

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

# ЭКОЛОГИЯ



ЧЕЛОВЕКА

EKOLOGIYA CHELOVEKA  
(HUMAN ECOLOGY)

Volume 30, Issue 11, 2023

11  
Том 30  
2023

  
ЭКО • БЕКТОР

**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 переулочек, д. 3, литера А, помещение 1Н

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

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

**РЕДАКЦИЯ:**

**Адрес:** 163069, г. Архангельск,

пр. Троицкий, д. 51.

**Тел. +7 (818) 220 6563;**

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

**ИНДЕКСАЦИЯ:**

– SCOPUS

– Google Scholar

– Ulrich's Periodicals directory

– ядро РИНЦ

– Russian Science Citation Index

– Norwegian National Center for Research Data

– реферативный журнал и база данных

ВИНИТИ

– Global Health

– CAB Abstracts

– ProQuest

– InfoBase Index

– КиберЛенинка

Оригинал-макет подготовлен в издательстве

«Эко-Вектор».

Литературный редактор: Н.А. Лебедева

Корректор: Н.А. Лебедева

Вёрстка: О.В. Устинкова

Перевод: А.М. Гржибовский

Сдано в набор 05.05.2024.

Подписано в печать 23.05.2024.

Выход в свет 30.05.2024.

Формат 60 × 88½. Печать офсетная.

Заказ 4-4770-IV. Цена свободная.

Печ. л. 925. Уч.-изд. л. 8,6. Усл. печ. л. 5,0.

Тираж 300 экз.

Отпечатано в ООО «Типография Экспресс В2В»

191180, Санкт-Петербург, наб. реки Фонтанки,

д. 104, лит. А, пом. 3Н, оф. 1.

Тел.: +7 (812) 646 33 77

**ПОДПИСКА:**

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

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

**OPEN ACCESS:**

В электронном виде журнал распространяется

бесплатно — в режиме немедленного

открытого доступа.

**ОТДЕЛ РЕКЛАМЫ:**

Тел.: +7 (968) 545 78 20

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

Редакция не несёт ответственности за содержа-

ние рекламных материалов. Точка зрения авторов

может не совпадать с мнением редакции.

К публикации принимаются только статьи,

подготовленные в соответствии с правилами для

авторов. Направляя статью в редакцию, авторы

принимают условия договора публичной оферты.

С правилами для авторов и договором публичной

оферты можно ознакомиться на сайте:

<https://hum-ecol.ru>

<https://hum-ecol.ru>

<https://hum-ecol.ru>

<https://hum-ecol.ru>

<https://hum-ecol.ru>

<https://hum-ecol.ru>

<https://hum-ecol.ru>

<https://hum-ecol.ru>

<https://hum-ecol.ru>

<https://hum-ecol.ru>

<https://hum-ecol.ru>

<https://hum-ecol.ru>

<https://hum-ecol.ru>

ISSN 1728-0869 (Print)

ISSN 2949-1444 (Online)

# ЭКОЛОГИЯ

## Ч Е Л О В Е К А

Ежемесячный научный рецензируемый журнал

Том 30 • № 11 • 2023

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

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

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

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

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

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

Заместители главного редактора:

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

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

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

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

**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:**

И. Н. Болотов (Архангельск), Р. В. Бузинов (Архангельск), П. Вейхе (Фарерские острова), М. Гисслер (Финляндия/Швеция), Л. Н. Горбатова (Архангельск), Р. Джонсон (США), Н. В. Доршакова (Петрозаводск), П. С. Журавлев (Архангельск), Н. В. Зайцева (Пермь), А. Ингве (Швеция), Р. Каледене (Литва), В. А. Карпин (Сургут), П. Магнус (Норвегия), В. И. Макарова (Архангельск), А. Л. Максимов (Магадан), А. О. Марьяндышев (Архангельск), И. Г. Мосягин (Санкт-Петербург), Э. Нибоер (Канада), Г. Г. Онищенко (Москва), К. Пярна (Эстония), А. Раутио (Финляндия), Ю. А. Рахманин (Москва), Г. Роллин (ЮАР), М. Рудге (Бразилия), Й. Руис (Испания), А. Г. Соловьев (Архангельск), Г. А. Софронов (Санкт-Петербург), В. И. Торшин (Москва), Т. Н. Унгурану (Архангельск), В. П. Чащин (Санкт-Петербург), В. А. Черешнев (Москва), З. Ши (Катар), К. Ю (Китай), К. Янг (Канада)

16+

Экология человека. 2023. Т. 30, № 11.

