеличение  $\text{pCO}_2$ , возникает риск гипоксии, дыхательного и циркуляторного ацидоза со снижением pH цитозоля, что приводит к нарушению функции АТФ-зависимого протонного насоса, отвечающего за поддержание электрохимического градиента. Наиболее частым проявлением недостаточности регуляции состояния микроциркуляторного русла служит дефицит эндотелий-зависимой вазодилатации в результате сдвига баланса синтеза оксида азота и вазоконстрикторов в сторону доминирования вазоконстрикторов, в первую очередь эндотелина-1. Вероятно, в данном случае имеет значение тот факт, что эндотелиоциты обеспечивают циклическое влияние вазодилататоров и постоянную секрецию эндотелина. Эндотелин-1 обладает мощным сосудосуживающим действием [21, 22]. Эндотелий вен вырабатывает значительно больше эндотелинов, чем эндотелий артерий [23]. При повышении гидродинамического давления в обменных капиллярах гидрофильная среда плазмы крови, преодолевая градиент невысокого давления альбумина, диффундирует в интерстициальную ткань и выходит из сосудистого русла. Такие ситуации могут возникать в норме при беременности [24], они развиваются также при гипоксии, ацидозе и дислипотеинемии. Повышение проницаемости сосудистой стенки начинается ещё во время первой стадии кратковременного сужения микрососудов и увеличения венозного оттока с участием серотонина; в фазе замедления текучести крови выпотевание плазмы происходит через стенки посткапиллярных венул. Оно достигается сужением посткапиллярных венул и расширением терминальных артериол; в физиологических условиях через веноулярную стенку и веноулярный конец капилляра проходит гораздо больше жидкости, чем через артериальный его конец. По всей вероятности, повышение концентраций Nt-pro-BNP обуславливает расширение терминальных артериол, проявляя свойства вазодилатации через стимуляцию активного энергозависимого переноса ионов Na и K.

Эндотелин-1, в отличие от других эндотелинов, может синтезироваться не только эндотелиоцитами, но и в гладкомышечных клетках сосудов, нейронах, астроцитах, гепатоцитах, мезангиоцитах, клетках Сертоли, эндотелиоцитах молочных желёз, матки, а также тканевых базофилах [25]. Эффекты эндотелинов определяются типом клеточного рецептора: рецепторы A и B2 опосредуют

вазоконстрикцию, активируя мембранную фосфолипазу C; рецептор B1 стимулирует синтез и секрецию NO, натрий-уретического пептида и простаглицлина [24]. Повышенные концентрации норадреналина, увеличивая частоту сердечных сокращений и минутного сердечного выброса, формируют напряжение сосудистой сети [26]. Секреция катехоламинов индуцируется истощением энергетических ресурсов, нарушением АТФ-зависимого протонного насоса и снижением внутриклеточного pH.

Более 90% адреналина крови секретируется в хромаффинной ткани мозгового слоя надпочечников. В иннервации мозгового слоя надпочечников участвуют только холинергические нейроны, медиатором которых является ацетилхолин. Он выполняет функцию модуляции синаптической передачи посредством изменения пресинаптического уровня  $\text{Ca}^{2+}$  и регуляцией входа кальция в нервное окончание [27].

Известно, что не менее 90% норадреналина, присутствующего в крови, высвобождается из пресинаптических нервных окончаний симпатическими нервами и только 7% его поставляется в циркуляцию мозговым слоем надпочечников. Норадреналин выделяется в процессе нервного импульса из пресинаптических нервных окончаний, воздействует на норадреналин-чувствительную аденилатциклазу клеточной мембраны адренорецепторной системы, что приводит к усилению образования внутриклеточного 3–5-циклического аденозинмонофосфата и к проведению сигнала, вызванного эффектором. Физиологическими стимулами секреции норадреналина являются не только ацетилхолин, но и серотонин, гистамин, брадикинин, а также ангиотензин. Преимущественное увеличение концентраций норадреналина в крови на фоне повышенного содержания Nt-pro-BNP свидетельствует о том, что данная реакция обеспечивается симпатическим влиянием.

Глюкокортикоиды обеспечивают переход срочных приспособительных реакций, осуществляемых катехоламинами, и пролонгируют их. Под влиянием глюкокортикоидов на клетке увеличивается количество рецепторов и их чувствительность к физиологически активным веществам, в том числе катехоламинам. Клубочковая зона надпочечников секретирует альдостерон, что регулируется ренин-ангиотензиновой системой, адренокортикотропным гормоном, дофамином и зависит от содержания калия. Пучковая зона секретирует главным образом глюкокортикоиды. Сетчатая зона секретирует глюкокортикоиды и андрогены, находится под контролем адренокортикотропного гормона. Как правило, активизация секреции в некоторой степени касается всех трёх зон надпочечников. Кортизол может связываться с рецепторами минералокортикоидов, а значительные его концентрации способны давать минералокортикоидные эффекты. За счёт минералокортикоидной активности кортизола в эпителиальных клетках дистальных канальцев почек синтезируется пермеаза, задерживающая натрий и воду в организме; в ответ на это вторично усиливается выведение

калия. У северян регистрируются довольно высокие концентрации альдостерона (у мужчин — до 80,7 нг%, у женщин — до 54,5 нг% [28]). Главным регулятором секреции альдостерона является ренин-ангиотензиновая система с продукцией ангиотензина I и II, зависящего от объёма циркулирующей крови и содержания натрия. Известно, что альдостерон обеспечивает сохранение в межклеточной среде натрия, который содержит 7 молекул воды в своей гидратной оболочке, а BNP инициирует секрецию натрия против градиента плотности. Однако усиление реабсорбции натрия и воды в почечных канальцах может приводить к гиперволемии и гипертонии, а усиление экскреции ионов калия и водорода обуславливает риск гипокалиемии и метаболического алкалоза. Увеличение давления в левом предсердии при гиперволемии и артериального давления повышает порог возбудимости осморорецепторов и уменьшают чувствительность осморегуляции ренин-ангиотензиновой системы, которая в свою очередь стимулирует секрецию антидиуретического гормона. Интеграция механизмов регуляции этих систем обеспечивает поддержание осмолярности плазмы в очень узком диапазоне ( $285,0 \pm 5,0$  мосм/кг).

Относительно высокие концентрации глюкокортикоидов в крови, довольно значительная доля лиц, имеющих повышенное содержание кортизола, а также зависимость его содержания от резкой смены фотопериодичности и сезонности на Севере подтверждена неоднократно и является доказанным фактом [29]. Содержание кортизола в крови у родившихся на Севере имеет чёткую ориентацию к верхним границам: в 72% случаев концентрации кортизола выше 400 нмоль/л, высок и уровень кортизол-резистентных лимфоцитов ( $71,3 \pm 2,8$  против  $59,0 \pm 78,0\%$ ), выполняющих регуляторные и эффекторные функции. Нами установлена зависимость содержания кортизол-резистентных лимфоцитов от концентрации в крови кортизола [30]. Вероятно, одним из условий выживания организма в условиях напряжения регуляторных систем является возможность развивать оптимальный адаптивный ответ и при относительно высоких концентрациях глюкокортикоидов в крови. Последние не только мобилизуют пластические функции, создавая фонд свободных аминокислот в пользу образования жиров и углеводов, но и предупреждают развитие избыточных тканевых реакций.

Итак, усиление симпатического влияния с повышением содержания в крови норадреналина, увеличение артериального давления, ударного и минутного объёмов сердца, которые возникают при этом, могут повлечь за собой повышение гидродинамического давления в различных отделах системы кровообращения. Повышение гидродинамического давления над мембраной увеличивает фильтрацию и изменяет объём пула межклеточной среды. Для предотвращения потери межклеточного пула активируется влияние BNP, инициирующего секрецию натрия

против градиента концентрации. Влияние натрийуретического пептида ассоциировано с одновременной активизацией секреции норадреналина и кортизола. Несбалансированная и длительная активность секреции кортизола и норадреналина составляет риск нарушения механизмов, которые обеспечивают поддержание осмолярности внутренней среды организма в очень узком диапазоне.

Основной особенностью реакций сердечно-сосудистой системы человека, проживающего в условиях влияния полярных климатических и геофизических факторов, является гиперфункция [31]. Реализация терморегуляции осуществляется увеличением функций внешнего дыхания и сердечно-сосудистой системы. Гиперфункция внешнего дыхания обуславливает повышенную нагрузку на малый круг кровообращения спастической реакцией лёгочных сосудов для уменьшения теплоотдачи и увеличения интенсивности кровотока, для усиления водо- и газообмена. Констрикторная реакция поверхностных сосудов для предотвращения потерь тепла путём конвекции и радиации может создать риск увеличения периферического сопротивления и гипертензии в большом круге кровообращения. Таким образом, создаются условия для повышенной нагрузки правого отдела сердца и левого желудочка. У северян увеличена плотность капиллярной сети для защиты от тканевой гипоксии и улучшения снабжения тканей [32].

У практически здоровых лиц, проживающих в неблагоприятных для человека климатических северных условиях, ниже продолжительность жизни эритроцитов, среднего содержания в них гемоглобина с повышением концентрации фетального гемоглобина [33–35]. Происходит увеличение микровязкости липидов мембраны эритроцита с повышением содержания холестерина и мононенасыщенных жирных кислот, что замедляет выход  $O_2$  из эритроцита, ухудшает реологические свойства крови и снижает скорость деоксигенации внутриклеточного гемоглобина [36]. Развитие северной тканевой гипоксии характеризуется изменениями на всех этапах доставки  $O_2$ , начиная с внешнего дыхания до потребления его тканями. У северян снижены резервные возможности регуляции проницаемости капилляров для белка и жидкости, а с возрастом поступление белка и жидкости из крови в ткани существенно преобладает над активностью выведения [37]. Изменения сосудистой проницаемости и эритроцитов могут обуславливать нарушение микроциркуляции с повышением активности агрегации всех клеток крови, а также создавать риск трофической недостаточности капилляров и обуславливать низкую эффективность оксигенации тканей [38]. Такие изменения в микроциркуляторном русле приводят к перераспределению потоков крови в микрососудах с доминированием шунтовой составляющей и к значительному снижению нутритивной перфузии, в то время как энергозатраты для жизнеобеспечения на Севере значительно увеличены [39].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У лиц, проживающих в условиях Арктики и территорий, приравненных к районам Крайнего Севера, выше содержание в венозной периферической крови предшественника натрийуретического пептида. Повышенные концентрации Nt-pro-BNP в крови у жителей Арктики ассоциированы с одновременно более высокими концентрациями норадреналина и кортизола на фоне менее выраженных концентраций адреналина и эндотелина-1, а также перераспределения лимфоцитов и моноцитов из циркулирующего пула в маргинальный. Установленные особенности регуляции гемодинамической реакции более резко выражены у взрослых жителей Арктики и женщин.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

**Вклад авторов:** Л.К. Добродеева — существенный вклад в концепцию, дизайн исследования и переработку важного интеллектуального содержания, подготовка первого варианта статьи; А.В. Самодова — существенный вклад в концепцию, анализ и интерпретацию данных, окончательное утверждение присланной в редакцию рукописи; С.Н. Балашова — получение, анализ и интерпретация данных; К.О. Пашинская — получение и анализ данных, статистическая обработка результатов. 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).

**Authors' contributions:** L.K. Dobrodeeva made a significant contribution to the concept and design of the study and processing of essential and its intellectual content as well as, prepared the initial first draft of the article; A.V. Samodova made a significant contribution to the concept, analysis, and interpretation of data, and approved the final version, gave the final approval of the manuscript submitted to the editorial team; S.N. Balashova obtained, analyzed, and interpreted the data; K.O. Pashinskaya obtained and analyzed the data, and performed statistical analysis of results. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception and design of the work, study, data acquisition, analysis and interpretation of the data, for the work, drafting and revising the work manuscript. All authors approved the final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work of the paper.

**Финансирование.** Работа поддержана грантом РФФИ № 22-25-20135 «Выявление иммунологических критериев риска сосудистых катастроф у лиц, работающих в Арктике».

**Funding.** The study was supported by Russian Science Foundation (grant No. 22-25-20135, "Identification of immunological criteria for the risk of vascular catastrophes in persons working in the Arctic").

**Конфликт интересов.** Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мареев В.Ю., Агеев Ф.Т., Арутюнов Г.П., и др. Национальные рекомендации ВНОК и ОССН по диагностике и лечению ХСН (третий пересмотр) // Журнал Сердечная недостаточность. 2009. Т. 10, № 2. С. 64–106.
2. Bazzino O., Furreni J.J., Botto F., et al. Relative value of N-terminal probrain natriuretic peptide, TIMI risk score, ACC/AHA prognostic classification and other risk markers in patients with non-ST-elevation acute coronary syndromes // Eur Heart J. 2004. Vol. 25, N 10. P. 859–866. doi: 10.1016/j.ehj.2004.03.004
3. Galvani M., Ferrini D., Ottani F. Natriuretic peptides for risk stratification of patients with acute coronary syndromes // Eur J Heart Fail. 2004. Vol. 6, N 3. P. 327–333. doi: 10.1016/j.ejheart.2004.01.006
4. Smith S.J., Bos G., Essevidt M.R., et al. Acute-phase proteins from the liver and enzymes from myocardial infarction, a quantitative relationship // Clin Chim Acta. 1977. Vol. 81, N 1. P. 75–85. doi: 10.1016/0009-8981(77)90415-6
5. Шрейдер Е.В., Шахнович Р.М., Казначеева Е.И., и др. Прогностическое значение маркеров воспаления и NT-proBNP при различных вариантах лечения больных с острым коронарным синдромом // Кардиологический вестник. 2008. Т. 3, № 2. С. 44–53.
6. Макоева М.Х., Федорова М.М., Автандилов А.Г., и др. Динамика и прогностическое значение мозгового натрийуретического пептида и С-реактивного белка при остром инфаркте миокарда в зависимости от тактики лечения // Клиническая лабораторная диагностика. 2014. Т. 59, № 2. С. 23–26.
7. Добродеева Л.К., Самодова А.В., Карякина О.Е. Взаимосвязь уровней содержания мозгового натрийуретического пептида в крови и активности иммунных реакций у людей // Физиология человека. 2016. Т. 42, № 6. С. 106–115. doi: 10.7868/S0131164616050052
8. Koch A., Zink S., Signer H. B-type natriuretic peptide in pediatric patients with congenital heart disease // Eur Heart J. 2006. Vol. 27, N 7. P. 861–866. doi: 10.1093/eurheartj/ehi773
9. Wright D.G., Fauci A.S., Dale D.C., Wolff S.M. Correction of human cyclic neutropenia with prednisolone // N Engl J Med. 1978. Vol. 298, N 6. P. 295–300. doi: 10.1056/NEJM197802092980602
10. Bagby G.C., Gabourel J.D., Linman J.W. Glucocorticoid therapy in the preleukemic syndrome (hemopoietic dysplasia): identification of responsive patients using in-vitro techniques // Ann Intern Med. 1980. Vol. 92, N 1. P. 55–58. doi: 10.7326/0003-4819-92-1-55
11. Ambrus C.M., Ambrus J.L. Regulation of the leukocyte level // Ann N Y Acad Sci. 1959. Vol. 77. P. 445–486. doi: 10.1111/j.1749-6632.1959.tb36920.x
12. Meuret G., Fliedner T.M. Neutrophil and monocyte kinetics in a case of cyclic neutropenia // Blood. 1974. Vol. 43, N 4. P. 565–571.
13. Carlo D.E., Forni G., Musiant P. Neutrophils is the antitumoral immune response // Chem Immunol Allergy. 2003. Vol. 83. P. 182–203. doi: 10.1159/000071561
14. Pretswhich R.J., Errington F., Hatfield P., et al. The immune system is it relevant to cancer development, progression and treatment // Clin Oncol (R Coll Radiol). 2008. Vol. 20, N 2. P. 101–112. doi: 10.1016/j.clon.2007.10.011

15. Соколова И.А. Агрегация эритроцитов // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2010. Т. 9, № 4. С. 4–26.
16. Ставинская О.А., Репина В.П., Полетаева А.В., Добродеева Л.К. Влияние гистамина на регуляцию иммунологической реактивности у человека // Вестник Поморского университета. Серия: Естественные и точные науки. 2008. № 2. С. 35–40.
17. Репина В.П. Влияние различных концентраций катехоламинов на функционирование иммунокомпетентных клеток // Экология человека. 2008. № 2. С. 30–33.
18. Самодова А.В., Добродеева Л.К., Штаборов В.А., Пашинская К.О. Влияние реакций мозгового натрийуретического пептида, ирисина, эндотелина-1 на состояние иммунной системы у лиц, работающих на архипелаге Шпицберген, в зависимости от срока проживания // Вестник Кольского научного центра РАН. 2018. Т. 10, № 3. С. 87–92.
19. Kvandal P., Sheppard L., Landsverk S.A., et al. Impaired cerebrovascular reactivity after acute traumatic brain injury can be detected by wavelet phase coherence analysis of the intracranial and arterial blood pressure signals // J Clin Monit Comput. 2013. Vol. 27, N 4. P. 375–383. doi: 10.1007/s10877-013-9484-z
20. Чуян Е.Н., Трибрат Н.С., Раваева М.Ю., Ананченко М.Н. Тканевая микродинамика: влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона. Симферополь : типография «Ариал», 2017. 422 с.
21. Шурыгин М.Г., Шурыгина И.А., Дремина Н.Н., Каня О.В. Экспрессия эндотелина при экспериментальном инфаркте миокарда в условиях измененной концентрации фибробластического и вазоэндотелиального факторов роста // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2013. № 1. С. 125–129.
22. Dehus O., Bunk S., Aulock S., Hermann C. IL-10 release requires stronger toll-like receptors 4-triggering than TNF // Immunology. 2008. Vol. 213, N 8. P. 621–627. doi: 10.1016/j.imbio.2008.03.001
23. Lüscher T.F. Endothelium-derived relaxing and contracting factors: potential role in coronary artery disease // Eur Heart J. 1989. Vol. 10, N 9. P. 847–857. doi: 10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a059580
24. Чернух А.М., Александров П.Н., Алексеев О.В. Микроциркуляция. Москва : Медицина, 1975. 456 с.
25. Шерстобоев Е.Ю., Бабенко А.П. Модуляция выработки цитокинов адrenomиметиками на фоне стресса и антигенного воздействия // Цитокины и воспаление. 2007. Т. 6, № 3. С. 40–43.
26. Shondorf R., Wieling W. Vasoconstrictor reserve in neurally mediated syncope // Clin Auton Res. 2000. Vol. 10, N 2. P. 53–55. doi: 10.1007/BF02279891
27. Самигуллин Д.В., Хазиев Э.Ф., Жилияков Н.В., и др. Холинергическая регуляция входа кальция в периферических синапсах холонокровных и теплокровных животных. В кн.: Научные труды. V съезд физиологов СНГ, V съезд биохимиков России / под ред. А.И. Григорьева, Ю.В. Наточина, Р.И. Сепиашвили, и др.; 4–8 октября 2016; Сочи–Дагомыс. 2016. Т. 1. С. 65–70.
28. Ткачев А.В., Ардашев А.А., Беруль И.В. Эндокринные сдвиги у человека в условиях Крайнего Север-Востока СССР. В кн.: Основные аспекты географической патологии на Крайнем Севере. Всесоюзная научная конференция «Основные аспекты географической патологии на крайнем Севере». Норильск, 04–06 октября 1976; Новосибирск : Сибирское отделение РАМН, 1976. С. 103–104.
29. Типисова Е.В. Реактивность и компенсаторные реакции эндокринной системы у мужского населения Европейского Севера : автореферат дис. ... докт. мед. наук. Екатеринбург, 2009. Режим доступа: [https://freereferats.ru/product\\_info.php?products\\_id=16654](https://freereferats.ru/product_info.php?products_id=16654)
30. Dobrodeeva L.K., Tkachev A.V., Senkova L.V. Immunological reactivity in general cooling conditions with high cortisol concentration in blood In: The Second AMAP International Symposium on Environmental Pollution of the Arctic; Rovaniemi–Finland. AMAP Report. 2002. Vol. 2. P. 20.
31. Коробицын А.А., Иванова А.А. Экология ишемической болезни сердца у трудоспособного населения на Европейском Севере // Экология человека. 1997. № 2. С. 10–14.
32. Устюжанинова Н.В., Шишкин Г.С., Милованов А.П. Морфологические основы изменений газообмена в респираторных отделах легких у жителей Севера // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 1997. Т. 17, № 2. С. 106–112.
33. Марачев А.Г., Сороковой В.И., Корнев А.В., и др. Биоэнергетика эритроцитов у жителей Севера // Физиология человека. 1982. Т. 8, № 3. С. 185–194.
34. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Марачев А.Г., и др. Патология человека на Севере. Москва : Медицина, 1985. 416 с.
35. Агаджанян Н.А., Седов К.Р., Черная Р.А. Периферическая кровь у коренных жителей Восточной Сибири // Физиология человека. 1991. Т. 17, № 2. С. 112–117.
36. Панин Л.Е. Человек в экстремальных условиях Арктики // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2010. Т. 30, № 3. С. 92–98.
37. Ким Л.Б. Транспорт кислорода при адаптации человека к условиям Арктики и кардиореспираторной патологии. Новосибирск : Наука, 2015. 216 с.
38. Stoltz J.F., Donner M. New trends in clinical hemorheology: an introduction to the concept of the hemorheological profile // Schweiz Med Wochenschr Suppl. 1991. Vol. 43. P. 41–49.
39. Людина А.Ю., Бушманова Е.А., Есева Т.В., Бойко Е.Р. Соответствие энергопотребления энерготратам у лыжников-гонщиков в общеподготовительный период // Вопросы питания. 2022. Т. 91, № 1. С. 109–116. doi: 10.33029/0042-8833-2022-91-1-109-116

## REFERENCES

1. Mareev VJu, Ageev FT, Arutjunov GP, i dr. Nacional'nye rekomendacii VNOK i OSSN po diagnostike i lecheniju HSN (tretij peresmotr). *Russian Heart Failure Journal*. 2009;2(52):64–103. (In Russ).
2. Bazzino O, Furreni JJ, Botto F, et al. Relative value of N-terminal probrain natriuretic peptide, TIMI risk score, ACC/AHA prognostic classification and other risk markers in patients with non-ST-elevation acute coronary syndromes. *Eur Heart J*. 2004;25(10):859–866. doi: 10.1016/j.ehj.2004.03.004
3. Galvani M, Ferrini D, Ottani F. Natriuretic peptides for risk stratification of patients with acute coronary syndromes. *Eur J Heart Fail*. 2004;6(3):327–333. doi: 10.1016/j.ejheart.2004.01.006