**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,  
RussiaE-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.M. Grjibovski

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

Phone: +7 (968) 545 78 20

E-mail: [adv2@eco-vector.com](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 11 • 2023

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

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

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

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

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

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

Deputy Editors-in-Chief:

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

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

# СОДЕРЖАНИЕ

---

## Оригинальные исследования

*В.А. Розанов, Д.А. Лаская, Д.С. Радионов, В.В. Руженкова*

Психосоциальный стресс, испытываемый современными студентами вузов  
и его последствия: фактор мегаполиса ..... 805

*А.Д. Бадикова, И.Г. Ибрагимов, Н.А. Бейгул, Л.К. Каримова, С.Р. Сахибгареев, И.А. Хусаинова,  
Я.М. Сахибгареева, Н.А. Мулдашева*

Особенности аналитического контроля вредных химических веществ в воздухе рабочей  
зоны объектов магистрального трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. .... 821

*И.Н. Безменова, И.В. Аверьянова*

Реакции кардиогемодинамики и вариабельности сердечного ритма в ответ на активный  
ортостаз у мужчин-северян с различными генотипами по локусу *NOS3* (rs2070744). .... 833

*О.Н. Рагозин, А.Б. Гудков, Е.Ю. Шаламова, И.А. Погоньшева, Э.Р. Рагозина, Д.А. Погоньшев*

Половозрастные особенности спектра ритмов обращаемости в службу скорой медицинской  
помощи населения Ханты-Мансийска в зависимости от эпидемиологической обстановки ..... 847

*Л.С. Щёголева, Е.Ю. Шашкова, О.Е. Филиппова, Е.В. Поповская, Т.Б. Сергеева*

Адаптивный иммунный ответ у женщин Арктического региона России после COVID-19. .... 857

*Р.Н. Зеленцов, И.С. Кожевникова, Л.В. Поскотинова*

Особенности пространственного распределения параметров слуховых когнитивных вызванных  
потенциалов Р300 у молодых людей с миопией ..... 865

# CONTENTS

---

## Original Study Articles

*V.A. Rozanov, D.A. Laskaja, D.S. Radionov, V.V. Ruzhenkova*

Psychosocial stress and its consequences among modern university students: the megalopolis factor ..... 805

*A.D. Badikova, I.G. Ibragimov, N.A. Beigul, L.K. Karimova, S.R. Sakhibgareev, I.A. Khusainova,  
Y.M. Sakhibgareeva, N.A. Muldasheva*

Analytical monitoring of harmful chemicals in the air of the working area of main pipeline  
transport facilities for oil and petroleum products. .... 821

*I.N. Bezmenova, I.V. Averyanova*

Cardiohemodynamics responses and heart rate variability following an active orthostatic test  
among male residents of the North with different *NOS3* (rs2070744) genotypes ..... 833

*O.N. Ragozin, A.B. Gudkov, E.Yu. Shalamova, I.A. Pogonysheva, E.R. Ragozina, D.A. Pogonyshv*

Gender- and age-specific patterns of ambulance calls in Khanty-Mansiysk depending  
on the epidemiological situation ..... 847

*L.S. Shchegoleva, E.Yu. Shashkova, O.E. Filippova, E.V. Popovskaya, T.B. Sergeeva*

Adaptive immune response in women from the Russian Arctic region after COVID-19 infection. .... 857

*R.N. Zelentsov, I.S. Kozhevnikova, L.V. Poskotinova*

Spatial distribution of parameters of auditory cognitive evoked potentials P300 in young adults with myopia ..... 865

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco622862>

# Психосоциальный стресс, испытываемый современными студентами вузов и его последствия: фактор мегаполиса

В.А. Розанов<sup>1, 2</sup>, Д.А. Лаская<sup>1</sup>, Д.С. Радионов<sup>2</sup>, В.В. Руженкова<sup>3</sup><sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;<sup>2</sup> НМИЦ психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева, Санкт-Петербург, Россия;<sup>3</sup> Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Студенты, составляющие значительный сегмент общества, являются уязвимой группой и испытывают выраженный стресс, что отражается на их психологическом благополучии. В то же время стресс студентов и его последствия необходимо оценивать комплексно, принимая во внимание конкретные условия жизни и учёбы.