4. Smith SJ, Bos G, Essevidt MR, et al. Acute-phase proteins from the liver and enzymes from myocardial infarction, a quantitative relationship. *Clin Chim Acta*. 1977;81(1):75–85. doi: 10.1016/0009-8981(77)90415-6
5. Shrejder EV, Shahnovich RM, Kaznacheeva EI, i dr. Prognosticheskoe znachenie markerov vospaleniya i NT-proBNP pri razlichnykh variantah lecheniya bol'nyh s ostrym koronarnym sindromom. *Russian Cardiology Bulletin*. 2008;3(2):44–53. (In Russ).
6. Makhoyeva MKh, Fedorova MM, Avtandilov AG, et al. The dynamics and prognostic value of cerebral natriuretic peptide and C-reactive protein under acute cardiac infarction depending on tactic of treatment. *Russian Clinical Laboratory Diagnostics*. 2014;2:23–26. (In Russ).
7. Dobrodeeva LK, Samodova AV, Karyakina OE. Relationship between levels of brain natriuretic peptide in blood and immune response in subjects. *Human Physiology*. 2016;42(6):678–686. (In Russ). doi: 10.7868/S0131164616050052
8. Koch A, Zink S, Signer H. B-type natriuretic peptide in pediatric patients with congenital heart disease. *Eur Heart J*. 2006;27(7):861–866. doi: 10.1093/eurheartj/ehi773
9. Wright DG, Fauci AS, Dale DC, Wolff SM. Correction of human cyclic neutropenia with prednisolone. *N Engl J Med*. 1978;298(6):295–300. doi: 10.1056/NEJM197802092980602
10. Bagby GC, Gabourel JD, Linman JW. Glucocorticoid therapy in the preleukemic syndrome (hemopoietic dysplasia): identification of responsive patients using in-vitro techniques. *Ann Intern Med*. 1980;92(1):55–58. doi: 10.7326/0003-4819-92-1-55
11. Ambrus CM, Ambrus JL. Regulation of the leukocyte level. *Ann N Y Acad Sci*. 1959;77:445–486. doi: 10.1111/j.1749-6632.1959.tb36920.x
12. Meuret G, Flidner TM. Neutrophil and monocyte kinetics in a case of cyclic neutropenia. *Blood*. 1974;43(4):565–571.
13. Carlo DE, Forni G, Musiani P. Neutrophils is the antitumoral immune response. *Chem Immunol Allergy*. 2003;83:182–203. doi: 10.1159/000071561
14. Pretswhich RJ, Errington F, Hatfield P, et al. The immune system is it relevant to cancer development, progression and treatment. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*. 2008;20(2):101–112. doi: 10.1016/j.clon.2007.10.011
15. Sokolova IA. Agregacija jeritocitov. *Regionarnoe krovoobrashhenie i mikrocirkuljacija*. 2010;9(4):4–26. (In Russ).
16. Stavinskaya O, Repina V, Poletaeva A, Dobrodeeva L. Histamine influence on the human immune reactivity regulation. *Vestnik Pomorskogo universiteta. Serija: Estestvennye i tochnye nauki*. 2008;2:35–40. (In Russ).
17. Repina VP. Influence different concentration of catecholamines on the functions of immunocompetent cells. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2008;2:30–33. (In Russ).
18. Samodova AV, Dobrodeeva LK, Shtaborov VA, Pashinskaya KO. Influence of brain natriuretic peptide, irisin and endotelin-1 reactions on the immune system in persons working in the Svalbard archipelago depending on duration of stay. *Vestnik Kol'skogo nauchnogo centra RAN*. 2018;10(3): 87–92. (In Russ).
19. Kvandal P, Sheppard L, Landsverk SA, et al. Impaired cerebrovascular reactivity after acute traumatic brain injury can be detected by wavelet phase coherence analysis of the intracranial and arterial blood pressure signals. *J Clin Monit Comput*. 2013;27(4):375–383. doi: 10.1007/s10877-013-9484-z
20. Chujan EN, Tribat NS, Ravaeva MJu, Ananchenko MN. *Tkanevaja mikrodinamika: vlijanie nizkointensivnogo jelektromagnitnogo izluchenija millimetrovogo diapazona*. Simferopol': Tipografija «Arial»; 2017. 422 p. (In Russ).
21. Shurygin MG, Shurygina IA, Dremina NN, Kanya OV. Expression of endothelin in experimental myocardial infarction in a changed concentration of FGF and VEGF. *Acta Biomedica Scientifica*. 2013;1:125–129. (In Russ).
22. Dehus O, Bunk S, Aulock S, Hermann C. IL-10 release requires stronger toll-like receptors 4-triggering than TNF. *Immunology*. 2008;213(8):621–627. doi: 10.1016/j.imbio.2008.03.001
23. Lüscher TF. Endothelium-derived relaxing and contracting factors: potential role in coronary artery disease. *Eur Heart J*. 1989;10:847–857. doi: 10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a059580
24. Chernuh AM, Aleksandrov PN, Alekseev OV. *Mikrocirkuljacija*. Moscow: Medicina; 1975. 456 p. (In Russ).
25. Sherstoboyev EYu, Babenko AP. Modulation of cytokine production by adrenergic agonists under stress and antigenic stimulation. *Cytokines and Inflammation*. 2007;6(3):40–43. (In Russ).
26. Shondorf R, Wieling W. Vasoconstrictor reserve in neurally mediated syncope. *Clin Auton Res*. 2000;10(2):53–55. doi: 10.1007/BF02279891
27. Samigullin DV, Haziev JeF, Zhiljakov NV, i dr. Holinergicheskaja reguljacija vroda kal'cija v perifericheskikh sinapsah holodnokrovnyh i teplokrovnyh zhivotnyh. In: *Nauchnye trudy. V s#ezd fiziologov SNG, V s#ezd biohimikov Rossii / Grigor'eva AI, Natchina JuV, Sepiashvili RI, et al., editors; 2016 Oct 4–8; Sochi–Dagomys; 2016;1:65–70. (In Russ).*
28. Tkachev AV, Ardashev AA, Berul' IV. Jendokrinnye sdvigi u cheloveka v uslovijah Krajnego Sever-Vostoka SSSR. In: *Osnovnye aspekty geograficheskoy patologii na Krajnem Severe. Vsesojuznaja nauchnaja konferencija «Osnovnye aspekty geograficheskoy patologii na krajnem Severe»*. 1976 Oct 04–06; Noril'sk. Novosibirsk: Sibirskoe otdelenie RAMN; 1976. P. 103–104. (In Russ).
29. Tipisova EV. *Reaktivnost' i kompensatornye reakcii jendokrinnoj sistemy u muzhskogo naselenija Evropejskogo Severa* [dissertation]. Yekaterinburg; 2009. (In Russ). Available from: [https://freereferats.ru/product\\_info.php?products\\_id=16654](https://freereferats.ru/product_info.php?products_id=16654)
30. Dobrodeeva LK, Tkachev AV, Senkova LV. Immunological reactivity in general cooling conditions with high cortisol concentration in blood (Conference proceedings). In: *The Second AMAP International Symposium on Environmental Pollution of the Arctic; Rovaniemi–Finland. AMAP Report*. 2002;2:20.
31. Korobitsin AA, Ivanova AA. Ecology of coronary heart disease in the able-bodied population in the European North. *Human Ecology*. 1997;2:10–14. (In Russ).
32. Ustyuzhaninova NV, Shishkin GS, Milovanov AP. The background of gas-exchange alteration of respiratory compartment of lungs in inhabitants of the North. *Bjulleten' Sibirskogo otdelenija Rossijskoj akademii medicinskih nauk*. 1997;17(2):106–112. (In Russ).

33. Marachev AG, Sorokovoj VI, Kornev AV, i dr. Bioenergetika jeritocitov u zhitelej Severa. *Fiziologiya cheloveka*. 1982;8(3):185–194. (In Russ).
34. Avsyn AP, Zhavoronkov AA, Marachev AG, i dr. *Patologija cheloveka na Severe*. Moscow: Medicine; 1985. 416 p. (In Russ).
35. Agadzhanjan NA, Sedov KR, Chernaja RA. Perifericheskaja krov' u korennyh zhitelej Vostochnoj Sibiri. *Fiziologiya cheloveka*. 1991;17(2):112–117. (In Russ).
36. Panin LE. Man in extreme conditions in the Arctic. *Bjulleten'' Sibirskogo otdelenija Rossijskoj akademii medicinskih nauk*. 2010;30(3):92–98. (In Russ).
37. Kim LB. *Transport kisloroda pri adaptacii cheloveka k uslovijam Arktiki i kardiorespiratornoj patologii*. Novosibirsk: Nauka; 2015. 216 p. (In Russ).
38. Stoltz JF, Donner M. New trends in clinical hemorheology: an introduction to the concept of the hemorheological profile. *Schweiz Med Wochenschr Suppl*. 1991;43:41–49.
39. Lyudinina AYU, Bushmanova EA, Eseva TV, Bojko ER. Accordance of energy intake to energy expenditure in skiers across the preparation phase. *Problems of Nutrition*. 2022;91(1):109–116. (In Russ).  
doi: 10.33029/0042-8833-2022-91-1-109-116

## ОБ АВТОРАХ

\* **Самодова Анна Васильевна**, к.б.н.,  
ведущий научный сотрудник;  
адрес: Россия, 163000, Архангельск, пр. Ломоносова, д. 249;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9835-8083>;  
eLibrary SPIN: 6469-0408;  
e-mail: annapoletaeva2008@yandex.ru

**Добродеева Лилия Константиновна**, д.м.н., профессор,  
главный научный сотрудник;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3211-7716>;  
eLibrary SPIN: 4518-6925;  
e-mail: dobrodeevalk@mail.ru

**Балашова Светлана Николаевна**, к.б.н.,  
старший научный сотрудник;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4828-6485>;  
eLibrary SPIN: 3475-3251;  
e-mail: ifpa-svetlana@mail.ru

**Пашинская Ксения Олеговна**, младший научный сотрудник;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6774-4598>;  
eLibrary SPIN: 2201-0289;  
e-mail: nefksu@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

## AUTHORS' INFO

\* **Anna V. Samodova**, Cand. Sci. (Biol.),  
leader research associate;  
address: 249 Lomonosova avenue, 163000 Arkhangelsk, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9835-8083>;  
eLibrary SPIN: 6469-0408;  
e-mail: annapoletaeva2008@yandex.ru

**Liliya K. Dobrodeeva**, Dr. Sci. (Med.), professor,  
chief research associate;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3211-7716>;  
eLibrary SPIN: 4518-6925;  
e-mail: dobrodeevalk@mail.ru

**Svetlana N. Balashova**, Cand. Sci. (Biol.),  
senior research associate;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4828-6485>;  
eLibrary SPIN: 3475-3251;  
e-mail: ifpa-svetlana@mail.ru

**Ksenia O. Pashinskaya**, junior research associate;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6774-4598>;  
eLibrary SPIN: 2201-0289;  
e-mail: nefksu@mail.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco111558>

# Влияние вращающихся электрических полей на биополимеры печени: экспериментальное исследование

Т.С. Воронцова, Н.Н. Васильева, Е.Г. Бутолин, В.Г. Иванов, Л.С. Исакова

Ижевская государственная медицинская академия, Ижевск, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Введение.** Как отмечал в своих работах Н. Selye, факторы различной этиологии способны действовать на человека и вызывать сложный комплексный ответ организма в виде стресс-реакции и, как следствие, разбалансированность регуляторных физиологических систем.

**Цель.** Изучить влияние техногенного вращающегося электрического поля (ВЭП) на содержание углеводсодержащих биополимеров печени у экспериментальных животных.

**Материал и методы.** Эксперименты проведены на 54 крысах-самцах. В гомогенате печени определяли уровень сиаловых кислот, мукопротеинов, фукозы и  $\alpha$ -L-фукозидазы до воздействия ВЭП, на 10-й и 20-й день после воздействия. До исследования животных диагностировали по методике «открытого поля» для определения стресс-устойчивости и разделили на группы: стресс-устойчивые, стресс-неустойчивые и амбивалентные.

**Результаты.** На 10-й день воздействия ВЭП в гомогенате печени у крыс отмечено повышение всех исследуемых показателей, что характерно для катаболических процессов: концентрация сиаловых кислот стала выше контрольных значений у стресс-устойчивых крыс на 14% ( $p=0,024$ ), у стресс-неустойчивых — на 29% ( $p=0,020$ ) и у стресс-амбивалентных — на 26% ( $p=0,021$ ). Прирост значений фукозы отмечен у стресс-устойчивых особей на 24% ( $p=0,019$ ), у стресс-неустойчивых — на 27% ( $p=0,019$ ), у стресс-амбивалентных — на 31% ( $p=0,019$ ). Установлено повышение активности  $\alpha$ -L-фукозидазы у стресс-устойчивых на 55% ( $p=0,024$ ), у стресс-неустойчивых — на 63% ( $p=0,024$ ), у стресс-амбивалентных — на 55% ( $p=0,011$ ). Концентрация мукопротеинов повысилась у стресс-устойчивых крыс на 58% ( $p=0,011$ ), у стресс-неустойчивых — на 76% ( $p=0,011$ ), у стресс-амбивалентных — на 65% ( $p=0,021$ ). Наиболее выраженные катаболические процессы наблюдались в группе стресс-неустойчивых особей.

К 20-му дню эксперимента выраженность процессов распада углеводсодержащих биополимеров стала ниже во всех группах. При сравнении с 10-м днём концентрация сиаловых кислот снизилась у стресс-устойчивых крыс на 12% ( $p=0,041$ ), стресс-неустойчивых — на 17% ( $p=0,021$ ), у стресс-амбивалентных — на 20% ( $p=0,011$ ). Отмечено также снижение концентрации мукопротеинов у стресс-устойчивых на 26% ( $p=0,011$ ), у стресс-неустойчивых — на 33% ( $p=0,024$ ), у стресс-амбивалентных — на 32% ( $p=0,024$ ). Концентрация фукозы стала выше у стресс-устойчивых на 34% ( $p=0,024$ ), у стресс-неустойчивых — на 22% ( $p=0,024$ ), у стресс-амбивалентных — на 28% ( $p=0,010$ ). Параллельно активность  $\alpha$ -L-фукозидазы стала выше во всех группах: у стресс-устойчивых — на 15% ( $p=0,021$ ), у стресс-неустойчивых — на 46% ( $p=0,020$ ), у стресс-амбивалентных — на 31% ( $p=0,011$ ).

**Заключение.** Техногенное ВЭП изменяет содержание углеводсодержащих биополимеров в печени животных, способствуя активации катаболических процессов.

**Ключевые слова:** вращающееся электрическое поле; стресс; стресс-устойчивость; углеводсодержащие биополимеры печени; сиаловые кислоты; мукопротеины; фукоза;  $\alpha$ -L-фукозидаза.

## Как цитировать:

Воронцова Т.С., Васильева Н.Н., Бутолин Е.Г., Иванов В.Г., Исакова Л.С. Влияние вращающихся электрических полей на биополимеры печени: экспериментальное исследование // Экология человека. 2023. Т. 30, № 2. С. 129–138. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco111558>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco111558>

# Effects of rotating electric fields on liver biopolymers: an experimental study

Tatyana S. Vorontsova, Natalia N. Vasileva, Evgeny G. Butolin, Vadim G. Ivanov, Larisa S. Isakova

Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** According to the classic works of H. Selye, a variety of factors can impact humans and trigger a complex bodily response known as a stress reaction. This can lead to an imbalance in the body's regulatory physiological systems.

**AIM:** To investigate the effects of a technogenic rotating electric field (REF) on the levels of carbohydrate-containing liver biopolymers in experimental animals.

**MATERIAL AND METHODS:** A total of 54 rats were used in the experiment. The levels of sialic acids, mucoproteins, fucose, and  $\alpha$ -L-fucosidase were measured in the liver homogenate before the study, on the 10<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> day of the experiment. To ensure accurate results, the rats were first diagnosed using the open field method to determine their stress resistance levels. Based on the results, the rats were then divided into three groups: stress-resistant, stress-unstable, and ambivalent.

**RESULTS:** By the 10<sup>th</sup> day of REF exposure, an increase in all the studied parameters in the liver homogenate in rats was observed indicating catabolic processes. Sialic acids concentration in stress-resistant, unstable and ambivalent rats increased by 14% ( $p=0.024$ ), 29% ( $p=0.020$ ) and 26% ( $p=0.021$ ), respectively. Corresponding elevations of fucose concentration were 24% ( $p=0.019$ ), 27% ( $p=0.019$ ), 31% ( $p=0.019$ ) while the activity of  $\alpha$ -L-fucosidase increased by 55% ( $p=0.024$ ), in 63% ( $p=0.024$ ) and 55% ( $p=0.011$ ) in the abovementioned categories of rates. Mucoproteins concentrations increased by 58% ( $p=0.011$ ) in stress-resistant, 76% ( $p=0.011$ ) in stress-unstable and 65% ( $p=0.021$ ) in stress-ambivalent rats. By the 20<sup>th</sup> day of the experiment, decomposition of carbohydrate-containing biopolymers slowed in all groups. When compared with the 10<sup>th</sup> day 10, sialic acids concentration decreased in stress resistant, unstable and ambivalent rats by 12% ( $p=0.041$ ), 17% ( $p=0.021$ ) and 20% ( $p=0.011$ ), respectively. Corresponding decrease in of mucoproteins was 26% ( $p=0.011$ ), 33% ( $p=0.024$ ), and 32% ( $p=0.024$ ). Fucose concentration increased by 34% ( $p=0.024$ ) in stress-resistant, by 22% ( $p=0.024$ ) in stress-unstable and by 28% ( $p=0.010$ ) in stress-ambivalent rats. Correspondingly,  $\alpha$ -L-fucosidase activity increased by 15% ( $p=0.021$ ), 46% ( $p=0.02$ ) and 31% ( $p=0.011$ ).

**CONCLUSION:** The study's findings indicate that technogenic REF can alter the levels of carbohydrate-containing biopolymers in animal livers, leading to the activation of catabolic processes. The group of stress-unstable individuals exhibited the most significant catabolic processes. Our results may have implications for occupations exposures to REF.

**Keywords:** rotating electric field; stress; stress resistance; carbohydrate-containing liver biopolymers; sialic acids; mucoproteins; fucose;  $\alpha$ -L-fucosidase.

## To cite this article:

Vorontsova TS, Vasileva NN, Butolin EG, Ivanov VG, Isakova LS. Effects of rotating electric fields on liver biopolymers: an experimental study. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(2):129–138. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco111558>

## ОБОСНОВАНИЕ

Современный уровень цивилизации неразрывно связан с техническим прогрессом, а именно внедрением различных источников электромагнитного поля в жизнедеятельность человека. Многопрофильное и многофункциональное использование источников электромагнитного излучения повышает уровень интенсивности их воздействия на человека и биосферу в целом.

Как отмечал в своих работах Н. Selye, факторы различной этиологии способны воздействовать на человека и вызывать сложный комплексный ответ организма в виде стресс-реакции и, как следствие, разбалансированность регуляторных физиологических систем [1, 2]. По современным представлениям, способность организма противостоять повреждениям в условиях стресса определяется продолжительностью и силой стрессорного стимула, особенностями стресс-лимитирующих и стресс-реализующих систем индивида. Известно, что в условиях стресса животные дифференцируются на устойчивых и подверженных различным нарушениям физиологических функций [3, 4].

С внедрением современных технологий рождаются иные физические воздействия стрессогенной природы, такие как техногенное вращающееся электрическое поле (ВЭП). Установлено, что ВЭП представляют потенциальную угрозу для организма человека, так как могут составлять более 80% всех электромагнитных излучений, которые характеризуются высоким уровнем биологической активности. Данные поля генерируются между разнесёнными в пространстве электроисточниками, которые пребывают под напряжением и сдвинуты электрически по фазе. Специфика воздействия определяется не степенью поглощения энергии, а энергетической насыщенностью объекта и его структурной организацией. Именно это является причиной проявления действия ВЭП даже при минимальных значениях энергии [5]. На сегодняшний день последствия его влияния на биологические объекты изучены недостаточно. В научной литературе есть данные о том, что онкологическая патология в 13 раз чаще встречается у электромонтёров, напрямую взаимодействующих с трёхфазными источниками обеспечения (индукций 60 Гц), чем у рабочих, находящихся под воздействием только полей индукций токов от однофазного оборудования [6].

Природа «лишила» человека органов чувств, которые способны воспринимать электромагнитное излучение. Именно поэтому идентифицировать данный стрессор как особо опасный невозможно [7]. Ввиду сложности изучения воздействия этих полей на организм человека актуальными становятся экспериментальные исследования с привлечением животных. Наиболее приемлемой моделью для таких целей можно считать животных из семейства грызунов (крысы, мыши): многочисленное потомство, короткий период беременности, относительно дешёвое

содержание и разведение. Эксперименты на животных разрешены при соблюдении принципов гуманного обращения с ними, этических норм и рекомендаций, изложенных в Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях, а также в ГОСТ Р-53434-2009 «Принципы надлежащей лабораторной практики».

Согласно исследованиям Национального института США в 2002 году, геном человека насчитывает 35 000 генов и совпадает с геномом мыши на 70%, а крысы — на 90%. Соответственно, учитывая данные о сходстве генома, протекающих процессах и механизмах, мы можем экстраполировать результаты, полученные в ходе эксперимента, на человека.

Как известно, печень занимает центральное место в обмене веществ и регулировании процессов гомеостаза в организме. Именно поэтому серьёзное нарушение её функций приводит к сдвигам физиологических процессов во всём организме, и наоборот, изменение функционального состояния этого органа координирует и определяет метаболизм. Нарушения со стороны регуляторных систем (нервной, эндокринной и иммунной) запускают резервно-приспособительные механизмы адаптации на уровне печени, приводящие к её структурно-функциональным изменениям [8, 9]. Причиной функциональных органных расстройств при стрессе, возможно, является сдвиг в метаболизме углеводсодержащих биополимеров, которые определяют полиморфизм, контролируют дифференцировку клеток, принимают участие в регенерации тканей, осуществляя опорную и структуроформирующую функции [10–12].

**Цель работы** — изучить влияние техногенного вращающегося электрического поля на содержание углеводсодержащих биополимеров печени у экспериментальных животных.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперименты проведены на 54 половозрелых белых беспородных крысах-самцах массой 180–220 г. Животных содержали в виварии в стандартных условиях, со свободным доступом к воде и пище. При выполнении исследования руководствовались биоэтическими принципами, изложенными в «Международных рекомендациях (этический кодекс) по проведению медико-биологических исследований с использованием животных» (1985). На проведение эксперимента получено разрешение локального этического комитета Ижевской государственной медицинской академии (протокол № 607 от 22.05.2018).

До эксперимента крыс исследовали по методике «открытого поля» (арена круглой формы диаметром 90 см, поделенная на 19 центральных и 18 периферических сегментов, по периметру имеющая стенки высотой 40 см, над ареной — лампу для освещения мощностью 100 Вт). На основании поведения животных в «открытом поле»

определяли коэффициент стресс-устойчивости [13] с использованием компьютерной программы RatTest (Россия) [14]. Так, сумму пересечённых периферических и центральных сегментов делили на сумму латентных периодов первого движения и выхода в центр поля. Далее крысы были разделены на три группы по коэффициенту устойчивости  $K_{уст}$ : стресс-устойчивые ( $K_{уст}=2,0-5,0$ ), стресс-неустойчивые ( $K_{уст}=0,30-0,70$ ) и амбивалентные ( $K_{уст}=0,80-1,99$ ).

Крыс подвергали влиянию ВЭП (патент на полезную модель № 166292 «Устройство для исследования влияния ВЭП на биологические объекты»). ВЭП-установка представляет собой физическую модель линии электропередачи (трансформатор, электроды, конденсатор, резистор). Напряжение между электродами использовали в качестве опорного напряжения. Относительно этого опорного напряжения при помощи фазосдвигающей цепочки, образованной последовательно соединённым конденсатором и резистором, образовывалось второе напряжение со сдвигом фазы ( $\alpha 45^\circ$ ), которое также поступало на электроды. Между электродами формировалось ВЭП, физическое действие которого определялось суперпозицией двух ортогональных полей с амплитудными значениями напряженности 30,5 и 75,9 В/м соответственно. Поля изменялись по синусоидальному закону с частотой 50 Гц. Электропитание — от сети переменного тока (220 В). Внутри ВЭП-оборудования находилось пространство (относительно центра установки), ограниченное по осям X, Y, Z, где отмечена наибольшая однородность напряженности электрического поля.

Проведено 2 серии экспериментов продолжительностью 10 ( $n=18$ ) и 20 дней ( $n=18$ ), во время которых животных помещали внутрь установки ежедневно в первой половине дня на 60 мин. Контролем служили крысы ( $n=18$ ), которых помещали в установку без включения её в сеть.

Животных выводили из эксперимента на 10-й и 20-й день опыта утром натошак методом декапитирования, используя кратковременный наркоз.

Печёночную ткань для приготовления гомогената брали из центральной дольки печени. Гомогенат изготавливали, используя фосфатный буфер (pH=7,45) и механический гомогенизатор Поттера (тефлон-стекло), далее гомогенат был отцентрифугирован в течение 10 мин при 1000 g. Фотометрически определяли уровень сиаловых кислот с помощью набора реагентов «СиалоТест» (НПЦ «Эко-Сервис», Россия), мукопротеинов — с использованием набора реагентов («Хоспитекс Диагностикс», Россия), фукозы — с применением набора реагентов (Panreac LifeSciences, Испания) и активность  $\alpha$ -L-фукозидазы (набор реагентов производства DIRUI, Китай) до начала опыта, на 10-й и 20-й день опыта. Все образцы выполнены в соответствии с протоколом производителя.

**Статистическая обработка результатов.** Для статистического исследования использовали программы Statistica 10.0, Microsoft Excel 2007. Для проверки

на нормальность распределения величин применяли графический статистический метод оценки Шапиро–Уилка, для определения статистической значимости различий между группами — непараметрический двусторонний критерий Манна–Уитни. С целью определения статистической значимости различий между несколькими независимыми группами использовали критерий Краскела–Уоллиса. Результаты представлены в виде медианы, межквартильных интервалов (25-й, 75-й процентиля) — Me [Q1; Q3]. Различия между группами признавали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На 10-й день воздействия ВЭП (табл. 1–3) в гомогенате печени крыс всех групп наблюдалось повышение содержания терминальных углеводов в составе гликопротеинов — сиаловых кислот и фукозы. У стресс-устойчивых крыс уровень сиаловых кислот (рис. 1) стал выше, что составило 14% ( $p=0,024$ ), у стресс-неустойчивых — 29% ( $p=0,020$ ), у стресс-амбивалентных — 26% ( $p=0,021$ ). Повышение концентрации сиаловых кислот в гомогенате печени животных при действии ВЭП можно интерпретировать как усиление процессов катаболизма углеводсодержащих биополимеров. Содержание фукозы (рис. 2) в большей степени было выше у стресс-неустойчивых и стресс-амбивалентных животных (на 27 и 31% соответственно,  $p=0,019$ ), у стресс-устойчивых особей рост данного показателя составил 24% ( $p=0,019$ ). Активность  $\alpha$ -L-фукозидазы (рис. 3) также повысилась, что говорит о нарастающем катаболизме фукозогликопротеинов. Так, у стресс-устойчивых особей повышение активности фермента составило 55% ( $p=0,024$ ), у стресс-неустойчивых — 63% ( $p=0,024$ ), у стресс-амбивалентных — 55% ( $p=0,011$ ). Концентрация мукопротеинов (рис. 4) увеличилась во всех группах крыс: у стресс-устойчивых — на 58% ( $p=0,011$ ), у стресс-неустойчивых — на 76% ( $p=0,011$ ), у стресс-амбивалентных — на 65% ( $p=0,021$ ).

На 20-й день стресса в гомогенате печени крыс, при сравнении с 10-м днём, концентрация сиаловых кислот во всех группах стала ниже: у стресс-устойчивых — на 12% ( $p=0,041$ ), стресс-неустойчивых — на 17% ( $p=0,021$ ), стресс-амбивалентных — на 20% ( $p=0,011$ ). Содержание мукопротеинов также снизилось: у стресс-устойчивых — на 26% ( $p=0,011$ ), стресс-неустойчивых — на 33% ( $p=0,024$ ), стресс-амбивалентных — на 32% ( $p=0,024$ ). Концентрация фукозы, при сравнении с 10-м днём, повысилась у стресс-устойчивых на 34% ( $p=0,024$ ), у стресс-неустойчивых — на 22% ( $p=0,024$ ), у стресс-амбивалентных — на 28% ( $p=0,010$ ). Произошло также повышение активности  $\alpha$ -L-фукозидазы во всех группах: у стресс-устойчивых — на 15% ( $p=0,021$ ), у стресс-неустойчивых — на 46% ( $p=0,02$ ), у стресс-амбивалентных — на 31% ( $p=0,011$ ).

**Таблица 1.** Компоненты углеводсодержащих биополимеров и  $\alpha$ -L-фукозидаза в гомогенате печени у стресс-устойчивых крыс ( $n=6$ ) при действии вращающегося электрического поля

**Table 1.** Components of carbohydrate-containing biopolymers and  $\alpha$ -L-fucosidase in the liver homogenate in stress-resistant rats ( $n=6$ ) under the action of rotating electric field

| Показатель<br>Parameter                                       | Контроль<br>Control     | Воздействие<br>вращающегося<br>электрического поля<br>10 дней<br>Action of rotating electric<br>field during 10 days | $p$   | Воздействие<br>вращающегося<br>электрического поля<br>20 дней<br>Action of rotating electric<br>field during 20 days | $p$   |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Сиаловые кислоты, мкмоль/л<br>Sialic acids, $\mu\text{mol/l}$ | 15,87 [15,7; 15,9]      | 18,4 [18,2; 18,5]                                                                                                    | 0,024 | 16,3 [16,2; 16,3]                                                                                                    | 0,041 |
| Мукопротеины, мкЕд/мг<br>Muproteins, $\mu\text{U/mg}$         | 1410 [1409; 1411]       | 2225 [2220; 2235]                                                                                                    | 0,011 | 1641,0 [1640,0; 1643,5]                                                                                              | 0,011 |
| Фукоза, мг/кг   Fucosa, mg/kg                                 | 670,0 [667,5; 671,0]    | 832,5 [830,0; 839,0]                                                                                                 | 0,019 | 1112 [1111; 1112]                                                                                                    | 0,024 |
| $\alpha$ -L-фукозидаза, Ед/г<br>$\alpha$ -L-fucosidase, U/g   | 1350,0 [1349,5; 1353,0] | 2094 [2091; 2096]                                                                                                    | 0,024 | 2400 [2390; 2408]                                                                                                    | 0,021 |

**Таблица 2.** Компоненты углеводсодержащих биополимеров и  $\alpha$ -L-фукозидаза в гомогенате печени у стресс-неустойчивых крыс ( $n=6$ ) при действии вращающегося электрического поля

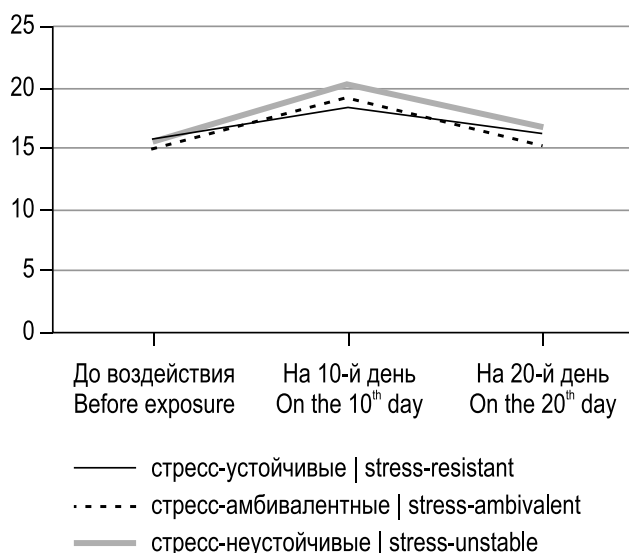
**Table 2.** Components of carbohydrate-containing biopolymers and  $\alpha$ -L-fucosidase in the liver homogenate in stress-unstable rats ( $n=6$ ) exposed to rotating electric field

| Показатель<br>Parameter                                       | Контроль<br>Control     | Воздействие<br>вращающегося<br>электрического поля<br>10 дней<br>Action of rotating electric<br>field during 10 days | $p$   | Воздействие<br>вращающегося<br>электрического поля<br>20 дней<br>Action of rotating electric<br>field during 20 days | $p$   |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Сиаловые кислоты, мкмоль/л<br>Sialic acids, $\mu\text{mol/l}$ | 15,6 [15,5; 18,8]       | 20,2 [20,1; 20,2]                                                                                                    | 0,020 | 16,8 [16,2; 17,4]                                                                                                    | 0,021 |
| Мукопротеины, мкЕд/мг<br>Muproteins, $\mu\text{U/mg}$         | 1443 [1441; 1448]       | 2547,0 [2545,0; 2552,5]                                                                                              | 0,011 | 1694,0 [1693,0; 1695,5]                                                                                              | 0,024 |
| Фукоза, мг/кг   Fucosa, mg/kg                                 | 670,0 [667,5; 675,0]    | 921 [920; 923]                                                                                                       | 0,019 | 1127 [1124; 1135]                                                                                                    | 0,024 |
| $\alpha$ -L-фукозидаза, Ед/г<br>$\alpha$ -L-fucosidase, U/g   | 1380,0 [1376,5; 1386,0] | 2251 [2250; 2256]                                                                                                    | 0,024 | 3279 [3273; 3283]                                                                                                    | 0,020 |

**Таблица 3.** Компоненты углеводсодержащих биополимеров и  $\alpha$ -L-фукозидаза в гомогенате печени у стресс-амбивалентных крыс ( $n=6$ ) при действии вращающегося электрического поля

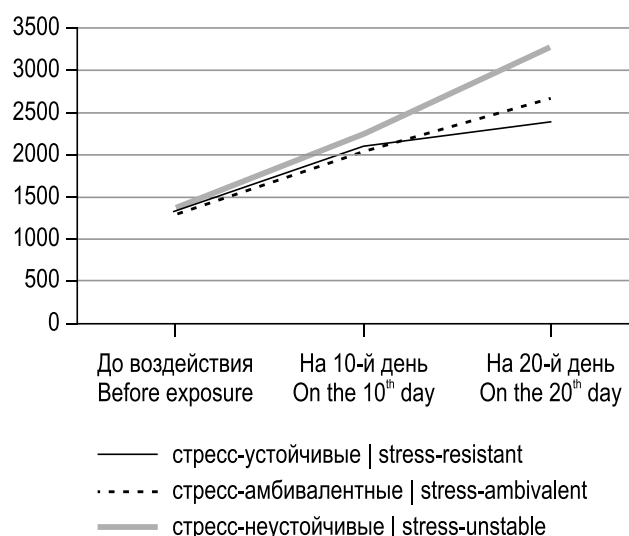
**Table 3.** Components of carbohydrate-containing biopolymers and  $\alpha$ -L-fucosidase in the liver homogenate in stress-ambivalent rats ( $n=6$ ) exposed to rotating electric field

| Показатель<br>Parameter                                       | Контроль<br>Control     | Воздействие<br>вращающегося<br>электрического поля<br>10 дней<br>Action of rotating electric<br>field during 10 days | $p$   | Воздействие<br>вращающегося<br>электрического поля<br>20 дней<br>Action of rotating electric<br>field during 20 days | $p$   |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Сиаловые кислоты, мкмоль/л<br>Sialic acids, $\mu\text{mol/l}$ | 15,2 [15,0; 15,4]       | 19,1 [18,9; 19,4]                                                                                                    | 0,021 | 15,35 [15,10; 15,80]                                                                                                 | 0,011 |
| Мукопротеины, мкЕд/мг<br>Muproteins, $\mu\text{U/mg}$         | 1482 [1474; 1487]       | 2445 [2437; 2452]                                                                                                    | 0,021 | 1659 [1656; 1660]                                                                                                    | 0,024 |
| Фукоза, мг/кг   Fucosa, mg/kg                                 | 647,5 [644,0; 650,0]    | 845 [844; 846]                                                                                                       | 0,019 | 1085 [1085; 1089]                                                                                                    | 0,01  |
| $\alpha$ -L-фукозидаза, Ед/г<br>$\alpha$ -L-fucosidase, U/g   | 1316,5 [1307,0; 1326,0] | 2045 [2040; 2050]                                                                                                    | 0,021 | 2670 [2667; 2672]                                                                                                    | 0,011 |



**Рис. 1.** Динамика концентрации сиаловых кислот в гомогенате печени крови у крыс на фоне влияния вращающегося электрического поля, мкмоль/л.

**Fig. 1.** Sialic acids concentration in rat liver homogenate by the duration of exposure to rotating electric field,  $\mu\text{mol/l}$ .

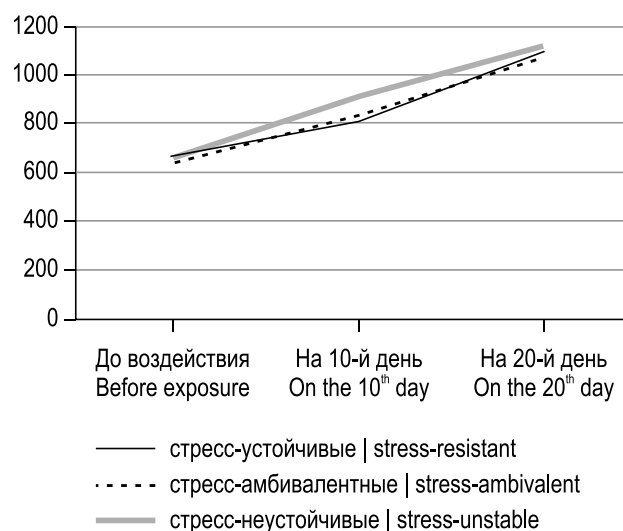


**Рис. 3.** Динамика содержания фукозидазы в гомогенате печени крови у крыс на фоне влияния вращающегося электрического поля, ЕД/г.

**Fig. 3.** Fucosidase level in rat liver homogenate by the duration of exposure to rotating electric field, U/g.

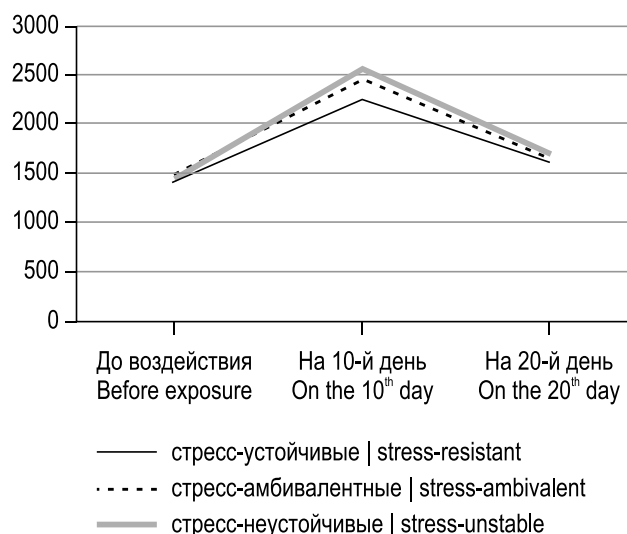
## ОБСУЖДЕНИЕ

На сегодняшний день геомагнитный фон планеты состоит из существующего электромагнитного поля Земли и поля искусственного генеза, сформированного массовым применением электрической и электромагнитной энергии человечеством. Доказано, что искусственно модифицированный фон внешней среды создаёт нагрузку на живой организм человека, что активирует его адаптивные функции [5, 7]. С кратковременными стрессовыми воздействиями каждый индивид сталкивается постоянно



**Рис. 2.** Динамика содержания фукозы в гомогенате печени крови у крыс на фоне влияния вращающегося электрического поля, мг/кг.

**Fig. 2.** Fucose concentration in rat liver homogenate by the duration of exposure to rotating electric field, mg/kg.



**Рис. 4.** Динамика содержания мукопротеинов в гомогенате печени крови у крыс на фоне влияния вращающегося электрического поля, мкЕд/кг.

**Fig. 4.** Mucoproteins concentration in rat liver homogenate by the duration of exposure to rotating electric field,  $\mu\text{U/kg}$ .

и ежедневно. Они имеют компенсаторно-адаптивный характер, так как активируют энергорезервы организма (поведенческие, вегетативно-соматические, метаболические и т.д.), а также содействуют повышению его резистентности к действию неблагоприятных факторов внешней среды [7, 15].

В отличие от кратковременного стресса, вызванного самыми разнообразными причинами (психозмоциональными, социальными, техногенными, экзогенными), хронический стресс приводит к дезинтеграции регуляторных

механизмов и к развитию того или иного патологического состояния. Гомеостатические константы, изменённые кратковременным стрессом, сравнительно быстро восстанавливаются. Нормализация этих показателей является следствием усиленной работы регуляторных механизмов, направленных на поддержание гомеостаза [15]. Длительное воздействие электромагнитного излучения как экзогенного стресс-фактора приводит к ускоренному истощению энергоресурсов организма, активации процессов клеточного апоптоза и необратимым деструктивным биологическим эффектам. В доступной литературе можно встретить довольно много исследований, посвящённых изучению влияния электромагнитного поля на организм человека (к примеру [5, 6]). При этом в отношении влияния техногенного ВЭП имеются единичные исследования, касающиеся гормональной и репродуктивной систем организма [4–6].

Таким образом, в настоящее время не вызывает сомнения факт, что ВЭП обладает выраженной биологической активностью на различные аспекты микроциркуляции, клеточный и стромальный компоненты органов с последующим изменением их функций.

Известно, что метаболизм углеводов содержащих биополимеров складывается из двух разнонаправленных процессов — анаболизма и катаболизма. На динамику изменения процессов синтеза указывает концентрация мукопротеинов, процессов распада — содержание сиаловых кислот и фукозы, а также  $\alpha$ -L-фукозидазы [10, 11, 16].

Результаты нашего исследования демонстрируют, что техногенный стресс изменяет метаболизм углеводов содержащих биополимеров в печени, а именно преобладают процессы распада, и степень изменений зависит от прогностической устойчивости к стресс-воздействию. Так, на 10-й день влияния техногенного ВЭП мы наблюдали резкое возрастание концентрации терминальных углеводов в составе гликопротеинов — сиаловых кислот и фукозы [10, 11]. Высокий уровень суммарных сиаловых кислот в гомогенате печени животных при действии ВЭП можно интерпретировать как усиление катаболизма углеводов содержащих биополимеров. Параллельно наблюдалось накопление фукозы в ткани печени и повышенная активность  $\alpha$ -L-фукозидазы, что может указывать на активацию воспалительных процессов. Известно, что фукозосодержащие гликопротеины являются составляющими комплексами острофазных и иммунных протеинов, поверхностных мембранных комплексов, трансформирующих трансмембранные сигналы в клетку [10–12].

Техногенный стресс физической этиологии, вызываемый ВЭП, не только специфически воздействует на организм, но и приводит к изменениям, свойственным классическому течению стресс-реакции, что является триггером гипоталамо-гипофизарно-надпочечникового вектора и продукции глюкокортикоидов, а также способствует выделению катехоламинов. Известно, что эти гормоны, являясь синергистами в регуляции углеводного обмена,

усиливают катаболические эффекты на метаболизм углеводов содержащих биополимеров путём активации аденилатциклазы [16, 17]. Состояние гиперкатехоламинемии, наблюдаемое при стрессе, также приводит к увеличению продукции печенью интерлейкина-6, который, по мнению ряда авторов, является индикатором защитных механизмов, таких как выработка печенью белков острой фазы [18].

Наши результаты согласуются с данными работ, в которых описана корреляция между уровнем 11-оксикортикостероидов, метаболизмом сиалогликопротеинов и биополимеров соединительной ткани. Авторы описывают катаболическое действие глюкокортикоидов на компоненты соединительной ткани [16, 17, 19].

Следует обратить внимание, что интенсивность катаболических процессов углеводов содержащих биополимеров ткани печени на 20-й день воздействия ВЭП заметно уменьшилась, а именно снизился уровень сиаловых кислот и мукопротеинов до цифр контроля в ткани печени во всех группах животных. Вероятно, это можно объяснить стадией адаптации к влиянию ВЭП и стабилизацией метаболизма углеводов содержащих биополимеров.