**Цель.** Изучить особенности психосоциального стресса и психологического благополучия студентов с учётом характеристик вуза и городской среды (мегаполис или областной центр).

**Материал и методы.** Проведено одномоментное кросс-секционное исследование студентов крупного федерального (Санкт-Петербургский государственный университет) и регионального (Белгородский государственный национальный исследовательский университета) университетов путём онлайн-опроса с использованием технологии «снежный ком». В состав разработанного для целей исследования опросника входили вопросы, направленные на изучение качественных и количественных показателей основных стрессоров, признаков психосоциальной дезадаптации и нарушений психического здоровья (опросник ДАСС-21). Обработка проведена с использованием IBM SPSS Statistics 27.

**Результаты.** Студенты СПбГУ демонстрировали ряд более выраженных признаков психологического неблагополучия (тревога, стресс, депрессия, одиночество, усталость, потребность в психологической помощи), отмечали больше различных сложностей бытового характера (организация питания, транспортная проблема), а также чаще использовали непродуктивные способы совладания со стрессом (погружение в социальные сети, аддиктивное поведение). Студенты Белгородского государственного национального исследовательского университета демонстрировали более тесные и доверительные отношения с родителями и большую материальную зависимость от семьи. В то же время по основным показателям собственно академического стресса, по удовлетворенности обучением (включая онлайн-технологии в связи с пандемией) студенты обоих вузов не отличались.

**Заключение.** Фактор мегаполиса, вероятнее всего, является ведущим среди причин наблюдаемых различий в психосоциальной дезадаптации обследованных студенческих контингентов. Необходимо больше внимания уделять вопросам адаптации студентов к жизни в мегаполисах как со стороны семей, так и со стороны администрации вузов.

**Ключевые слова:** студенты вузов; психосоциальный стресс; стрессовые факторы; психосоциальная дезадаптация; депрессия; тревога; урбанизация.

## Как цитировать:

Розанов В.А., Лаская Д.А., Радионов Д.С., Руженкова В.В. Психосоциальный стресс, испытываемый современными студентами вузов и его последствия: фактор мегаполиса // Экология человека. 2023. Т. 30. № 11. С. 805–820. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco622862>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco622862>

# Psychosocial stress and its consequences among modern university students: the megalopolis factor

Vsevolod A. Rozanov<sup>1,2</sup>, Diana A. Laskaja<sup>1</sup>, Dmitriy S. Radionov<sup>2</sup>, Victoria V. Ruzhenkova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, Russia;

<sup>2</sup> V.M. Bekhterev National Research Center for Psychiatry and Neurology, St. Petersburg, Russia;

<sup>3</sup> Belgorod State University, Belgorod, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Students, who comprise a significant proportion of society, are a vulnerable group that often experiences high levels of stress, affecting their psychological well-being. At the same time, students' stress has to be assessed comprehensively, taking into account various factors such as living conditions and academic demands,

**AIM:** To assess the psychosocial stress and psychological well-being of students, taking into account the characteristics of the university and the urban environment, whether it is a megalopolis or a regional center.

**MATERIAL AND METHODS:** A cross-sectional study was conducted among students from St. Petersburg State University (SPbSU) and Belgorod State University (BSU) using an online survey method with a snowball sampling technology. The survey questionnaire aimed to gather both qualitative and quantitative data on key stressors, indicators of psychosocial maladaptation and mental health issues using the DASS-21 scale. The collected data was analyzed using IBM SPSS Statistics v. 27.

**RESULTS:** Students at SPbSU exhibited more pronounced signs of psychological distress, such as anxiety, stress, depression, loneliness, fatigue, and a need for psychological assistance. They also, reported facing challenges in their daily lives, including issues with nutrition and transportation. Additionally, they were more likely to use nonproductive coping mechanisms, such as excessive use of social media and engaging in addictive behaviors. On the other hand, the students at BSU demonstrated a closer and more trusting relationship with their parents, as well as a higher level of financial dependence on their families. However, as for main indicators of academic stress, particularly in relation to the use of online technologies during the pandemic, there were no significant differences between the students of both universities.

**CONCLUSION:** The influence of living in a megalopolis is likely to be the primary factor contributing to the observed disparities in psychosocial maladaptation among the surveyed student populations. More attention should be paid to the adaptation of students to life in large cities, with a focus on support from families and university administrations.

**Keywords:** university students; psychosocial stress; stress factors; psychosocial maladaptation; depression; anxiety; urbanization.

## To cite this article:

Rozanov VA, Laskaja DA, Radionov DS, Ruzhenkova VV. Psychosocial stress and its consequences among modern university students: the megalopolis factor. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(11):805–820. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco622862>

Received: 30.10.2023

Accepted: 14.03.2024

Published online: 03.04.2024



## ОБОСНОВАНИЕ

Студенческая молодежь — это значительный сегмент российского общества. Согласно данным Минобрнауки, в 2021 г. численность учащихся вузов составляла 4 044 203 человека [1]. И в России, и за рубежом студенты испытывают значительный психосоциальный стресс и являются уязвимой группой, для которой характерны различные проявления социальной дезадаптации и нарушений психического здоровья [2–4]. По данным метаанализа исследований из десятков стран мира, у студентов при сравнении с общей популяцией чаще выявляются симптомы дистресса, депрессии и тревоги, что указывает на наличие детерминирующих факторов, специфичных для студенческой среды [4]. Среди них не только академический стресс, обусловленный факторами учебного процесса [5, 6], но и более широкий круг проблем, с которыми сталкивается студенческая молодежь. Сюда можно отнести стрессоры личного характера (здоровье, интимная жизнь, взаимоотношения с семьей, проблемы с кем-то из ближайшего окружения), а также многочисленные стрессоры, связанные с окружающей средой (организация быта и питания, финансы, свободное время и рекреация, режим сна, транспортная проблема и т.д.) [2–4, 7]. Выявляемые различия между первокурсниками и выпускниками [8], представителями различных направлений обучения (гуманитарии, инженеры или будущие врачи) [9], проживающими дома и в общежитиях [10], местными и иностранными студентами [11] свидетельствуют о том, что на выраженность стресса и дезадаптации у студентов влияют факторы, которые часто так или иначе связаны с городской средой [12].

Стресс и нарушения психического здоровья являются питательной средой для суицидальных переживаний и самоповреждений, которые довольно распространены среди студентов вузов. По результатам метаанализа 186 опросов зарубежных студентов-медиков из 43 стран, распространенность суицидальных мыслей среди них составила 11,1% (в интервале от 9,0 до 13,7%) [4]. По данным российских авторов, суицидальные мысли у студентов-медиков выявляются в 29,0% случаев, а суицидальные попытки — более чем в 3,0% случаев [13]. В другом исследовании 8,8% студентов-первокурсников российского технического вуза сообщили при опросе о суицидальной попытке в анамнезе [14]. В США, где целенаправленно осуществляется систематический мониторинг студенческих суицидов, за 10 лет в 10 крупнейших высших учебных заведениях Северо-Запада был зарегистрирован 261 случай самоубийств [15], а в Великобритании в 2008–2017 гг. покончили с собой 1330 студентов и молодых аспирантов [16]. В России в 2015–2021 гг., по данным интернет-источников, выявлен 231 случай суицидов студентов, что составляет в среднем 33 случая в год, при этом наибольшая частота случаев выявлена в крупных федеральных университетах, расположенных в мегаполисах [17].

Таким образом, психосоциальный стресс, переживаемый этой массовой группой молодежи, является серьезным патологизирующим фактором, провоцирующим разнообразные нарушения психического здоровья, включая суицид. За последние годы в силу изменившихся условий, в частности все более глубокого погружения в информационные потоки, их влияния на образовательные технологии в вузах как при пандемии, так и после её окончания, вследствие возросшей миграции студентов при выборе вуза и высокой привлекательности высокорейтинговых вузов, изучение стресса студентов требует учёта всё большего числа факторов. Относительно малоизученным обстоятельством в контексте таких исследований является тип вуза, его принадлежность к числу региональных или федеральных, что сопряжено с таким фактором, как особенности городской среды, в частности жизнь в мегаполисе.