Известно, что в стрессовых условиях выявляются животные, устойчивые и предрасположенные к нарушению различных физиологических функций [20]. Действие ВЭП в наших исследованиях вызывало наиболее выраженные изменения у стресс-неустойчивых особей на 10-й день. В работе [21] описано, что чувствительность животных к эмоциональному стрессу определяется в первую очередь специфической организацией и нейромедиаторной интеграцией нейронов в гипоталамо-лимбико-ретикулярном комплексе. Он активируется при стресс-воздействии и запускает весь комплекс соматовегетативных проявлений. При этом механизмы реализации индивидуальной стресс-устойчивости формируются не только на уровне центральных регуляторов гомеостаза, но и на органном уровне. По-видимому, стресс-неустойчивые животные в меньшей степени способны выдерживать воздействие стрессирующих факторов, что приводит к негативным последствиям стресса в функционировании и регуляции работы различных систем организма, в том числе в метаболизме углеводов содержащих биополимеров.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленное исследование демонстрирует, что вращающееся электрическое поле вызывает существенные изменения содержания углеводов содержащих биополимеров в печени животных, способствуя активации катаболических процессов.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ/ ADDITIONAL INFORMATION

**Вклад авторов:** Т.С. Воронцова — концепция, получение и анализ данных, статистическая обработка результатов,

интерпретация данных, подготовка окончательного варианта статьи; Н.Н. Васильева — анализ данных, интерпретация данных; Е.Г. Бутолин и В.Г. Иванов — получение и анализ результатов биохимического исследования; Л.С. Исакова — концепция и дизайн исследования, окончательное утверждение присланной в редакцию рукописи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Authors' contribution:** T.S. Vorontsova — study conception and design, data acquisition and analysis, interpretation of the findings, writing of the final version of the manuscript; N.N. Vasileva — data analysis, interpretation of the results; E.G. Butolin and V.G. Ivanov — obtaining and analyzing the results of biochemical research;

L.S. Isakova — study conception and design, approval of the final version of the manuscript. All authors confirm that their authorship complies with the international ICMJE criteria. All authors confirm that their authorship meets the ICMJE criteria. All authors have made a significant contribution to the conception and implementation of the study, writing of the manuscript and approved the final version prior to submission.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки. Выполнялось за счёт аспиранта.

**Funding sources.** No external funding. All expenses were covered by the doctoral student.

**Конфликт интересов.** Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Салье Г. Очерки об адаптационном синдроме. Москва : Медгиз, 1960. 254 с.
2. Башкатова В.Г., Судаков С.К. Современные подходы к изучению генетически детерминированной устойчивости лабораторных животных к стрессорным нагрузкам (обзор) // Бюллетень медицинской науки. 2018. № 1. С. 34–37.
3. Эбзеева Е.Ю., Полякова О.А. Стресс и стресс-индуцированные расстройства // Медицинский совет. 2022. Т. 16, № 2. С. 127–133. doi: 10.21518/2079-701X-2022-16-2-127-133
4. Зайнаева Т.П., Егоркина С.Б. Влияние вращающегося электрического поля на систему «мать–плацента–плод» у крыс с разной прогностической стрессоустойчивостью // Экология человека. 2016. Т. 16, № 8. С. 3–7. doi: 10.33396/1728-0869-2016-8-3-7
5. Пряхин Е.А. Адаптивные реакции при воздействии факторов электромагнитной природы // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. 2006. № 6. С. 136–145.
6. Рябов Ю.Г., Ломаев Г.В., Тюренков С.Н. Вращающееся электрическое поле — физический фактор, подлежащий санитарному контролю // Технологии электромагнитной совместимости. 2017. № 1. С. 38–45.
7. Аманбаева Г.М. Исследование влияния электромагнитного излучения на живой организм // Проблемы современной науки и образования. 2018. № 13. С. 19–22.
8. Mizrahi M., Adar T., Lalazar G., et al. Glycosphingolipids prevent APAP and HMG-CoA reductase inhibitors-mediated liver damage: a novel method for “safer drug” formulation that prevents drug-induced liver injury // J Clin Transl Heparol. 2018. Vol. 6, N 2. P. 127–134. doi: 10.14218/JCTH.2017.00071
9. Воронцова Т.С., Исакова Л.С., Васильев Ю.Г., Васильева Н.Н. Влияние техногенного вращающегося электрического поля (ВЭП) на строение печени у крыс // Морфология. 2020. Т. 157, № 2-3. С. 52.
10. Visser E.A., Moons S.J., Timmermans S.B.P.E., et al. Sialic acid O-acetylation: from biosynthesis to roles in health and disease // J Biol Chem. 2021. Vol. 297, N 2. P. 100906. doi: 10.1016/j.jbc.2021.100906
11. Watanabe Y., Watanabe S., Fukui Y., et al. Functional and structural characterization of a novel L-fucose mutarotase involved in non-phosphorylative pathway of L-fucose metabolism // Biochem Biophys Res Commun. 2020. Vol. 528, N 1. P. 21–27. doi: 10.1016/j.bbrc.2020.05.094
12. Jin X., Zhou R., Huang Y. Role of inflammasomes in HIV-1 infection and treatment // Trends Mol Med. 2022. Vol. 28, N 5. P. 421–434. doi: 10.1016/j.molmed.2022.02.010
13. Абрамова А.Ю., Коплик Е.В., Алексеева И.В., Перцов С.С. Уровень глюкозы в крови крыс с разной поведенческой активностью в динамике многократных стрессорных воздействий // Российский медико-биологический вестник им. И.П. Павлова. 2019. Т. 27, № 1. С. 10–19. doi: 10.23888/PAVLOVJ201927110-19
14. Пермяков А.А., Елисеева Е.В. Анализ поведенческих реакций у экспериментальных животных с различной стрессоустойчивостью / под ред. Л.С. Исаковой. Ижевск : КнигоГрад, 2017. doi: 10.23648/PRNT.2124
15. Судаков К.В., Умрюхин П.Е. Системные основы эмоционального стресса. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2009. 105 с.
16. Вольхина И.В. Изменение содержания сиаловых кислот в плазме крови крыс при стрессовых воздействиях // Медицина: теория и практика. 2019. Т. 4. С. 144.
17. Вольхина И.В., Бутолин Е.Г. Оксидативный стресс и изменения показателей обмена сиалогликоконъюгатов печени крыс с аллоксановым диабетом // Сахарный диабет. 2022. Т. 25, Т 3. С. 249–255. doi: 10.14341/DM12763
18. Miller E.S., Apple C.G., Kannan K.B., et al. Chronic stress induces persistent low-grade inflammation // Am J Surg. 2019. Vol. 218, N 4. P. 677–683. doi: 10.1016/j.amjsurg.2019.07.006
19. Оксюзян А.В. Влияние даларгина на обмен сиалогликопротеинов в тканях желудка крыс различной устойчивостью к стрессу при длительной иммобилизации // Аспирантский вестник Поволжья. 2011. № 1-2. С. 199–201.
20. Юматов Е.А., Мещеряков О.А. Прогнозирование устойчивости к эмоциональному стрессу на основе индивидуального тестирования поведения // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 1990. Т. 40, № 3. С. 575–580.
21. Пшенникова М.Г. Стресс: регуляторные системы и устойчивость к стрессорным повреждениям // Дизрегуляторная патология. 2002. С. 307–328.

## REFERENCES

1. Selye H. *Essays on the adaptation syndrome*. Moscow: Medgiz; 1960. 254 p. (In Russ).
2. Bashkatova VG, Sudakov SK. Modern approaches to the study of genetically determined resistance of laboratory animals to stress loads (review). *Bulletin of Medical Science*. 2018;1:34–38. (In Russ).
3. Ebzeeva EYu, Polyakova OA. Stress and stress-induced disorders. *Medical Council*. 2022;16(2):127–133. (In Russ). doi: 10.21518/2079-701X-2022-16-2-127-133
4. Zajnaeva TP, Yegorkina SB. Impact of the low-frequency rotating electric field on the «mother–placenta–fetus» system in rats with various prognostic stress resistance. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2016;23(8):3–7. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2016-8-3-7
5. Prijahn EA. Adaptivnye reakcii pri vozdejstvii faktorov jelektromagnitnoj prirody. *Vestnik Cheljabinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*. 2006;(6):136–145. (In Russ).
6. Ryabov YuG, Lomaev HV, Tyurenkov SN. Rotating electromagnetic field — physical factor to sanitary inspection. *Technologies of electromagnetic compatibility (Tekhnologii elektromagnitnoi sovmestimosti)*. 2017;1:38–45. (In Russ).
7. Amanbaeva GM. Issledovanie vlijanija jelektromagnitnogo izlucheniya na zhivoj organism. *Problems of Modern Science and Education*. 2018;13:19–22. (In Russ).
8. Mizrahi M, Adar T, Lalazar G, et al. Glycosphingolipids prevent APAP and HMG-CoA reductase inhibitors-mediated liver damage: a novel method for “safer drug” formulation that prevents drug-induced liver injury. *J Clin Transl Hepatol*. 2018;6(2):127–134. doi: 10.14218/JCTH.2017.00071
9. Vorontsova TS, Isakova LS, Vasiliev YuG, Vasilyeva NN. Influence of technogenic rotating electric field on the structure of the liver in rats. *Morphology*. 2020;157(2-3):52–53. (In Russ).
10. Visser EA, Moons SJ, Timmermans SBPE, et al. Sialic acid O-acetylation: from biosynthesis to roles in health and disease. *J Biol Chem*. 2021;297(2):100906. doi: 10.1016/j.jbc.2021.100906
11. Watanabe Y, Watanabe S, Fukui Y, et al. Functional and structural characterization of a novel L-fucose mutarotase involved in non-phosphorylative pathway of L-fucose metabolism. *Biochem Biophys Res Commun*. 2020;528(1):21–27. doi: 10.1016/j.bbrc.2020.05.094
12. Jin X, Zhou R, Huang Y. Role of inflammasomes in HIV-1 infection and treatment. *Trends Mol Med*. 2022;28(5):421–434. doi: 10.1016/j.molmed.2022.02.010
13. Abramova AYU, Koplik EV, Alekseeva IV, Pertsov SS. Blood glucose level in rats with different behavioral activity in the dynamics of repeated stress exposures. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2019;27(1):10–19. (In Russ). doi: 10.23888/PAVLOVJ201927110-19
14. Permjakov AA, Eliseeva EV. *Analiz povedencheskih reakcij u jeksperimental'nyh zhivotnyh s razlichnoj stress-ustojchivost'ju*. Isakova LS, editor. Izhevsk: KnigoGrad; 2017. (In Russ).
15. Sudakov KV, Umrjuhin PE. *Sistemnye osnovy jemocional'nogo stressa*. Moscow: GJeOTAR-Media; 209. 105 p. (In Russ).
16. Volkina IV. Izmenenie soderzhanija sialovyh kislot v plazme krovi krys pri stressovyh vozdejstvijah. *Medicine: Theory and Practice*. 2019;4:144. (In Russ).
17. Volkina IV, Butolin EG. Oxidative stress and changes in liver sialoglycoconjugate metabolic parameters in rats with alloxanic diabetes mellitus. *Diabetes Mellitus*. 2022;25(3):249–255. (In Russ). doi: 10.14341/DM12763
18. Miller ES, Apple CG, Kannan KB, et al. Chronic stress induces persistent low-grade inflammation. *Am J Surg*. 2019;218(4):677–683. doi: 10.1016/j.amjsurg.2019.07.006
19. Oksuzyan AV. The Dalargin influence on the exchange of sialoglycoproteins in the tissues of rats stomach with different resistance to stress in prolonged immobilization. *Postgraduate Bulletin of the Volga Region*. 2011;(1-2):199–201. (In Russ).
20. Iumatov EA, Meshcheriakov OA. The prediction of resistance to emotional stress based on the individual testing of behavior. *Zh Vyssh Nerv Dejat Im I P Pavlova*. 1990;40(3):575–580. (In Russ).
21. Pshennikova MG. Stress: reguljatornye sistemy i ustojchivost' k stressornym povrezhdenijam. *Dizreguljacionnaja patologija*. 2002. P. 307–329. (In Russ).

## ОБ АВТОРАХ

**\* Воронцова Татьяна Сергеевна**, ассистент;  
адрес: 426034, Россия, Ижевск, ул. Коммунаров, д. 281;  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6343-8549>;  
eLibrary SPIN: 3899-4753;  
e-mail: solnoshko@udm.ru

**Васильева Наталья Николаевна**, д.м.н., доцент;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7062-9988>;  
eLibrary SPIN: 9263-3209;  
e-mail: doctornava@list.ru

**Бутолин Евгений Германович**, д.м.н., профессор;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4555-4969>;  
eLibrary Author ID: 283195;  
e-mail: kld.igma@mail.ru

**Иванов Вадим Геннадьевич**, к.м.н., доцент;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2194-0571>;  
eLibrary SPIN: 5289-8197;  
e-mail: kld.igma@mail.ru

**Исакова Лариса Сергеевна**, д.м.н., профессор;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4780-8720>;  
eLibrary SPIN: 6669-6007;  
e-mail: norm-phys\_igma@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

## AUTHORS' INFO

**\* Tatyana S. Vorontsova**, assistant lecturer;  
address: 281 Kommunarov street, 426034 Izhevsk, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6343-8549>;  
eLibrary SPIN: 3899-4753;  
e-mail: solnoshko@udm.ru

**Natalia N. Vasileva**, MD, Dr. Sci. (Med.), associate professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7062-9988>;  
eLibrary SPIN: 9263-3209;  
e-mail: doctornava@list.ru

**Evgeny G. Butolin**, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4555-4969>;  
eLibrary Author ID: 283195;  
e-mail: kld.igma@mail.ru

**Vadim G. Ivanov**, MD, Cand. Sci. (Med.), associate professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2194-0571>;  
eLibrary SPIN: 5289-8197;  
e-mail: kld.igma@mail.ru

**Larisa S. Isakova**, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4780-8720>;  
eLibrary SPIN: 6669-6007;  
e-mail: norm-phys\_igma@mail.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco117532>

# Поправки при анализе временных рядов с учётом географических различий фотопериода

О.Н. Рагозин<sup>1</sup>, П.Б. Татаринцев<sup>1</sup>, И.А. Погонышева<sup>2</sup>, А.Б. Гудков<sup>3</sup>,  
Е.Ю. Шаламова<sup>1</sup>, Д.А. Погонышев<sup>2</sup>, А.А. Бейсембаев<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, Ханты-Мансийск, Российская Федерация;

<sup>2</sup> Нижневартковский государственный университет, Нижневартковск, Российская Федерация;

<sup>3</sup> Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Российская Федерация;

<sup>4</sup> Кыргызско-Российский Славянский университет им. первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина, Бишкек, Киргизская Республика

## АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена результатам разработки поправок при анализе временных рядов физиологических и демографических показателей населения с учётом географических различий фотопериода.

В ходе разработки применяли результаты исследований биологических ритмов при помощи авторских программ, использующих вейвлет-анализ и фотопериодическую устойчивость хронотипа при адаптации к условиям северного региона, сменной работе в норме, соматической и психической патологии. Проведена оценка многолетних демографических ритмов населения, проживающего в различных регионах России.

В результате поисково-аналитической работы и анализа опубликованных ранее данных сделано и обосновано предложение использовать для стандартизации и ранжирования межсезонных, межрегиональных исследований в хронофизиологическом формате расчётного «фотопериодического широтного коэффициента». По мнению авторов, повышения точности результатов можно добиться, применяя «коэффициент зашумлённости сигнала», оценку «степени полиритмичности» и «индекса нестабильности ритма» при наличии «вставочных», или «квантованных», ритмов.

**Ключевые слова:** анализ временных рядов; зашумлённость; полиритмичность; вставочные/квантованные ритмы; фотопериодический широтный коэффициент.

## Как цитировать:

Рагозин О.Н., Татаринцев П.Б., Погонышева И.А., Гудков А.Б., Шаламова Е.Ю., Погонышев Д.А., Бейсембаев А.А. Поправки при анализе временных рядов с учётом географических различий фотопериода // Экология человека. 2023. Т. 30, № 2. С. 139–149. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco117532>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco117532>

## Corrections for geographical differences in photoperiod in time-series analysis

Oleg N. Ragozin<sup>1</sup>, Pavel B. Tatarinzev<sup>1</sup>, Irina A. Pogonysheva<sup>2</sup>, Andrei B. Gudkov<sup>3</sup>, Elena Yu. Shalamova<sup>1</sup>, Denis A. Pogonyshev<sup>2</sup>, Anvar A. Beisembaev<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russian Federation;

<sup>2</sup> Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russian Federation;

<sup>3</sup> Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation;

<sup>4</sup> Kyrgyz-Russian Slavic University named after the First President of the Russian Federation B.N. Yeltsin, Bishkek, Kyrgyz Republic

### ABSTRACT

This article presents the results of the development of the corrections for geographical differences and photoperiodism in time-series analyses of physiological and demographic indicators.

the models were created using the results of the studies of biological rhythms obtained using the software developed by the author using wavelet analysis and photoperiodic stability of the chronotype during adaptation to the conditions of the North, shift work in healthy individuals as well as in subjects with somatic or mental pathology. We also assessed long-term demographic rhythms of the population living in different regions of Russia.

For standardization and ranking of interseasonal, inter-regional studies (physiology of movements and shift work) in chronophysiological format, we propose the use of the calculated "photoperiodic latitudinal coefficient". To improve the accuracy of the models, we propose the use of the "signal- noise coefficient" in the interpretation of the results, an assessment of the "degree of polyrhythmicity" and the "rhythm instability index" in the presence of "inserted" or "quantized" rhythms.

**Keywords:** time-series analysis; noise; polyrhythmicity; insertion/quantized rhythms; photoperiodic latitudinal coefficient.

### To cite this article:

Ragozin ON, Tatarinzev PB, Pogonysheva IA, Gudkov AB, Shalamova EYu, Pogonyshev DA, Beisembaev AA. Corrections for geographical differences in photoperiod in time-series analysis. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(2):139–149.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco117532>

Received: 14.12.2022

Accepted: 03.03.2023

Published online: 19.03.2023

## ОБОСНОВАНИЕ

Хронобиология — раздел биологии, изучающий циклические процессы в биологических системах разного уровня организации [1], который включает исследования в области анатомии, физиологии, генетики, молекулярной биологии и биологии поведения организмов [2]. Хрономедицина базируется на хронобиологии и использует её данные для совершенствования профилактики, диагностики и лечения заболеваний. Основной задачей хрономедицины является выявление и коррекция десинхронизации как одного из патогенетических факторов развития патологии. История становления хронобиологии как науки изложена во многих обзорах [3, 4], в том числе отражены методология [5], методы [6] и способы математического анализа ритмов [7].

Временной ряд — это составленные в неодинаковые моменты времени статистические данные о величине каких-либо параметров изучаемого процесса, который значительно отличается от обычной выборки, так как при рассмотрении учитывается корреляция измерений со временем, а не только статистические характеристики [8, 9]. Если процесс, отклонившись от начального уровня, возвращается к нему же — это цикл; повторяющиеся циклы создают ритм. Колебания называют ритмическими, если они повторяются не менее 3–5 раз и их параметры при этом сохраняются [10]. Такие временные ряды и являются предметом хронобиологических исследований. Принадлежность ритмов к различным частотным группам, изменение их амплитудно-фазовых характеристик при экзо- и эндогенных воздействиях, смена сезонов и широтные перемещения создают трудности при интерпретации результатов хронобиологических проектов.

**Цель нашего исследования.** Разработать поправки при анализе временных рядов физиологических и демографических показателей населения с учётом географических различий фотопериода.

## МЕТОДЫ

Изучением временной организации биологических ритмов в течение многих лет занимаются отечественные [11–14] и зарубежные учёные [15, 16]. Результаты этих исследований обобщены в ряде монографий [17, 18]. Основным инструментом для хронобиологов многие годы являлся косинор-анализ, предложенный Ф. Халбергом (1969) [19]. Он используется в хронобиологии и хрономедицине [20, 21], но исследования, направленные на изучение ультра- и инфрадианных составляющих, способствовали поиску и применению новых методов анализа ритмических колебаний.

В то время как задача регистрации физиологических параметров технически решена, проблема математической обработки результатов и их интерпретации нуждается в дальнейшем изучении. Проблемы расшифровки

материалов длительной регистрации связаны со сложностью структуры получаемых данных, образованных суперпозицией различных ритмов вкупе с разного рода трендами и флуктуациями. Так, спектральный анализ приводит к функциям одной переменной, но только при варианте стационарной модели процесса, что не всегда выполнимо в клинических условиях. Серьёзным ограничением методов спектрального анализа является его слабое разрешение в области низких частот, что затрудняет выявление продолжительных временных колебаний с периодом в сотни и тысячи лет. Обозначенные выше факторы обуславливают переход к более сложному математическому аппарату, такому как разложение на эмпирические моды [22], модели авторегрессии и скользящего среднего [23].

Одним из часто применяющихся методов является спектрально-временной анализ [24], а также его модификации по спектрально-корреляционному анализу временных рядов и взаимному анализу временных рядов [25]. Некоторые исследователи применяют анализ сингулярного спектра, который предполагает трансформацию одномерного временного ряда в многомерный ряд и использование в дальнейшем метода главных компонент [26].

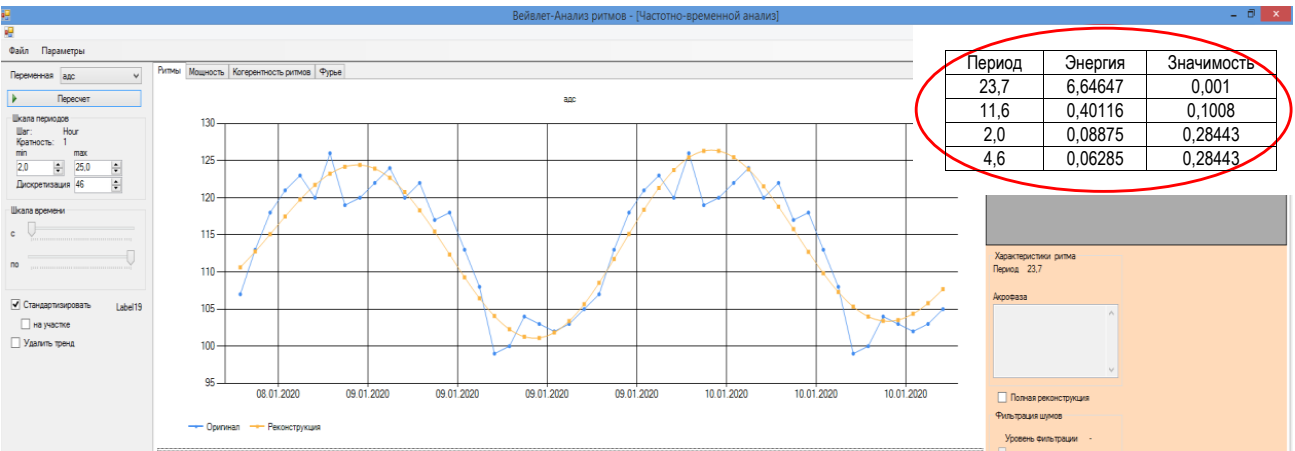
В последнее время обработку временных рядов проводят с помощью вейвлет-анализа. Вейвлет (*англ.* wavelet, небольшая волна, рябь) — это функция, позволяющая анализировать частотные компоненты данных. Вейвлет-спектрограммы принципиально отличаются от обычных спектров Фурье тем, что дают чёткую привязку спектра сигналов ко времени [27].

Наблюдаются отличия в характеристиках биологических ритмов у детей и пожилых людей [28], мужчин и женщин [29], здоровых и больных [13]. Сезон наблюдения и продолжительность исследования также имеют значение. Очень важна точка отсчёта начала ритма: астрономическая (00 ч 00 мин) или социальная (8–9 ч утра). Регламент исследований будет зависеть от объекта: вид; особь/индивидуум; популяция/коллектив; уровень организации (семья/школа/фирма/завод/страна/цивилизация).

В работе проанализированы результаты исследований биологических ритмов, в том числе при помощи авторских программ, использующих вейвлет-анализ [30] и определяющих фотопериодическую устойчивость хронотипа [31] при адаптации к условиям северного региона [32], сменной работе [33–37] в норме [38], соматической [39] и психической патологии [40, 41]. Проведена оценка многолетних демографических ритмов населения, проживающего в различных регионах России [42–44].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

При вейвлет-анализе некоторых биологических и демографических параметров зачастую обнаруживаются один или несколько более высокоэнергетических значимых ритмов и несколько незначимых. В такой ситуации,



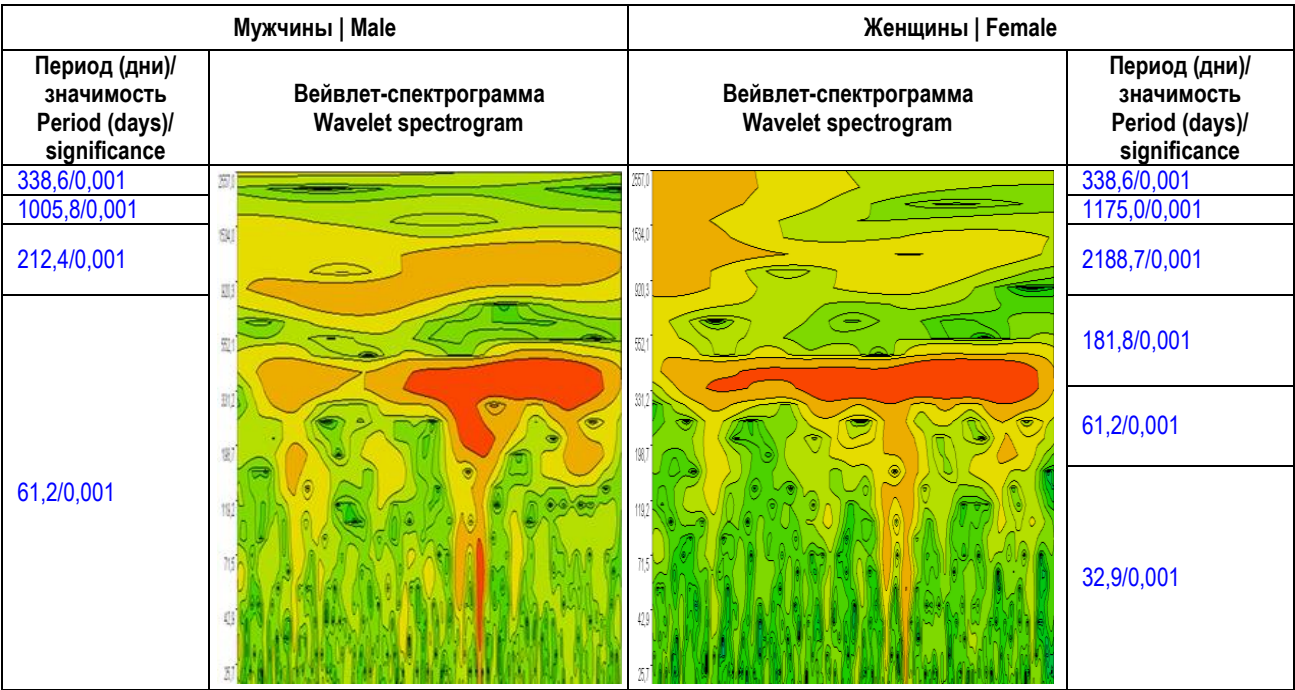
**Рис. 1.** Фрагмент скриншота результатов вейвлет-анализа многолетней вариабельности обрацаемости в службу «Скорая медицинская помощь» в г. Ханты-Мансийске.  
**Fig. 1.** A fragment of a screenshot of the results of wavelet analysis of ambulance calls in Khanty-Mansiysk.

с одной стороны, можно говорить о зашумлённости и обозначать это состояние как «коэффициент зашумлённости сигнала» (отношение значимого ритма/ритмов к незначимым). В приведённом примере на рис. 1 этот коэффициент составляет  $1/3=0,33$ . С другой стороны, возникает вопрос о «степени полиритмичности» как о количестве значимых ритмов в данном временном ряду. На рис. 2 у мужчин «степень полиритмичности» составляет 4, у женщин — 6.

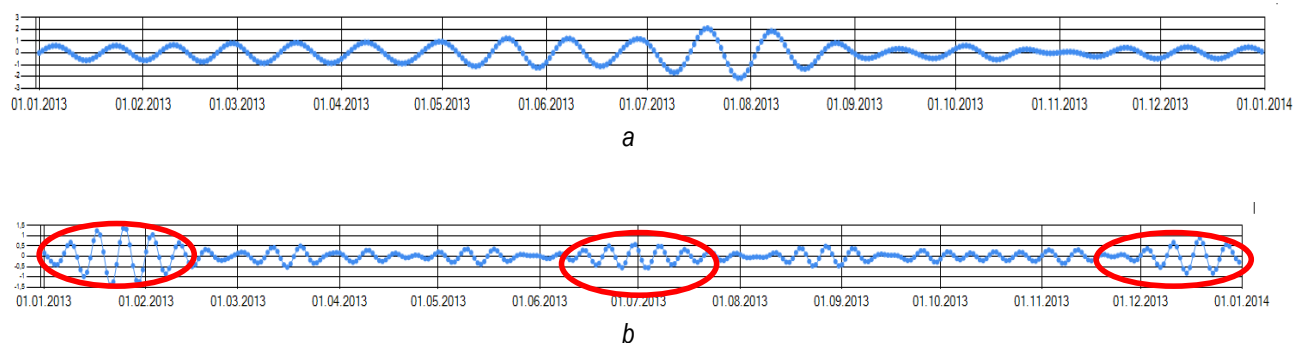
И та, и другая формы нарушения/модификации ритмической структуры могут наблюдаться при различных эндо- и экзогенных воздействиях: от нарушений систем

регуляции показателя (стресс, болезнь) [13] до внешних модулирующих воздействий (гелиоклиматические факторы) [39].

Вейвлет-анализ позволяет судить, как меняется спектральный состав временного ряда со временем, так как разложение сигнала производится в плоскости wavelet-коэффициентов (масштаб–время–уровень, *англ.* scale–time–amplitude). По этой причине при рассмотрении всего периода наблюдений необходимо отслеживать, имеет ли место постоянный ритм (рис. 3, а) или наблюдается кратковременная ритмическая активность (рис. 3, б) на фоне постоянного ритма.



**Рис. 2.** Количество значимых ритмов возникновения обострения заболеваний у мужчин и женщин по данным обрацаемости в службу «Скорая медицинская помощь» населения г. Ханты-Мансийска.  
**Fig. 2.** The number of significant rhythms of disease exacerbation in men and women according to the data on ambulance calls in Khanty-Mansiysk.



**Рис. 3.** Примеры постоянных и вставочных (квантованных) ритмов: *a* — окологодная вариабельность относительной влажности воздуха с одним периодом (7,8 сут), но с изменением амплитуды колебаний; *b* — сезонные квантованные (вставочные) ритмы температуры воздуха в г. Ханты-Мансийске в 2013 году.

**Fig. 3.** Examples of constant and intercalary (quantized) rhythms: *a* — circannual variability of relative humidity with one period (7.8 days), but with a change in the amplitude of oscillations; *b* — seasonal quantized (inserted) rhythms of air temperature in Khanty-Mansiysk in 2013.

Кратковременные ритмы, которые встраиваются в основную ритмическую организацию, предлагается называть «вставочными» по аналогии со вставочными экстрасистолами, или «квантованными», используя физико-математическую терминологию. Наличие этих «всплесков» ритмической активности (термин, предложенный К.И. Осолковым [45]) предполагает расчёт «индекса нестабильности ритма» как отношения продолжительности вставочного ритма к наблюдаемому периоду. Например, за годовой период отмечается значимая циркасеппанная (околонедельная) активность показателя только в течение четырёх месяцев, а значит, индекс нестабильности составляет  $4/12=0,33$ , и это только при одном «вставочном», или «квантованном», ритме (см. рис. 3, *b*).

Одним из методов оценки адекватности хронобиологического паттерна человека или популяции является определение уровня десинхронизации [46]. Эндогенный и экзогенный, острый и хронический, физиологический и патологический, явный и скрытый, центральный и периферический, природный и социальный — это лишь некоторые варианты десинхронизации в многообразии деятельности человека в окружающем его мире. Многие исследователи предлагают свои методы качественной и количественной оценки десинхронизации. Сравниваются вечерние и утренние значения биохимических показателей, применяются амплитудно-фазовые характеристики ритмов, ультрадианности, балльная оценка риска развития десинхронизации.

Основными экзогенными синхронизаторами ритмов являются смена дня и ночи, сезонные и годовые колебания геофизических факторов, что необходимо учитывать в исследованиях закономерностей кратковременной и долговременной адаптации человека при воздействии экстремальных внешних факторов и реакции на широтное перемещение. При многолетних хронобиологических исследованиях в разных регионах России [47] приходится сталкиваться с последствиями влияния изменённого фотопериода на структуру ритмов, в том числе и в зависимости

от хронотипа обследуемых [37]. Это делает необходимым учёт особенностей режима естественной освещённости на конкретной территории.

В качестве поправки при сравнении результатов исследований, различающихся в географическом и временном аспектах, предлагаем использовать понятие «фотопериодический широтный коэффициент». Он представляет собой нормальный логарифм отношения продолжительности дня и ночи в конкретной географической точке, что можно отследить на астрономических сайтах (табл. 1), к дате исследования.

Колебания коэффициента показывают, что в высоких широтах (Мурманск,  $68^{\circ}58'45''$  N) он будет изменяться от  $-(\infty)$  в день зимнего солнцестояния (полярная ночь) до  $+(\infty)$  в день летнего солнцестояния (полярный день). В средних (Москва,  $55^{\circ}45'0''$  N) и южных (Владикавказ,  $43^{\circ}02'12''$  N) широтах России фотопериодический коэффициент будет приобретать отрицательные значения в период зимнего и положительные — в период летнего солнцестояния. При переходе в Южное полушарие (Порт-Луи, о. Маврикий,  $20^{\circ}10'58''$  S) наблюдается инверсия знака: коэффициент будет положительным зимой и отрицательным летом. Изменения логарифма отношения «день/ночь» в дни осеннего и весеннего равноденствий можно не учитывать, поскольку их колебания в описываемых широтах незначительны, так же как и в дни солнцестояния, когда  $\infty$  при умножении даёт  $\infty$ , при делении получается ноль (см. табл. 1).

Применение данного поправочного коэффициента может выглядеть следующим образом при использовании формулы оценки десинхронизации (*D*) по характеристикам ритма [33]:

$$D = \text{УИ} \left( \frac{AT1 + AT2 + AT3 + AT4 + AT5}{(K1 + K2 + K3 + K4 + K5)} - \Delta M \right) \times 100,$$

где: УИ — ультрадианный индекс, определяемый как отношение единицы к количеству достоверно вычисленных ритмов;

**Таблица 1.** Примеры динамики фотопериодического широтного коэффициента в зависимости от географической широты и сезона 2022 года

**Table 1.** Examples of the dynamics of the photoperiodic latitudinal coefficient across latitudes and seasons in 2022

| Город (широта)<br>City (latitude)                               | Осеннее<br>равноденствие<br>(23 сентября) |      | Зимнее<br>солнцестояние<br>(22 декабря) |       | Весеннее<br>равноденствие<br>(20 марта) |      | Летнее<br>солнцестояние<br>(21 июня) |       |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------|-----------------------------------------|-------|-----------------------------------------|------|--------------------------------------|-------|
|                                                                 | Autumn equinox<br>(September 23)          |      | Winter solstice<br>(December 22)        |       | Spring equinox<br>(March 20)            |      | Summer solstice<br>(June 21)         |       |
|                                                                 | день/ночь<br>day/nights                   | ln   | день/ночь<br>day/nights                 | ln    | день/ночь<br>day/nights                 | ln   | день/ночь<br>day/nights              | ln    |
| Мурманск, Россия<br>Murmansk, Russia<br>(68°58'45" N)           | 12:11/11:49                               | 0,03 | 00:00/24:00                             | −(∞)  | 12:21/11:39                             | 0,05 | 24:00/00:00                          | +(∞)  |
| Москва, Россия<br>Moscow, Russia<br>(55°45'0" N)                | 12:08/11:52                               | 0,02 | 07:00/17:00                             | −0,88 | 12:14/11:46                             | 0,03 | 17:34/04:24                          | 1,38  |
| Владикавказ, Россия<br>Vladikavkaz, Russia<br>(43°02'12" N)     | 12:07/11:53                               | 0,01 | 09:03/16:57                             | −0,62 | 12:10/11:50                             | 0,02 | 15:25/08:35                          | 0,59  |
| Порт-Луи, о. Маврикий<br>Port Louis, Mauritius<br>(20°10'58" S) | 12:06/11:54                               | 0,01 | 13:23/10:37                             | 0,23  | 12:08/11:52                             | 0,02 | 10:57/13:03                          | −0,18 |

**Таблица 2.** Примерные значения фотопериодического широтного коэффициента в виде нормального логарифма (ln) в зависимости от географической широты в периоды зимнего и летнего солнцестояния

**Table 2.** Approximate values of the photoperiodic latitude coefficient in the form of a normal logarithm (ln) across latitudes during the winter and summer solstices

| Географическая широта<br>Latitude               | Зимнее солнцестояние<br>Winter solstice |      | Летнее солнцестояние<br>Summer solstice |       |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|------|-----------------------------------------|-------|
|                                                 | день/ночь<br>day/nights                 | ln   | день/ночь<br>day/nights                 | ln    |
| 80° с. ш.   N                                   | 00:00/24:00                             | −∞   | 24:00/00:00                             | +∞    |
| 70° с. ш.   N, Норильск   Norilsk               | 00:00/24:00                             | −∞   | 24:00/00:00                             | +∞    |
| 60° с. ш.   N, Ханты-Мансийск   Khanty-Mansiysk | 18:59/05:01                             | 1,33 | 05:16/18:44                             | −1,27 |
| 50° с. ш.   N, Воронеж   Voronezh               | 16:31/07:29                             | 0,79 | 07:38/16:22                             | −0,76 |
| 40° с. ш.   N, Дербент   Derbent                | 09:00/15:00                             | 0,52 | 15:07/08:53                             | 0,53  |

**Таблица 3.** Динамика фотопериодического широтного коэффициента в виде нормального логарифма (ln) в зависимости от даты исследования в 2023 году

**Table 3.** Dynamics of the photoperiodic latitude coefficient in the form of a normal logarithm (ln) depending on the date of the study in 2023

| Город (широта)<br>City (latitude)                    | Продолжительность светового дня   Duration of daylight |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                      | Месяцы   Months                                        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                                      | 01.01                                                  | 01.02 | 01.03 | 01.04 | 01.05 | 01.06 | 01.07 | 01.08 | 01.09 | 01.10 | 01.11 | 01.12 |
| Ханты-Мансийск<br>Khanty-Mansiysk<br>(60° с. ш.   N) | 05:28                                                  | 07:36 | 10:14 | 13:11 | 15:59 | 18:23 | 18:50 | 16:52 | 14:05 | 11:18 | 08:24 | 05:57 |
| ln                                                   | −1,22                                                  | −0,77 | −0,30 | 0,20  | 0,69  | 1,19  | 1,29  | 0,86  | 0,35  | −0,12 | −0,62 | −1,11 |
| Дербент   Derbent<br>(40° с. ш.   N)                 | 09:04                                                  | 09:55 | 11:09 | 12:37 | 13:57 | 14:55 | 15:04 | 14:19 | 13:03 | 11:39 | 10:15 | 09:13 |
| ln                                                   | −0,50                                                  | −0,35 | −0,14 | 0,10  | 0,33  | 0,50  | 0,52  | 0,39  | 0,18  | −0,06 | −0,29 | −0,47 |

АТ — амплитудно-периодный коэффициент, определяемый как отношение амплитуды ритма к его периоду;  $K=d+\Delta A_k$  — градиент смещения акрофазы ( $A_k$ ) ритма, где  $d$  — доверительный интервал акрофазы;  $\Delta A_k=f(x)-f(x+\Delta x)$ , где  $x$  — исходное (или нормативное) значение  $A_k$ ,  $\Delta x$  — зарегистрированное после воздействия стресс-фактора;  $\Delta M=(y+\Delta y)$  — величина изменения средне-суточного уровня (мезора), где  $y$  — исходный уровень мезора;  $\Delta y$  — величина мезора после воздействия стресс-фактора.

### Пример 1

В ходе исследования в г. Ханты-Мансийске (61°00'15" N) в зимний период (03.12.2021 г.) при появлении ультрадианных ритмов, но незначительном приросте мезора уровень десинхронизации составляет 15 усл. ед. Фотопериодический широтный коэффициент при заданных координатах и дате равен –1,084. Уровень десинхронизации при умножении на фотопериодический широтный коэффициент равняется –16,26 усл. ед.

### Пример 2

При исследовании в г. Владикавказе (43°02'13" N) в эту же дату (03.12.2021 г.) уровень десинхронизации ниже за счёт отсутствия ультрадианных ритмов, меньшего амплитудно-периодного коэффициента и фазового сдвига, и составляет 4,61 усл. ед. Фотопериодический широтный коэффициент составляет –0,467. Уровень десинхронизации при умножении на фотопериодический широтный коэффициент равняется –2,15 усл. ед.

### Пример 3

Применение фотопериодического широтного коэффициента (табл. 2) возможно при изучении интегральных величин, указывающих на состояние организма и уровень десинхронизации.

### Пример 4

Увеличение и уменьшение светового дня на разных широтах происходит с различной скоростью, поэтому необходимо оценивать динамику поправки на фотопериод в зависимости от даты проведения исследований (табл. 3).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью стандартизации и ранжирования межсезонных, межрегиональных исследований (физиология перемещений, вахтовый труд) в хронофизиологическом формате предлагается использование расчётного

«фотопериодического широтного коэффициента». Применение для анализа ритмов вейвлет-преобразования с целью повышения точности результатов предполагает использование в интерпретации результатов «коэффициента зашумлённости сигнала», оценку «степени полиритмичности» и «индекса нестабильности ритма» при наличии «вставочных», или «квантованных», ритмов.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

**Вклад авторов:** О.Н. Рагозин — существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, редактирование и окончательное утверждение рукописи; П.Б. Татаринцев — существенный вклад в математический анализ результатов исследования; А.Б. Гудков — существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, редактирование первого варианта статьи; И.А. Погonyшева — анализ данных, составление электронной базы исследования; Е.Ю. Шаламова — набор первичного материала, подготовка первого варианта статьи; Д.А. Погonyшев — набор первичного материала, составление электронной базы исследования; А.А. Бейсембаев — анализ данных. 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).

**Authors' contribution:** O.N. Ragozin — a significant contribution to the concept and design of the study, editing and final approval of the manuscript; P.B. Tatarintzev — a significant contribution to the mathematical analysis; A.B. Gudkov — a significant contribution to the concept and design of the study, editing the first draft; I.A. Pogonysheva — data analysis, compilation of the electronic database of the study; E.Yu. Shalamova — a set of primary material, preparation of the first draft; D.A. Pogonyshchev — a set of primary material, compilation of the electronic database of the study; A.A. Beisembaev — data analysis. 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.

**Источник финансирования.** Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда и Правительства ХМАО — Югры № 22–15–20023 (<https://rscf.ru/project/22-15-20023/>).

**Funding sources.** The study was supported by the Russian Science Foundation and the Government of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug — Yugra (Grant # 22–15–20023, <https://rscf.ru/project/22-15-20023/>).