Цель исследования — оценить показатели психосоциального стресса и психологического благополучия современной студенческой молодежи с учетом принадлежности вуза к числу федеральных или региональных и различающейся городской среды.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведено одномоментное кросс-секционное исследование, реализованное путём интернет-опроса. Для реализации поставленных задач разработали комплексный опросник, состоящий из 31 вопроса, включая вопросы, характеризующие потенциальные стрессоры, связанные с ними субъективные ощущения, основные источники тревоги и повседневные сложности. Предварительно проводили пилотные опросы, в которых студентов просили в свободной форме сообщить, какие страхи и тревоги их беспокоят. Их ответы учитывали при подготовке опросника, в котором также предоставили возможность высказаться по этому поводу в свободной форме. Помимо этого, использовали шкалу ДАСС-21, которая выявляет симптомы стресса, тревоги и депрессии [18], задавали вопросы, характеризующие стресс и его последствия для личности, использованные в международном проекте SEYLE, посвящённом разработке мер профилактики самоповреждающего поведения у старших школьников, в том числе список из 26 негативных жизненных событий (НЖС), которые случились за последние 6 мес. [19]. Также использовали раздел теста на учебный стресс Ю.В. Щербатых, посвящённый тем приёмам, которые применяют студенты для преодоления стрессовых ситуаций [20].

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием различных критериев ( $\chi^2$ -квадрат Пирсона, точный критерий Фишера,  $t$ -критерий Стьюдента, критерий Манна-Уитни) с учётом характера распределения и типа переменных. Обработку проводили в программе IBM SPSS Statistics 27.



## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Характеристика выборки

Опрос проводили анонимно одновременно среди студентов Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ) и Белгородского государственного национального исследовательского университета (НИУ «БелГУ») в течение одного календарного месяца, с 17 по 31 декабря 2021 г. Все участники дали согласие на участие в исследовании. Опрос проходил путём адресного направления Google-формы в сетевые студенческие сообщества, при этом использовали приём «снежный ком», когда по просьбе экспериментаторов студенты продолжали распространять опросник среди своих контактов, но исключительно в пределах своего университета. За указанный период в базе данных появилось 456 записей, 350 из них принадлежали студентам СПбГУ и 106 – студентам НИУ «БелГУ». В СПбГУ в опросе приняли участие больше студентов гуманитарного направления, но были представлены и естественно-научные факультеты, в то время как в НИУ «БелГУ» это были в основном студенты-медики. В СПбГУ подавляющую часть респондентов составляли студенты 1-го и 2-го курсов (67,4%), но были представлены и старшие курсы, в НИУ «БелГУ» 93,4% респондентов были студентами 2-го курса. По возрасту студенты СПбГУ и НИУ «БелГУ» значительно не отличались ( $p=0,76$ ), средний возраст составил 19,69 и 20,29 года соответственно, в обоих вузах среди ответивших на вопросы преобладали женщины, в СПбГУ их было 72,0%, а в НИУ «БелГУ» — 65,1%, различия также были незначимы. В обоих университетах большинство опрошенных (около 70%) проживают в полных семьях, являются единственным ребенком в семье, а чуть меньше половины не имеют постоянного партнера и в браке не состояли.

### Основные результаты

Результаты сравнения некоторых характеристик академической и семейной среды, которые могут выступать источниками тревоги и стресса, связанных с этим субъективных ощущений, а также повседневных трудностей и страхов, которые отмечают студенты СПбГУ и НИУ «БелГУ», представлены в табл. 1–3. Как видно из данных табл. 1, в СПбГУ значительно больше иногородних студентов, в НИУ «БелГУ» – больше местных и иностранных ( $p < 0,001$ ). При этом в СПбГУ значительно ( $p < 0,001$ ) больше студентов учится на бюджете, чем в НИУ «БелГУ» (69,43 против 50,00%), в СПбГУ материально обеспечивали себя (частично или полностью) 38,9% студентов, в то время как в НИУ «БелГУ» таких студентов меньше – 26,4%, соответственно в этом вузе больше студентов находились на иждивении у родителей ( $p=0,040$ ; табл. 1).