**Конфликт интересов.** Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комаров Ф.И., Рапопорт С.И. Хронобиология и хрономедицина. Москва : Триада-Х, 2000. 488 с.
2. Dunlap J.C., Loros J.J., De Coursey P.J. Chronobiology: biological timekeeping. Sinauer Associates Inc. Sunderland. Massachusetts, 2003. 382 p.
3. Рапопорт С.И., Чибисов С.М., Бреус Т.К., и др. Хронобиология и хрономедицина / под ред. С.М. Чибисова, С.И. Рапопорта, М.Л. Благонравова. Москва : РУДН, 2018. 822 с.
4. Путилов А.А. Камо грядеши, хронопсихология? // Журнал высшей нервной деятельности. 2021. Т. 71, № 2. С. 244–269. doi: 10.31857/S004446772102009X
5. Ермаков Л.Н. Биологические ритмы в популяционной регуляции (приглашение к дискуссии) // Успехи современной биологии. 2018. Т. 138, № 3. С. 312–320. doi: 10.7868/S0042132418030092
6. Анохов И.В. Трудовые и производственные волны, циклы и ритмы в деятельности фирмы как результат воздействия внешнего импульса // Экономика труда. 2019. Т. 6, № 1. С. 39–56. doi: 10.18334/et.6.1.40458
7. Дещеревский А.В., Журавлев В.И., Никольский А.Н., Сидорин А.Я. Анализ ритмов в экспериментальных сигналах // Геофизические процессы и биосфера. 2017. Т. 16, № 2. С. 55–73. doi: 10.21455/GPB2017.2-2
8. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. Москва : Мир, 1976. 755 с.
9. Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование. Москва : Финансы и статистика, 2001. 226 с.
10. Hildebrandt G., Moser M., Lohfer M. Chronobiologie und chronomedizin. Stuttgart, 2002. 213 p.
11. Агаджанян Н.А., Шабатура Н.Н. Биоритмы, спорт, здоровье. Москва : Физкультура и спорт, 1989. 207 с.
12. Емельянов И.П. Формы колебаний в биоритмологии. Новосибирск : Наука. Сибирское отделение, 1976. 127 с.
13. Зенина О.Ю., Макарова И.И., Игнатова Ю.П., Аксенова А.В. Хронофизиология и хронопатология сердечно-сосудистой системы (обзор литературы) // Экология человека. 2017. Т. 24, № 1. С. 25–33. doi: 10.33396/1728-0869-2017-1-25-33
14. Кокорина Н.В., Татаринцев П.Б., Касаткин А.М. Применение дендрохроноиндикационных методов в оценке воздействия сжигания попутного нефтяного газа на хвойные породы в условиях средней тайги Западной Сибири // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2015. Т. 25, № 1. С. 19–23.
15. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Принципы и управление. Москва : Мир, 1974. 197 с.
16. Кендал М., Стьюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды / под ред. А.Н. Колмогорова, Ю.В. Прохорова. Москва : Наука, 1976. 736 с.
17. Карп В.П., Катинас Г.С. Вычислительные методы анализа в хронобиологии и хрономедицине. Санкт-Петербург : Восточная корона, 1997. 115 с.
18. Катинас Г.С., Чибисов С.М., Халаби Г.М., Дементьев М.В. Аналитическая хронобиология / под ред. С.М. Чибисова. Москва-Бейрут, 2017. 224 с.
19. Хальберг Ф. Хронобиология // Кибернетический сборник. 1972. № 9. С. 189–247.
20. Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н., Нопин С.В., Погулева Л.Г. Биологические ритмы в спорте: методы исследования и анализа. Ессентуки : ФГБУ СКФНКС ФМБА России, 2017. 32 с.
21. Nelson W., Tong Y.L., Lee J.K., Halberg F. Methods for cosinorhythmometry // Chronobiologia. 1979. V. 6, N 4. P. 305–323.
22. Богачев М.И., Каюмов А.Р., Красичков А.С., Маркелов О.А. Математические методы выявления регулярных и статистических закономерностей в биомедицинских и экологических данных большого объема. Санкт-Петербург : Издательство СПбГЗТУ «ЛЭТИ», 2012. 176 с.
23. Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница» / под ред. Д.Л. Данилова, А.А. Жиглявского. Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет, 1997. 308 с.
24. Гамбурцев А.Г., Александров С.И., Беляков А.С., и др. Атлас временных вариаций природных процессов. Москва : Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, 1994. 176 с.
25. Витязев В.В. Спектрально-корреляционный анализ равномерных временных рядов. Санкт-Петербург : Издательство Санкт-Петербургского университета, 2001. 48 с.
26. Петров В.А., Савин А.С., Хохлов А.А., Четов А.И. Анализ временных рядов методом «Гусеница»-SSA в BigData // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем»; Апрель 20–24, 2015; Москва. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26574829>
27. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. Москва : СОЛОН-Пресс, 2004. 440 с.
28. Чернилевский В.Е. Участие биоритмов организма в процессах развития и старения. Гипотеза резонанса. В кн.: Доклады МОИП. Москва : Мультипринт, 2008. С. 123–139.
29. Матюхин В.А., Кривошеков С.Г., Демин Д.В. Физиология перемещений человека и вахтовый труд. Новосибирск : Новосибирское отделение издательства «Наука», 1986. 200 с.
30. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2014611398 от 03.02.2014 г. Рагозин О.Н., Бочкарев М.В., Косарев А.Н., и др. Программа исследования биологических ритмов методом вейвлет-анализа.
31. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2019661664 от 05.09.2019 г. Рагозин О.Н., Шаламова Е.Ю., Татаринцев П.Б. Калькулятор фотопериодической устойчивости.
32. Радыш И.В., Рагозин О.Н., Шаламова Е.Ю. Биоритмы, качество жизни, здоровье. Москва : РУДН, 2016. 457 с.
33. Симонов В.Н., Бочкарев М.В., Рагозин О.Н. Десинхронизация гемодинамических параметров при сменной работе // Ульяновский медико-биологический журнал. 2011. № 4. С. 84–89.
34. Бочкарев М.В., Симонов В.Н., Рагозин О.Н. Влияние сменной работы на функциональную активность эпифиза в сезонные изменения фотопериода, характерного для северного региона // Владикавказский медико-биологический вестник. 2012. Т. 14, № 22. С. 32–35.

35. Бочкарев М.В., Симонов В.Н., Рагозин О.Н., Радыш И.В. Временная организация параметров центральной гемодинамики у людей с различной продолжительностью рабочей смены в периоды измененного фотопериодизма // Технологии живых систем. 2012. Т. 9, № 4. С. 20–24.
36. Симонов В.Н., Бочкарев М.В., Рагозин О.Н. Сочетанное влияние сменной работы и измененного фотопериода северного региона на здоровье человека // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2012. № S7. С. 196–197.
37. Рагозин О.Н., Гудков А.Б., Шаламова Е.Ю., и др. Фотопериодическая устойчивость и распределение хронотипов у молодых жителей Севера при разной организации деятельности // Экология человека. 2022. Т. 29, № 9. С. 653–661. doi: 10.17816/humeco106583
38. Шаламова Е.Ю., Рагозин О.Н., Сафонова В.Р. Биоритмологические особенности и элементы десинхроноза параметров центральной гемодинамики у студентов северного медицинского вуза // Экология человека. 2016. Т. 23, № 6. С. 26–32. doi: 10.33396/1728-0869-2016-6-26-32
39. Рагозин О.Н., Радыш И.В., Бреус Т.К. Гелиоклиматические факторы и хронопатология северного региона. В кн.: Хронобиология и хрономедицина / под ред. С.М. Чибисова, С.И. Рапопорта, М.Л. Благоднарова. Москва, 2018. С. 134–166.
40. Рагозин О.Н., Бочкарев М.В., Сметаненко Т.В. Динамика психоэмоциональных компонентов личности у жителей Севера при измененной функциональной активности эпифиза в условиях короткого светового дня // Психофармакология и биологическая наркологию. 2008. Т. 8, № 1-2-2. С. 2376.
41. Кот Т.Л., Рагозин О.Н. Сезонная динамика ритмов параметров центральной гемодинамики у больных с депрессивными расстройствами, проживающих в северном регионе // Психиатрия, психотерапия и клиническая психология. 2014. № 3. С. 98–104.
42. Рагозин О.Н., Петров И.М., Кривых Е.А., и др. Географические и социальные особенности временных вариаций смертности в различных регионах России // Медицинская наука и образование Урала. 2019. Т. 20, № 3. С. 146–149.
43. Рагозин Р.О., Чурсина И.И., Рагозин О.Н., Шаламова Е.Ю. Многолетние демографические ритмы коренного и пришлого населения ХМАО — Югры // Вестник угроведения. 2020. Т. 10, № 2. С. 390–397. doi: 10.30624/2220-4156-2020-10-2-390-397
44. Рагозин О.Н., Радыш И.В., Шаламова Е.Ю., и др. Климат — здоровье — демография: ритмы вокруг нас результаты многолетнего исследования в ХМАО — Югре. Москва : РУДН, 2021. 177 с.
45. Новиков И.Я., Стечкин С.Б. Основы теории всплесков // Успехи математических наук. 1998. Т. 53, вып. 6. С. 53–128.
46. Агаджанян Н.А., Губин Д.Г. Десинхроноз: механизмы развития от молекулярно-генетического до организменного уровня // Успехи физиологических наук. 2004. Т. 35, № 2. С. 57–72.
47. Бочкарев М.В., Симонов В.Н., Рагозин О.Н., Радыш И.В. Временная организация параметров центральной гемодинамики у людей с различной продолжительностью рабочей смены в периоды измененного фотопериодизма // Технологии живых систем. 2012. Т. 9, № 4. С. 20–24.

## REFERENCES

1. Komarov FI, Rapoport SI. *Hronobiologija i hronomedicina*. Moscow: Triada-H; 2000. 488 p. (In Russ).
2. Dunlap JC, Loros JJ, De Coursey PJ. *Chronobiology: biological timekeeping*. Sinauer Associates Inc. Sunderland. Massachusetts; 2003. 382 p.
3. Rapoport SI, Chibisov SM, Breus TK, i dr. *Chronobiologija i hronomedicina: monographia*. Chibisov SM, Rapoport SI, Blagodarov ML, editors. Moscow: RUDN, 2018. 822 p. (In Russ).
4. Putilov AA. Quō vādis, chronopsychology? *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti imeni I.P. Pavlova*. 2021;71(2):244–269. (In Russ). doi: 10.31857/S004446772102009X
5. Erdakov LN. Biologicheskie ritmy v populjacionnoj reguljácii (priglasenie k diskussii). *Uspehi sovremennoj biologii*. 2018;138(3):312–320. (In Russ). doi: 10.7868/S0042132418030092
6. Anokhov IV. Labor and industrial waves, cycles and rhythms in the activities of the company as a result of exposure to external shock. *Russian Journal of Labor Economics*. 2019;6(1):39–56. (In Russ). doi: 10.18334/et.6.1.40458
7. Desherevskii AV, Zhuravlev VI, Nikolsky AN, Sidorin AY. Analysis of rhythms in experimental signals. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2017;53(8):847–858. (In Russ). doi: 10.21455/GPB2017.2-2
8. Anderson TV. *Statisticheskij analiz vremennyh rjadov*. Moscow: Mir; 1976. 755 p. (In Russ).
9. Afanas'ev VN, Juzbashev MM. *Analiz vremennyh rjadov i prognozirovanie*. Moscow: Finansy i statistika; 2001. 226 p. (In Russ).
10. Hildebrandt G, Moser M, Lehofer M. *Chronobiologie und chronomedizin*. Stuttgart; 2002. 213 p.
11. Agadzhanjan NA, Shabatura NA. *Bioritmy, sport, zdorov'e*. Moscow: Fizkul'tura i sport, 1989. 207 p. (In Russ).
12. Emel'janov IP. *Formy kolebanij v bioritmologii*. Novosibirsk: Nauka. Sibirskoe otdelenie; 1976. 127 p. (In Russ).
13. Zenina OYu, Makarova II, Ignatova YuP, Aksenova AV. Chronophysiology and chronopathology of cardiovascular system (literature review). *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2017;24(1): 25–33. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2017-1-25-33
14. Kokorina NV, Tatarintcev PB, Kasatkin AM. Application of dendrochronoinidication methods to estimate the influence of associated gas burning on coniferous species in west-Siberian middle taiga. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2015;25(1):19–23. (In Russ).
15. Boks Dzh, Dzenkins G. *Analiz vremennyh rjadov: prognoz i upravlenie*. Moscow: Mir; 1974. 197 p. (In Russ).
16. Kendal M, St'juart A. *Mnogomernyj statisticheskij analiz i vremennye rjady*. Kolmogorova AN, Prohorova JuV, editors. Moscow: Nauka; 1976. 736 p. (In Russ).
17. Karp VP, Katinas GS. *Vychislitel'nye metody analiza v hronobiologii i hronomedicine*. Saint Petersburg: Vostochnaja korona; 1997. 115 p. (In Russ).
18. Katinas GS, Chibisov SM, Halabi GM, Dementyev MV. *Analiticheskaja hronobiologija*. Moskva-Bejrut; 2017. Chibisov SM, editor. 224 p. (In Russ).

19. Halberg F. Hronobiologija. *Kiberneticheskij sbornik*. 1972;(9):189–247. (In Russ).
20. Korjagina JuV, Ter-Akopov GN, Nopin SV, Roguleva LG. *Biologicheskie ritmy v sporte: metody issledovaniya i analiza*. Essentuki: FGBU SKFNKC FMBA Rossii; 2017. 32 p. (In Russ).
21. Nelson W, Tong YL, Lee JK, Halberg F. Methods for cosinor-rhythmometry. *Chronobiologia*. 1979;6(4):305–323.
22. Bogachev MI, Kajumov AR, Krasichkov AS, Markelov OA. *Matematicheskie metody vyjavleniya reguljarnyh i statisticheskikh zakonomernostej v biomedicinskih i jekologicheskikh dannyh bol'shogo obema*. Saint Petersburg: «LETI»; 2012. 151 p. (In Russ).
23. *Glavnye komponenty vremennyh ryadov: metod «Gusenica»*. Danilova DL, Zhigljavskogo AA, editors. Saint Petersburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet; 1997. 307 p. (In Russ).
24. Gamburtcev AG, Aleksandrov SI, Belyakov AS, i dr. *Atlas of natural processes*. Moscow: Institut fiziki Zemli im. OJu Shmidta RAN; 1994. 176 p. (In Russ).
25. Vitjazev VV. *Spektral'no-korreljacionnyj analiz ravnomernyh vremennyh ryadov*. Saint Petersburg: Izdatel'stvo Sankt-Peterburgskogo universiteta; 2001. 48 p. (In Russ).
26. Petrov VA, Savin AS, Hohlov AA, Chetov AI. Analiz vremennyh ryadov metodom “Gusenica”-SSA v BigData. *Materialy Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem “Informacionno-telekommunikacionnye tehnologii i matematicheskoe modelirovanie vysokotekhnologichnyh system”*; 2015 Apr 20–24; Moscow. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26574829> (In Russ).
27. D'jakonov VP. *Vejvlety. Ot teorii k praktike*. Moscow: SOLON-Press; 2004. 440 p. (In Russ).
28. Chernilevskij VE. *Uchastie bioritmov organizma v processah razvitiya i starenija. Gipoteza rezonansa*. In: Doklady MOIP. Moscow: Mul'tiprint; 2008. P. 123–139. (In Russ).
29. Matjuhin VA, Krivoshekov SG, Demin DV. *Fiziologiya peremeshchenij cheloveka i vahtovyj trud*. Novosibirsk: Novosibirskoe otделение izdatel'stva “Nauka”; 1986. 200 p. (In Russ).
30. Svidetel'stvo o registracii programmy dlja JeVM RU 2014611398 ot 03.02.2014 g. Ragozin ON, Bochkarev MV, Kosarev AN, et al. *Programma issledovaniya biologicheskikh ritmov metodom vejvlet-analiza*. (In Russ).
31. Svidetel'stvo o registracii programmy dlja JeVM 2019661664 ot 05.09.2019 g. Ragozin ON, Shalamova EJu, Tatarincev PB. *Kal'kuljator fotoperiodicheskoj ustojchivosti*. (In Russ).
32. Radysh IV, Ragozin ON, Shalamova EJu. *Bioritmy, kachestvo zhizni, zdorov'e*. Moscow: RUDN; 2016. 457 p. (In Russ).
33. Simonov VN, Bochkarev MV, Ragozin ON. Desynchronization hemodynamic parameters of shift work. *Ulyanovsk Medico-biological Journal*. 2011;(4):84–89. (In Russ).
34. Bochkarev MV, Simonov VN, Ragozin ON. The effect of shift work on the epiphysis functional activity while the seasonal changes of photoperiod, specific for the northern region. *Vladikavkazskij mediko-biologicheskij vestnik*. 2012;14(22):32–35. (In Russ).
35. Bochkarev MV, Simonov VN, Ragozin ON, Radysh IV. Time organisation of central hemodynamic parameters of people with different shifts in periods of the changed photoperiodism. *Technologies of living systems*. 2012;9(4):20–24. (In Russ).
36. Simonov VN, Bochkarev MV, Ragozin ON. Combined effects of shift work and the changed photoperiod of the northern region on human health. *RUDN Journal of Medicine*. 2012;S(7):196–197. (In Russ).
37. Ragozin ON, Gudkov AB, Shalamova EJ, et al. Photoperiodic stability and distribution of chronotypes in young residents of the north with different organization of activities. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(9):653–661. (In Russ). doi: 10.17816/humeco106583
38. Shalamova EJu, Ragozin ON, Safonova VR. Biorhythmological particulars and elements of the desynchronization of the central hemodynamics parameters in the students of the northern medical higher educational institution. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2016;23(6):26–32. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2016-6-26-32
39. Ragozin ON, Radysh IV, Breus TK. Gelioklimaticheskie faktory i hronopatologija severnogo regiona. In: *Hronobiologija i hronomedicina*. Chibisov SM, Rapoport SI, Blagonravov ML, editors. Moscow; 2018. P. 134–166. (In Russ).
40. Ragozin ON, Bochkarev MV, Smetanenkov TV. Dinamika psihojemoacional'nyh komponentov lichnosti u zhitelej Severa pri izmenennoj funkcional'noj aktivnosti jepifiza v uslovijah korotkogo svetovogo dnja. *Psychopharmacology and biological narcology*. 2008;8(1-2-2):2376. (In Russ).
41. Kot T, Ragozin O. Seasonal dynamics of rhythms parameters of central hemodynamics in patients with depression disorders living in the northern region. *Psychiatry, Psychotherapy and Clinical Psychology*. 2014;(3):98–104. (In Russ).
42. Ragozin ON, Petrov IM, Krivyykh EA, et al. Geographical and social features of mortality temporal variations in different regions of Russia. *Medical Science and Education of Ural*. 2019;20(3):146–149. (In Russ).
43. Ragozin RO, Chursina II, Ragozin ON, Shalamova EYu. Long-term demographic rhythms of indigenous and alien population of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug — Yugra. *Bulletin of Ugric Studies*. 2020;10(2):390–397. (In Russ). doi: 10.30624/2220-4156-2020-10-2-390-397
44. Ragozin ON, Radysh IV, Shalamova EYu, et al. *Klimat — zdorov'e — demografija: ritmy vokrug nas rezul'taty mnogoletnego issledovaniya v HMAO — Jugre*. Moscow: RUDN, 2021. 177 p. (In Russ).
45. Novikov IJa, Stechkin SB. Osnovy teorii vspleskov. *Uspekhi matematicheskikh nauk*. 1998;53(6):53–128. (In Russ).
46. Agadjanyan NA, Gubin DG. Desynchronization: mechanisms of development from molecular to systemic levels. *Progress in Physiological Science*. 2004;35(2):57–72. (In Russ).
47. Bochkarev MV, Simonov VN, Ragozin ON, Radysh IV. Time organisation of central hemodynamic parameters of people with different shifts in periods of the changed photoperiodism. *Technologies of living systems*. 2012;9(4):20–24. (In Russ).

## ОБ АВТОРАХ

**\* Рагозин Олег Николаевич**, д.м.н., профессор;  
адрес: Россия, 628011, Ханты-Мансийск, ул. Мира, д. 40;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5318-9623>;  
eLibrary SPIN: 7132-3844;  
e-mail: oragozin@mail.ru

**Татаринцев Павел Борисович**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5029-4906>;  
eLibrary SPIN: 4629-7917;  
email: ic472pbt@ya.ru

**Гудков Андрей Борисович**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5923-0941>;  
eLibrary SPIN: 4369-3372;  
e-mail: gudkovab@nsmu.ru

**Погонышева Ирина Александровна**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5759-0270>;  
eLibrary SPIN: 6095-8392;  
e-mail: severina.i@bk.ru

**Шаламова Елена Юрьевна**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5201-4496>;  
eLibrary SPIN: 8125-9359;  
e-mail: selenzik@mail.ru

**Погонышев Денис Александрович**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8815-1556>;  
eLibrary SPIN: 1179-9674;  
e-mail: d.pogonyshev@mail.ru

**Бейсембаев Анвар Акунович**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7922-3367>;  
eLibrary SPIN: 3876-8206;  
e-mail: anvar.kg@gmail.com

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

## AUTHORS' INFO

**\* Oleg N. Ragozin**, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;  
address: 40 Mira street, 628011 Hanty-Mansijsk, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5318-9623>;  
eLibrary SPIN: 7132-3844;  
e-mail: oragozin@mail.ru

**Pavel B. Tatarinzev**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5029-4906>;  
eLibrary SPIN: 4629-7917;  
email: ic472pbt@ya.ru

**Andrei B. Gudkov**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5923-0941>;  
eLibrary SPIN: 4369-3372;  
e-mail: gudkovab@nsmu.ru

**Irina A. Pogonysheva**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5759-0270>;  
eLibrary SPIN: 6095-8392;  
e-mail: severina.i@bk.ru

**Elena Yu. Shalamova**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5201-4496>;  
eLibrary SPIN: 8125-9359;  
e-mail: selenzik@mail.ru

**Denis A. Pogonyshev**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8815-1556>;  
eLibrary SPIN: 1179-9674;  
e-mail: d.pogonyshev@mail.ru

**Anvar A. Beisembaev**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7922-3367>;  
eLibrary SPIN: 3876-8206;  
e-mail: anvar.kg@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco76381>

# Анализ ассоциации инфраструктуры с образом жизни населения: актуальность, дизайн и методология

М.В. Попович, А.В. Концевая, Е.В. Усова, В.А. Зиновьева, М.В. Лопатина, О.М. Драпкина

Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины, Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

Формирование социально-комфортной градостроительной среды имеет большое значение для уменьшения рисков здоровью проживающего населения. Результаты многих зарубежных исследований, посвящённых оценке городской инфраструктуры, свидетельствуют о значительном влиянии элементов окружающей среды (застройки, транспорта, дизайна улиц, общественных пространств), а также доступа к таким ресурсам инфраструктуры, как здоровое питание, зоны для отдыха и места для занятий физической активностью, на здоровье проживающего населения.

В России научно-исследовательская работа, посвящённая изучению и анализу ассоциаций факторов риска неинфекционных заболеваний и муниципальной инфраструктуры с использованием специально разработанного для этих целей программного обеспечения проводилась впервые и в связи с этим представляется целесообразным представить аудитории методологию исследования.

Цели данной статьи — описание актуальности, дизайна исследования и методологии комплексной оценки фактического состояния инфраструктуры муниципалитета, влияющей на здоровье проживающего населения, а также анализ ассоциации инфраструктуры с образом жизни населения для формирования единого профилактического пространства на уровне муниципалитета и разработки комплексной межсекторальной программы укрепления здоровья с учётом факторов риска здоровью населения на конкретной территории муниципалитета.

**Ключевые слова:** городская инфраструктура; среда проживания; городское планирование; общественное здоровье; здоровый образ жизни; укрепление здоровья населения; физическая активность; факторы риска; озеленение; пищевой статус населения.

## Как цитировать:

Попович М.В., Концевая А.В., Усова Е.В., Зиновьева В.А., Лопатина М.В., Драпкина О.М. Анализ ассоциации инфраструктуры с образом жизни населения: актуальность, дизайн и методология // Экология человека. 2023. Т. 30, № 2. С. 151–161. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco76381>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco76381>

# Analysis of the associations between urban infrastructure and population lifestyle: rationale, study design and methodology

Marina V. Popovich, Anna V. Kontsevaya, Ekaterina V. Oussova, Veronika A. Zinovieva, Marija V. Lopatina, Oksana M. Drapkina

National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russian Federation

## ABSTRACT

The creation of a socially comfortable urban environment is crucial for reducing health risks among the population. Numerous foreign studies have shown that urban infrastructure such as buildings, transportation, street design, public spaces, and access to resources such as healthy food, recreational areas, and places for physical activity have a significant contribution to the health of urban residents.

In Russia, the evidence on this topic is still scarce. Therefore, it is important to introduce the research methodology of the first Russian study on the associations between urban environment and population lifestyle. The aim of this article is to describe the rationale for the study, the study design, and the methodology of a comprehensive assessment of the municipal infrastructure that affects the health of the population. Additionally, the article will analyze the association between infrastructure and lifestyle to create a unified preventive environment at the municipal level. This will lead to the development of a comprehensive intersectoral health promotion program that takes into account the risk factors for the health of the population in a specific municipality.

**Keywords:** urban infrastructure; living environment; urban planning; public health; healthy lifestyle; health promotion; physical activity; risk factors; green spaces; nutritional status of the population.

## To cite this article:

Popovich MV, Kontsevaya AV, Oussova EV, Zinovieva VA, Lopatina MV, Drapkina OM. Analysis of the associations between urban infrastructure and population lifestyle: rationale, study design and methodology. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(2):151–161. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco76381>

Received: 22.07.2021

Accepted: 25.02.2023

Published online: 13.03.2023

## ВВЕДЕНИЕ

Формирование здорового образа жизни населения, профилактика и контроль неинфекционных заболеваний (НИЗ) являются одной из важнейших межотраслевых проблем политики Российской Федерации, что нашло своё отражение в Указе Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». В целях достижения поставленных задач разработаны национальные и федеральные проекты, в том числе в области профилактики заболеваний и укрепления здоровья — Федеральный проект «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек» («Укрепление общественного здоровья»), одной из задач которого является разработка и реализация региональных и муниципальных программ укрепления общественного здоровья [1].

В настоящее время накоплен значительный опыт исследований по оценке влияния городской инфраструктуры на здоровье проживающего населения. Результаты этих исследований свидетельствуют о значительном влиянии элементов инфраструктуры (застройки, транспорта, дизайна улиц, общественных пространств), а также доступа к таким ресурсам инфраструктуры, как здоровое питание, зоны отдыха и места для занятий физической активностью, на здоровье проживающего населения.

Вопросам влияния инфраструктурных изменений среды обитания на состояние здоровья человека уделяется должное внимание на международном уровне. Проектирование городов, способствующих здоровью, в настоящее время является глобальным приоритетом, основанным на десятилетней программе ВОЗ «Здоровые города». Организация Объединённых Наций (ООН) в 2015 году в планах повышения безопасности и обеспечения устойчивого развития городов до 2030 года также выделила задачи, нацеленные на обеспечение здорового образа жизни. Конференция ООН по жилищному строительству и устойчивому городскому развитию 2016 года (Habitat III) [2] подготовила почву для новой программы, включающей стандарты обеспечения устойчивого развития городов. В конце 2016 года Шанхайская декларация ВОЗ подтвердила приверженность к планированию городского пространства для укрепления здоровья [3].

Построенная среда характеризуется значительным потенциалом для общественного здравоохранения, поскольку обеспечивает регулярность воздействия на протяжении всей жизни человека. «Построенная среда» (*англ.* built environment) — это всеобъемлющий термин, используемый в литературе для описания объективных и субъективных особенностей инфраструктуры проживания человека. В редакции ВОЗ построенная среда включает в себя строительный и транспортный дизайн города, в том числе открытые зелёные насаждения, велосипедные дорожки/

тротуары, торговые центры, бизнес-комплексы и жилые помещения [4].

В 2016 году M.J. Nieuwenhuijsen предложены концептуальные понятия, которые описывают связи между городским и транспортным планированием, окружающей средой и здоровьем населения [5].

Интерес к оценке влияния места проживания на здоровье растёт за последние 20 лет в геометрической прогрессии. Эта тенденция связана с эпидемиологическими исследованиями, направленными на объяснение различий состояния здоровья в разных географических районах и группах населения, а также с признанием того факта, что на здоровье человека влияют не только индивидуальные характеристики, но и групповой контекст проживания [6–28].

В качестве методов и инструментов рассматривались такие понятия, как *exposome* (совокупность факторов окружающей среды, влияющей на регуляцию генов и индивидуальное развитие организмов), *citizens science* и *citizens observers* (участие общественности в научных исследованиях), *environmental* (учёт воздействия на окружающую среду), *personal and remote sensing* (персональные и дистанционные исследования/измерения), а также оценка воздействия на здоровье. Эти понятия могут быть использованы для улучшения понимания и информирования о политике и действиях.

Анализ инфраструктуры проживания, согласно зарубежному опыту, базируется на методах, определяемых специалистами как объективные, субъективные и экспертные [6].

К объективным методам относят оценку инфраструктуры, проводимую с помощью геоинформационных технологий (GIS-технологий), которые представляют многоуровневый информационный анализ (например, население, дорожные сети, землепользование, расположение торговых центров и др.).

К субъективным и экспертным методам оценки относят анкетирование населения, непосредственно проживающего на изучаемой территории, и опрос экспертов по разработанным шаблонам вопросов, которые используются в зарубежной практике довольно часто.

Представленные в зарубежных публикациях методологические подходы к оценке влияния инфраструктуры на здоровье проживающего населения стали важным ориентиром для разработки универсального инструмента оценки существующей инфраструктуры муниципальных образований в субъектах РФ и её влияния на здоровье человека с последующей разработкой муниципальных программ укрепления здоровья населения.

**Цели исследования.** Создание модели комплексной оценки фактического состояния инфраструктуры муниципалитета, влияющей на здоровье, и анализ ассоциации инфраструктуры с образом жизни населения, а также формирование единого профилактического пространства на уровне муниципалитета/субъекта и разработка

комплексной межсекторальной программы укрепления здоровья с учётом факторов риска здоровью населения на конкретной территории (муниципалитете/субъекте).

Исследование выполнено в Национальном медицинском исследовательском центре терапии и профилактической медицины Министерства здравоохранения РФ в рамках государственного задания. Такая научно-исследовательская работа, посвящённая анализу ассоциаций факторов риска НИЗ и муниципальной инфраструктуры с использованием специально разработанного для этих целей программного обеспечения, проводилась в России впервые. В связи с этим авторы сочли целесообразным представить аудитории методологию и дизайн проведения исследования.

Первые результаты по оценке существующей муниципальной инфраструктуры настоящего исследования отражены в публикации [7].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В соответствии с поставленными целями настоящее исследование по дизайну является наблюдательным. В нём будут использованы данные по распространённости факторов риска НИЗ, полученные в рамках многоцентрового наблюдательного исследования «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в регионах Российской Федерации. Третье исследование» (ЭССЕ-РФ3).

Объектом исследования выбраны следующие элементы инфраструктуры муниципалитета:

- медицинские организации (в том числе негосударственные): поликлиники, сосудистые центры, центры здоровья, отделения/кабинеты медицинской профилактики, многопрофильные клинично-диагностические центры, медицинские лаборатории, аптеки;
- средняя протяжённость (расстояние в километрах) между остановками общественного транспорта в пилотных муниципалитетах;
- спортивные объекты: воркауты; физкультурно-оздоровительные комплексы; бассейны; стадионы; скверы; парковые зоны с возможностями для бега, спортивной ходьбы, прогулок, велодорожками, баскетбольными, волейбольными площадками; фитнес-клубы; спортивные залы; велопрокаты;
- магазины: продуктовые; ярмарки/рынки с выбором свежих овощей и фруктов; отделы алкогольной продукции в магазинах и супермаркетах; отдельные магазины, специализирующиеся на продаже алкоголя; точки продажи табака и табачных изделий, в том числе кальянов и продукции для кальянов; кальянные;
- предприятия общественного питания: точки быстрого питания (фастфуды, стритфуды); рестораны, кафе, столовые;
- реклама: на билбордах, на транспорте, в магазинах, в объектах питания;

- промышленные предприятия: заводы, энергокомплексы (ГЭС, ТЭЦ).

Для изучения фактической инфраструктуры будут сформированы интерактивные карты выбранных муниципалитетов. С целью формирования требований к разработке шаблона интерактивной карты для оценки существующей инфраструктуры муниципалитетов, влияющей на здоровье проживающего населения, на первом этапе будут проводиться анализ и экспертная оценка инфраструктуры изучаемых муниципалитетов из открытых доступных источников. На следующем этапе создаётся шаблон интерактивной карты для оценки инфраструктуры муниципалитетов и маска ввода первичных данных по объектам изучения этой инфраструктуры. Будет разработано специальное программное обеспечение, которое позволяет отображать различные типы данных по выбранным элементам инфраструктуры муниципалитетов для проведения необходимой в рамках исследования аналитики. Эта программа будет загружена в планшеты, с помощью которых исследователи осуществляют фотофиксацию всех объектов инфраструктуры муниципалитетов, подлежащих оценке в соответствии с Протоколом исследования.

Инструментом для проведения исследования является специализированное программное обеспечение, размещённое на планшете и позволяющее с помощью фотофиксации в реальном времени визуализировать данные на карте муниципалитета.

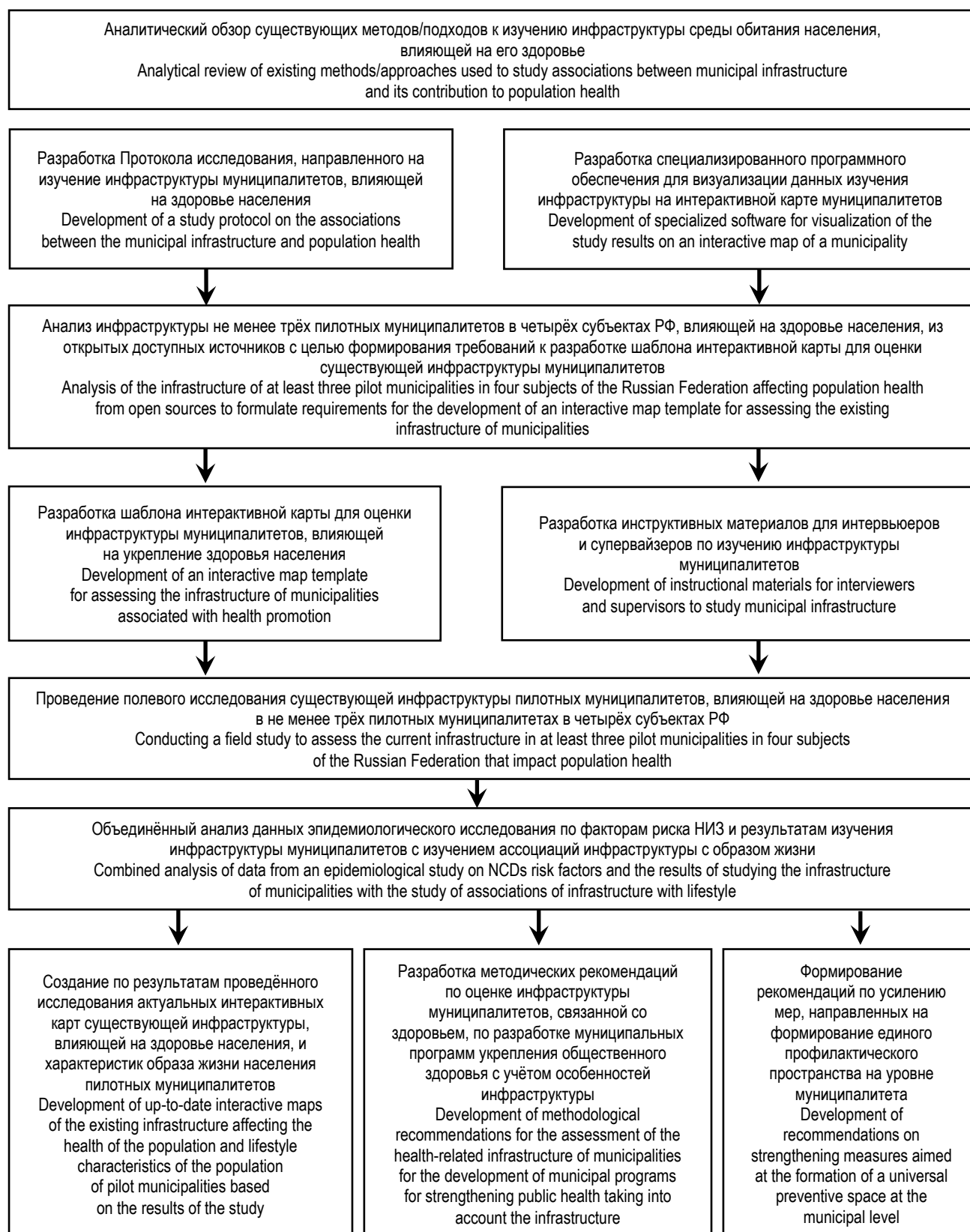
### Дизайн исследования

Наблюдательное исследование запланировано и проведено в четырёх субъектах РФ. Поскольку в его цели заложена оценка фактического состояния инфраструктуры муниципалитета, влияющей на здоровье, и анализ её ассоциации с образом жизни населения, факторами риска НИЗ, то критерием включения субъекта в исследование послужило завершение проведения эпидемиологического исследования ЭССЕ-РФ3 на момент начала пилотного исследования по оценке инфраструктуры муниципалитета.

Для оценки инфраструктуры муниципалитетов, оказывающей влияние на здоровье населения, выбраны элементы, влияние которых на здоровье проживающего населения уже изучено и научно обосновано в зарубежной научной литературе, а также добавлены дополнительные элементы, которые оказали влияние на здоровье населения (рис. 1).

## ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПИЛОТНЫХ СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В каждом из четырёх субъектов РФ для исследования были отобраны по 3–5 муниципалитетов с учётом локальных условий и возможностей, а также максимального



**Рис. 1.** Дизайн исследования. НИЗ — неинфекционные заболевания.

**Fig. 1.** Study design. NCDs — noncommunicable diseases.

количества респондентов, проживающих в этих муниципалитетах и вошедших в базу ЭССЕ-РФЗ.

На основе опыта ранее проведённых эпидемиологических исследований выработаны унифицированные правила, этапы и их содержание, инструкции для исследователей по проведению работы с учётом особенностей настоящего исследования.

Согласно разработанному протоколу, проведение исследования было запланировано в три этапа (рис. 2).

### Первый этап: подготовка к исследованию

**Знакомство с пакетом документов, определение объектов исследования, формирование и тренинг исследовательской команды.** Ответственный исполнитель пилотного субъекта РФ изучает пакет документов по исследованию, общие цели и задачи, сроки выполнения работ, этапы организации исследования, особенности

используемых методов и средств. На основании критериев включения осуществляется выбор муниципалитетов, в которых будет проводиться изучение инфраструктуры (3–5 муниципалитетов в каждом из трёх пилотных субъектов РФ).

Исходя из региональных особенностей, ответственный исполнитель формирует команду исследователей с распределением непосредственного функционала каждого участника. При этом учитываются объёмы и виды предстоящей работы, сроки её проведения, квалификационные и иные требования к конкретным видам работы.

На подготовительном этапе также обязательным является проведение обучающего семинара с тренингом для исследователей, что позволит снизить количество ошибок и улучшить качество собираемых данных.

**Разработка плана организации и проведения исследования.** До начала исследования необходимо

#### 1-й этап Подготовка к исследованию Phase 1: Preparation for the study

- Выбор муниципалитетов с наибольшим числом респондентов (ЭССЕ-РФЗ), проживающих в них, определение объектов инфраструктуры муниципалитетов для проведения оценки.
- Знакомство с Протоколом исследования, определение объектов исследования.
- Разработка алгоритма и плана организации исследования.
- Формирование и тренинг исследовательской команды.
- Selection of municipalities with the largest number of respondents, identification of municipal infrastructure facilities for evaluation.
- Familiarization with the study protocol, identification of study objects.
- Development of a detailed study plan.
- Building and training a research team.

#### 2-й этап Проведение исследования Phase 2: Conducting research

- Проведение полевого исследования в отобранных муниципалитетах в пилотных субъектах РФ с помощью специализированного информационно-технического обеспечения для визуализации данных изучения инфраструктуры на интерактивной карте муниципалитетов.
- Формирование базы данных по результатам эпидемиологического исследования факторов риска неинфекционных заболеваний по пилотным субъектам и муниципалитетам.
- Conducting a field study in the selected municipalities in the pilot subjects of the Russian Federation using specialized information- and technical instruments to visualize the data of infrastructure studies on an interactive map of municipalities.
- Creation of a database based on the results of an epidemiological study of risk factors for noncommunicable diseases in the pilot subjects and municipalities.

#### 3-й этап Завершение исследования Phase 3: Completion of the study

- Объединённый анализ данных, полученных при изучении инфраструктуры муниципалитетов и факторов риска неинфекционных заболеваний
- Создание по результатам проведённого исследования актуальных интерактивных карт существующей инфраструктуры муниципалитетов пилотных субъектов РФ
- Combined analysis of the data obtained in the study of municipal infrastructure and risk factors for non-communicable diseases.
- Development of up-to-date interactive maps of the existing infrastructure of municipalities in the pilot subjects of the Russian Federation based on the results of the study.

**Рис. 2.** Этапы проведения исследования в пилотных субъектах РФ.

**Fig 2.** Stages of research in pilot subjects of the Russian Federation.

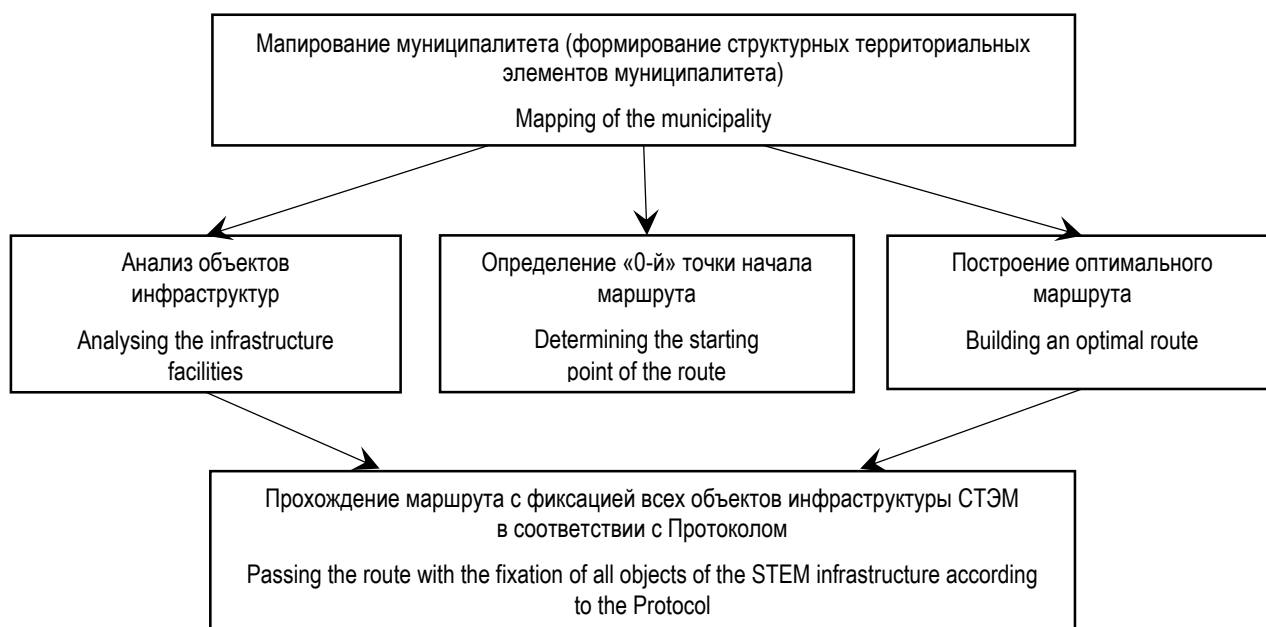


Рис. 3. Алгоритм проведения оценки.

Fig. 3. Evaluation algorithm.

определить муниципалитеты для изучения инфраструктуры, а также разработать алгоритм (рис. 3) и план работы.

На основании мапирования муниципалитетов на отдельные структурные территориальные элементы муниципалитета (СТЭМ) формируются индивидуальные планы исследователей и ежедневные маршрутные листы обхода СТЭМ. Индивидуальные планы исследователей разрабатываются кураторами пилотных субъектов РФ для каждого исследователя с учётом местных условий и возможностей.

Разработка плана исследования является одной из важных составляющих проведения НИР, позволяет оптимизировать временные и людские затраты, а также служит залогом качественного выполнения исследования в указанные сроки. Примерный план будет содержать такие обязательные позиции, как даты начала и завершения выполнения работы; ответственный исполнитель по каждому мероприятию, внесённому в план; тренинг исследователей; выбор муниципалитета; формирование СТЭМ; анализ объектов инфраструктуры каждого СТЭМ; определение «0-й» точки начала маршрута для каждого СТЭМ; построение оптимального маршрута для каждого СТЭМ; прохождение маршрута с фотофиксацией всех объектов инфраструктуры СТЭМ в соответствии с протоколом и др.

## Второй этап: проведение исследования

**Полевое исследование в отобранных муниципалитетах.** Полевое исследование с помощью специализированного информационно-технического обеспечения для визуализации данных изучения инфраструктуры на интерактивной карте муниципалитетов проводится строго в отобранных муниципалитетах пилотных субъектов РФ, подготовленными по стандартной методике

исследователями в соответствии с разработанными алгоритмом и планом.

Основные этапы исследования включают обход выбранной территории СТЭМ по заданному маршруту и фотофиксацию всех инфраструктурных объектов, подлежащих изучению согласно разработанной инструкции. По окончании рабочего дня после завершения обхода территорий исследователи сдают свои ежедневные маршрутные листы обхода СТЭМ супервайзеру, делают отметку о выполнении задания в своём индивидуальном плане и получают маршрутные листы обхода территории СТЭМ на следующий день.

Супервайзер проверяет полноту заполнения индивидуального плана и визирует отметку о выполнении. При необходимости супервайзерами совместно с исследователями решаются организационные вопросы, обсуждаются форс-мажорные ситуации и способы их разрешения.

**Формирование базы данных по результатам эпидемиологического исследования.** Для выполнения объединённого анализа данных эпидемиологического исследования по факторам риска НИЗ и результатов изучения инфраструктуры муниципалитетов с исследованием её ассоциаций с образом жизни населения формируется отдельная база данных респондентов, участвующих в многоцентровом наблюдательном исследовании ЭССЕ-РФЗ для каждого муниципалитета пилотных субъектов РФ.

## Третий этап: завершение исследования

**Объединённый анализ результатов изучения инфраструктуры муниципалитетов и факторов риска неинфекционных заболеваний.** Для анализа результатов исследования планируется использовать методы описательной статистики, а также методы многоуровневой

регрессии с целью выявления связей выбранных показателей, характеризующих инфраструктуру муниципалитета, с показателями, характеризующими образ жизни населения. С целью выявления ассоциации инфраструктуры муниципалитета с образом жизни населения в качестве характеристик образа жизни были определены следующие факторы риска НИЗ: курение, алкоголь, нездоровое питание, низкая физическая активность, избыточная масса тела и ожирение, гипергликемия, гиперхолестеринемия.

Анализ показателей будет осуществляться для различных групп и подгрупп исследуемой выборки (например, анализ распространённости факторов риска среди мужского/женского населения муниципалитета трудоспособного возраста). Для этих целей предполагается использовать методы описательной статистики, а также хи-квадрат Пирсона, дисперсионный анализ.

Для каждого из выбранных факторов риска развития НИЗ предполагается рассчитать модель логистической регрессии, в которой в качестве независимых переменных выступают показатели, характеризующие инфраструктуру муниципалитета. Все модели планируется скорректировать с учётом показателей возраста, пола и уровня образования.

Для статистического анализа выбрано программное обеспечение SPSS версии 19.0 для Windows. Значимость будет принята при  $p < 0,05$ . Для сравнения показателей факторов риска НИЗ у респондентов, проживающих в муниципалитетах с различным соотношением элементов инфраструктуры, будет применён t-тест независимых выборок.

**Создание по результатам исследования актуальных интерактивных карт существующей инфраструктуры муниципалитетов пилотных субъектов РФ.** После завершения обхода территорий всех СТЭМ всех муниципалитетов с фотофиксацией и внесением в единую базу данных объектов инфраструктуры, подлежащих изучению согласно протоколу, на основе шаблона интерактивной карты, которая разработана на подготовительном этапе для оценки инфраструктуры муниципалитетов, влияющей на здоровья населения, будут сформированы актуальные интерактивные карты существующей инфраструктуры муниципалитетов пилотных субъектов РФ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Органы местного самоуправления обладают регулятивными и законодательными полномочиями для решения основных проблем, ведущих к повышению риска НИЗ. Они должны осуществлять эти полномочия в целях спасения, продления и качественного улучшения жизни людей и создавать условия, облегчающие выбор здоровых альтернатив.

Правильная планировка городов даёт уникальные возможности для того, чтобы положительно влиять на здоровье людей. Городское планирование может содействовать формированию здорового поведения и безопасности населения путём принятия следующих мер: регулирование

продажи табака, алкоголя и безопасности пищевых продуктов; инвестирование в активные виды транспорта; проектирование мест для физической активности; создание пешеходных улиц с благоприятными условиями для пожилых людей; ограничение скорости уличного движения; создание безопасных зелёных зон, увеличение количества велодорожек; повышение доступности общественного транспорта (например, скоростного автобуса).

Обеспечение безопасности и чувство собственной безопасности людей при передвижении по городу или занятиях спортом побуждает их (особенно женщин) к регулярным физическим нагрузкам. Использование общественного транспорта уменьшает количество заторов на дорогах и загрязнение окружающей среды и тоже стимулирует физическую активность, поскольку от остановок транспорта до конечных пунктов своих маршрутов жителям приходится ходить пешком. Улучшение жилищных условий в городах с точки зрения жилищного строительства, водоснабжения и санитарии имеет большое значение для уменьшения рисков здоровью. Строительство «городов для всех», т.е. доступных и благоприятных для людей всех возрастных групп, принесёт преимущества всем городским жителям.

Обзор современных зарубежных и отечественных публикаций, посвящённых изучению и оценке влияния городской инфраструктуры на здоровье проживающего населения, а также анализ методов и инструментов, используемых в этих исследованиях, стали ориентиром для разработки организационно-методологических подходов к организации и проведению подобного рода исследования в нашей стране.

Создание и применение методологии/протокола комплексной системы оценки единой профилактической среды для укрепления здоровья и ведения здорового образа жизни на муниципальном уровне, с использованием сочетания объективных методов исследования (GIS-технологий, инструментальных и лабораторных тестов) и субъективных методов оценки (персональный опрос), а также внедрение интерактивных карт инфраструктуры муниципалитетов, влияющих на здоровье населения, позволит использовать фактические данные для принятия обоснованных решений по разработке и внедрению программ укрепления общественного здоровья и их оперативного управления на региональном/муниципальном уровне, в том числе в рамках реализации Федерального и региональных проектов «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек» («Укрепление общественного здоровья»).

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

**Вклад авторов:** М.В. Попович и Е.В. Усова подготовили концепцию и дизайн исследования, первый вариант статьи; А.В. Концевая существенно переработала текст статьи на предмет важного

интеллектуального содержания; В.А. Зиновьева и М.В. Лопатина осуществляли редактирование текста статьи; О.М. Драпкина окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись. 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).

**Authors' contribution:** M.V. Popovich and E.V. Oussova developed the concept of the study, study design and wrote the first draft of the manuscript; A.V. Kontsevaya made a significant intellectual contribution to the subsequent versions of the text; V.A. Zinovieva and M.V. Lopatin edited the text of the article; O.M. Drapkina has

approved the final version of the paper. All authors confirm that their authorship meets the ICMJE criteria. All authors have made a significant contribution to the development of the conception of the study and writing of the article including approval of the final version prior to submission.

**Источник финансирования.** В рамках государственного задания.

**Funding sources.** State budget.

**Конфликт интересов.** Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный проект «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек». Режим доступа: <https://minzdrav.gov.ru/poleznye-resursy/natsproektzdravoohranenie/zozh> Дата обращения: 21.07.2021.
2. <https://unhabitat.org/> [Internet]. WHO and UNHabitat. 2016. [дата обращения: 21.07.2021]. Доступ по ссылке: <https://unhabitat.org/>
3. <https://apps.who.int/> [Internet]. World Health Organization. Shanghai Declaration on promoting health in the 2030 Agenda for Sustainable Development. In: *9<sup>th</sup> Global Conference on Health Promotion*; 2016 Nov 21–24; Shanghai, 2016.
4. World Health Organization. Interventions on diet and physical activity: what works: summary report. 2009. Дата обращения: 21.07.2021. Доступ по ссылке: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44140>
5. Nieuwenhuijsen M.J. Urban and transport planning, environmental exposures and health—new concepts, methods and tools to improve health in cities // *Environ Health*. 2016. Vol. 15 (suppl. 1). P. 38. doi: 10.1186/s12940-016-0108-1
6. Попович М.В., Усова Е.В., Зиновьева В.А., и др. Обзор методических подходов к изучению влияния городских инфраструктур на здоровье проживающего населения // *Профилактическая медицина*. 2021. Т. 24, № 8. С. 23–30. doi: 10.17116/profmed20212408123
7. Попович М.В., Концевая А.В., Зиновьева В.А., и др. Разработка и апробирование инструмента оценки муниципальной инфраструктуры, влияющей на поведенческие факторы риска сердечно-сосудистых и других неинфекционных заболеваний // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2022. Т. 21, № 6. С. 63–70. doi: 10.15829/1728-8800-2022-3268
8. Анциферова А.А., Концевая А.В., Муканеева Д.К., Драпкина О.М. Neighborhood environment: влияние доступности точек по продаже алкоголя и табака на здоровье людей, проживающих на определенной территории // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2021. Т. 20, № 6. С. 84–91. doi: 10.15829/1728-8800-2021- 2959
9. Муканеева Д.К., Концевая А.В., Анциферова А.А., и др. Влияние факторов среды обитания человека на формирование пищевых привычек // *Профилактическая медицина*. 2021. Т. 24, № 11. С. 126–131. doi: 10.17116/profmed202124111126
10. Максимов С.А., Шальнова С.А., Куценко В.А., и др. Влияние региональных особенностей проживания на среднесрочные сердечно-сосудистые исходы: проспективный этап исследования ЗССЕ-РФ // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2021. Т. 20, № 5. С. 214–223. doi: 10.15829/1728-8800-2021-2965
11. Максимов С.А., Федорова Н.В., Шаповалова Э.Б., и др. Характеристики инфраструктуры района проживания, влияющие на физическую активность населения // *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2019. Т. 8, № S4. С. 111–120. doi: 10.17802/2306-1278-2019-8-S4-111-120
12. Мулерова Т.А., Газиев Т.Ф., Баздырев Е.Д., и др. Параметры инфраструктуры района проживания и их связь с факторами сердечно-сосудистого риска // *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2022. Т. 18, № 4. С. 402–410. doi: 10.20996/1819-6446-2022-08-07
13. Горина Е.А., Бурдяк А.Я. Взгляд на качество жизни населения сквозь призму городской среды // *Социология города*. 2015. № 2. С. 11–31.
14. Sallis J., Cervero R., Ascher W., et al. An ecological approach to creating active living communities // *Annu Rev Public Health*. 2006. Vol. 27. P. 297–322. doi: 10.1146/annurev.publhealth.27.021405.102100
15. Arcaya M.C., Tucker-Seeley R.D., Kim R., et al. Research on neighborhood effects on health in the United States: a systematic review of study characteristics // *Soc Sci Med*. 2016. Vol. 168. P. 16–29. doi: 10.1016/j.socscimed.2016.08.047
16. Day K. Built environmental correlates of physical activity in China: a review // *Prev Med Rep*. 2016. N 3. P. 303–316. doi: 10.1016/j.pmedr.2016.03.007
17. Cerin E., Nathan A., VanCauwenberg J., et al. The neighbourhood physical environment and active travel in older adults: a systematic review and meta-analysis // *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2017. Vol. 14, N 1. P. 15. doi: 10.1186/s12966-017-0471-5
18. Van Cauwenberg J., Clarys P., DeBourdeaudhuij I., et al. Physical environmental factors related to walking and cycling in older adults: the Belgian aging studies // *BMC Public Health*. 2012. Vol. 12. P. 142. doi: 10.1186/1471-2458-12-142
19. Pereira R., Santos R., Póvoas S., Silva P. Environment perception and leisure-time physical activity in Portuguese high school students // *Prev Med Rep*. 2017. Vol. 10. P. 221–226. doi: 10.1016/j.pmedr.2017.10.013
20. Hawkesworth S., Silverwood R.J., Armstrong B., et al. Investigating associations between the built environment and

- physical activity among older people in 20 UK towns // *J Epidemiol Community Health*. 2018. Vol. 72, N 2. P. 121–131. doi: 10.1136/jech-2017-209440
21. Sawyer A., Ucci M., Jones R., et al. Simultaneous evaluation of physical and social environmental correlates of physical activity in adults: a systematic review // *SSM Popul Health*. 2017. Vol. 3. P. 506–515. doi: 10.1016/j.ssmph.2017.05.008
  22. Subramanian S.V. *Multilevel methods for public health research. Neighborhoods and health*. New York : Oxford University Press, 2003. doi: 10.1093/acprof:oso/9780195138382.003.0004
  23. *Neighborhoods and health* (1st ed.). Kawachi I., Berkman L.F., editors. New York, 2009. doi: 10.1093/acprof:oso/9780195138382.001.0001
  24. Lucan S.C., Maroko A.R., Jin A., et al. Change in an urban food environment within a single year: considerations for food-environment research and community health // *Prev Med Rep*. 2020. Vol. 19. P. 101102. doi: 10.1016/j.pmedr.2020.101102
  25. Zhang M., Guo W., Zhang N., et al. Association between neighborhood food environment and body mass index among older adults in Beijing, China: a cross-sectional study // *Int J Environ Res Public Health*. 2020. Vol. 17, N 20. P. 7658. doi: 10.3390/ijerph17207658
  26. Malambo P., Kengne A.P., De Villiers A., et al. Built environment, selected risk factors and major cardiovascular disease outcomes: a systematic review // *PLoS One*. 2016. Vol. 11, N 11. P. e0166846. doi: 10.1371/journal.pone.0166846
  27. Moayyed H., Kelly B., Feng X., Flood V. Is living near healthier food stores associated with better food intake in Regional Australia? // *Int J Environ Res Public Health*. 2017. Vol. 14, N 8. P. 884. doi: 10.3390/ijerph14080884
  28. <https://www.who.int/> [Internet]. World Health Organization. Global report on urban health: equitable, healthier cities for sustainable development. [дата обращения: 21.07.2021]. Доступ по ссылке: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565271>

## REFERENCES

1. *Federal project "Formirovanie sistemy motivatsii grazhdan k zdorovomu obrazu zhizni, vklyuchaya zdorovoe pitanie i otkaz ot vrednykh privyчек"*. Available from: <https://minzdrav.gov.ru/poleznye-resursy/natsproektzdravohranenie/zozh> (In Russ).
2. <https://unhabitat.org/> [Internet]. WHO and UNHabitat. 2016. [cited: 21.07.2021]. Available from: <https://unhabitat.org/>
3. <https://apps.who.int/> [Internet]. World Health Organization. Shanghai Declaration on promoting health in the 2030 Agenda for Sustainable Development. In: 9<sup>th</sup> Global Conference on Health Promotion; 2016 Nov 21–24; Shanghai, 2016.
4. World Health Organization. *Interventions on diet and physical activity: what works: summary report*. 2009. [cited: 21.07.2021]. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44140>
5. Nieuwenhuijsen M.J. Urban and transport planning, environmental exposures and health—new concepts, methods and tools to improve health in cities. *Environ Health*. 2016;15 suppl. 1:38. doi: 10.1186/s12940-016-0108-1
6. Popovich M.V., Oussova E.V., Zinovieva V.A., et al. Review of methodological approaches to studying the impact of urban infrastructures on the health of the population. *The Russian journal of preventive medicine*. 2021;24(8):23–30. (In Russ). doi: 10.17116/profmed20212408123
7. Popovich M.V., Kontsevaya A.V., Zinovieva V.A., et al. Development and approbation of a tool for assessing municipal infrastructure affecting behavioral risk factors for cardiovascular and other noncommunicable diseases. *Cardiovascular therapy and prevention*. 2022;21(6):63–70. (In Russ). doi: 10.15829/1728-8800-2022-3268
8. Antsiferova A.A., Kontsevaya A.V., Mukaneeva D.K., Drapkina O.M. Neighborhood environment: the impact of alcohol and tobacco outlets availability on health of people living in a certain area. *Cardiovascular therapy and prevention*. 2021;20(6):84–91. (In Russ). doi: 10.15829/1728-8800-2021-2959
9. Mukaneeva D.K., Kontsevaya A.V., Antsiferova A.A., et al. Role of human environment factors in formation of food habits. *The Russian journal of preventive medicine*. 2021;24(11):126–131. (In Russ). doi: 10.17116/profmed202124111126
10. Maksimov S.A., Shalnova S.A., Kutsenko V.A., et al. Effect of regional living conditions on middle-term cardiovascular outcomes: data from prospective stage of the ESSE-RF study. *Cardiovascular therapy and prevention*. 2021;20(5):214–223. (In Russ). doi: 10.15829/1728-8800-2021-2965
11. Maksimov S.A., Fedorova N.V., Shapovalova E.B., et al. The impact of environmental community profile on population physical activity. *Complex issues of cardiovascular diseases*. 2019;8(S4):111–120. (In Russ). doi: 10.17802/2306-1278-2019-8-4S-111-120
12. Mulerova T.A., Gaziev T.F., Bazdyrev E.D., et al. Parameters of the infrastructure of the residential area and their relationship with cardiovascular risk factors. *Rational pharmacotherapy in cardiology*. 2022;18(4):402–410. (In Russ). doi: 10.20996/1819-6446-2022-08-07
13. Gorina E.A., Burdyak A.Ya. Quality of life in big city through the urban environment perception. *Sotsiologiya goroda*. 2015;(2):11–31. (In Russ).
14. Sallis J., Cervero R., Ascher W., et al. An ecological approach to creating active living communities. *Annu Rev Public Health*. 2006;27:297–322. doi: 10.1146/annurev.publhealth.27.021405.102100
15. Arcaya M.C., Tucker-Seeley R.D., Kim R., et al. Research on neighborhood effects on health in the United States: a systematic review of study characteristics. *Soc Sci Med*. 2016;168:16–29. doi: 10.1016/j.socscimed.2016.08.047
16. Day K. Built environmental correlates of physical activity in China: a review. *Prev Med Rep*. 2016;(3):303–316. doi: 10.1016/j.pmedr.2016.03.007
17. Cerin E., Nathan A., VanCauwenberg J., et al. The neighbourhood physical environment and active travel in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2017;14(1):15. doi: 10.1186/s12966-017-0471-5
18. Van Cauwenberg J., Clarys P., DeBourdeaudhuij I., et al. Physical environmental factors related to walking and cycling in older adults: the Belgian aging studies. *BMC Public Health*. 2012;12:142. doi: 10.1186/1471-2458-12-142

19. Pereira R, Santos R, Póvoas S, Silva P. Environment perception and leisure-time physical activity in Portuguese high school students. *Prev Med Rep.* 2017;10:221–226. doi: 10.1016/j.pmedr.2017.10.013
20. Hawkesworth S, Silverwood RJ, Armstrong B, et al. Investigating associations between the built environment and physical activity among older people in 20 UK towns. *J Epidemiol Community Health.* 2018;72(2):121–131. doi: 10.1136/jech-2017-209440
21. Sawyer A, Ucci M, Jones R, et al. Simultaneous evaluation of physical and social environmental correlates of physical activity in adults: a systematic review. *SSM Popul Health.* 2017;3:506–515. doi: 10.1016/j.ssmph.2017.05.008
22. Subramanian SV. *Multilevel methods for public health research. Neighborhoods and health.* New York: Oxford University Press; 2003. doi: 10.1093/acprof:oso/9780195138382.003.0004
23. *Neighborhoods and health (1st ed.).* Kawachi I, Berkman LF, editors. New York; 2009. doi: 10.1093/acprof:oso/9780195138382.001.0001
24. Lucan SC, Maroko AR, Jin A, et al. Change in an urban food environment within a single year: considerations for food-environment research and community health. *Prev Med Rep.* 2020;19:101102. doi: 10.1016/j.pmedr.2020.101102
25. Zhang M, Guo W, Zhang N, et al. Association between neighborhood food environment and body mass index among older adults in Beijing, China: a cross-sectional study. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(20):7658. doi: 10.3390/ijerph17207658
26. Malambo P, Kengne AP, De Villiers A, et al. Built environment, selected risk factors and major cardiovascular disease outcomes: a systematic review. *PLoS One.* 2016;11(11):e0166846. doi: 10.1371/journal.pone.0166846
27. Moayyed H, Kelly B, Feng X, Flood V. Is living near healthier food stores associated with better food intake in Regional Australia? *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(8):884. doi: 10.3390/ijerph14080884
28. <https://www.who.int/> [Internet]. World Health Organization. Global report on urban health: equitable, healthier cities for sustainable development. [cited: 21.07.2021]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565271>

## ОБ АВТОРАХ

### \*Попович Марина Викторовна;

адрес: Россия, 101990, Москва, Петроверигский пер., д. 10, строение 3;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7113-1735>;  
eLibrary SPIN: 8255-0059;  
e-mail: pmv2014@bk.ru

### Концевая Анна Васильевна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2062-1536>;  
eLibrary SPIN: 6787-2500;  
e-mail: koncanna@yandex.ru

### Усова Екатерина Витальевна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6822-1681>;  
eLibrary SPIN: 6012-8520;  
e-mail: eoussova@mail.ru

### Зиновьева Вероника Анатольевна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2567-711X>;  
eLibrary SPIN: 8551-0918;  
e-mail: vzinovieva@gnicpm.ru

### Лопатина Мария Владимировна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6572-0592>;  
eLibrary SPIN: 3982-0150;  
e-mail: ms.lopatinamaria@yandex.ru

### Драпкина Оксана Михайловна, д.м.н., профессор;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4453-8430>;  
eLibrary SPIN: SPIN: 4456-1297;  
e-mail: drapkina@bk.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

## AUTHORS' INFO

### \*Marina V. Popovich;

address: 10 building 3 Petroverigsky per., 101990 Moscow, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7113-1735>;  
eLibrary SPIN: 8255-0059;  
e-mail: pmv2014@bk.ru

### Anna V. Kontsevaya;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2062-1536>;  
eLibrary SPIN: 6787-2500;  
e-mail: koncanna@yandex.ru

### Ekaterina V. Oussova;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6822-1681>;  
eLibrary SPIN: 6012-8520;  
e-mail: eoussova@mail.ru

### Veronika A. Zinovieva;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2567-711X>;  
eLibrary SPIN: 8551-0918;  
e-mail: vzinovieva@gnicpm.ru

### Maria V. Lopatina;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6572-0592>;  
eLibrary SPIN: 3982-0150;  
e-mail: ms.lopatinamaria@yandex.ru

### Oksana M. Drapkina, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4453-8430>;  
eLibrary SPIN: SPIN: 4456-1297;  
e-mail: drapkina@bk.ru