Среди студентов СПбГУ оказалось значительно ( $p < 0,001$ ) больше тех, кто окончил среднюю школу в городе с населением более миллиона человек, а среди студентов НИУ

«БелГУ» значительно больше тех, кто окончил школу в сельской местности или в малых городах. Среди студентов СПбГУ значительно ( $p < 0,01$ ) больше проживающих в студенческом общежитии, в то время как среди студентов НИУ «БелГУ» больше тех, кто проживает с родителями, другими родственниками и в собственной квартире. Чуть более 40% студентов СПбГУ тратили на дорогу до места учебы более 1 ч, пользуясь двумя-тремя видами транспорта, а значительно большее ( $p < 0,001$ ) число студентов НИУ «БелГУ» добиралось до университета одним видом транспорта менее чем за 1 ч или за 20–30 мин пешком. При этом различий в оценке комфортности обучения между студентами обоих вузов не выявлено: эта оценка была близка к 7 баллам из 10 возможных (табл. 1). В то же время среди студентов НИУ «БелГУ» значительно чаще ( $p < 0,001$ ) наблюдался осознанный выбор вуза.

В период пандемии среди студентов обоих вузов наблюдалось схожее распределение субъективных ощущений: 44–48% сообщали, что онлайн учиться вполне комфортно, а 38–33% — что так учиться тяжело, причем и тех, и других было больше в СПбГУ. При этом в НИУ «БелГУ» было значительно ( $p=0,042$ ) больше тех, для кого изменения формата обучения не имели значения. Среди студентов СПбГУ было значительно больше тех, у кого имелось то или иное соматическое заболевание (35,71% против 21,69% в НИУ «БелГУ»;  $p=0,007$ ), и тех, кто испытывал потребность в психологической помощи (56,85% против 23,58%;  $p < 0,001$ ). В СПбГУ оказалось несколько больше лиц с диагностированным психическим расстройством (11,14% против 7,55%), но эти различия были не значимы (табл. 1).

Блок вопросов, оценивающих взаимоотношения с родителями, показал в целом близкую картину в обоих университетах: первые места (40–65%) занимали такие варианты, как постоянное пребывание на связи, доверительные, теплые и тесные эмоциональные отношения. В то же время среди студентов НИУ «БелГУ» значительно больше тех, кто считает, что родители всегда поддержат и поймут (59,42% против 46,32%;  $p=0,020$ ), а среди студентов СПбГУ больше тех (на уровне тенденции), кто сообщал о различных проблемах во взаимоотношениях (опасения, что не оправдают ожиданий родителей, завышенные требования родителей, конфликты и т.д.).

Основные субъективные показатели переживаемого студентами стресса представлены в табл. 2. Как видно из представленных данных, студенты СПбГУ значительно чаще ( $p < 0,001$ ) ощущали стресс как субъективное чувство и значительно чаще ( $p < 0,001$ ) переживали, что не могут справиться с проблемами. Доля студентов, которые никогда или крайне редко переживали стресс, в СПбГУ более чем вдвое ниже, чем в НИУ «БелГУ» (8,00% против 18,87%), в то время как доля тех, кто почти постоянно ощущал стресс, в СПбГУ более чем вдвое выше (26,86% против 11,32%). Студенты СПбГУ также значительно ( $p < 0,001$ ) чаще испытывали чувство одиночества. В то же время степень

**Таблица 1.** Экологические и личностные источники стресса у сравниваемых групп студентов\***Table 1.** Ecological and personal sources of stress among the students from the two universities\*

Показатель Indicator	СПбГУ   Saint Petersburg State University n=350 (100%)	БелГУ   Belgorod State University n=106 (100%)	p
Местный студент   I am a local student	107 (30,57)	42 (39,62)	<0,001
Иногородный   I come from another town	206 (58,85)	27 (25,47)	
Иностраный   I am an international student	37 (10,57)	37 (34,91)	
Бюджетная форма обучения   I don't pay for my education	243 (69,43)	53 (50,00)	<0,001
Контрактная форма обучения   I pay for my education	107 (30,57)	53 (50,00)	
Обеспечивают родители   I am provided by parents	214 (61,14)	78 (73,58)	0,040
Работаю, частично обеспечивают родители I work, partly provided by my parents	114 (32,57)	21 (19,81)	
Полностью обеспечиваю себя сам   I am fully self-supported	22 (6,29)	7 (6,60)	
Окончил среднюю школу:   I graduated from high school:			
В сельской местности   In a rural area	11 (3,14)	17 (16,04)	<0,001
В поселке городского типа   In a township	32 (9,14)	17 (16,04)	
В малом городе (население до 500 тыс. чел.) In a small town (population up to 500 thousand people)	102 (29,14)	40 (37,73)	
В крупном городе (население более 500 тыс. чел.) In a city (population over 500,000)	47 (13,43)	24 (22,64)	
В городе-миллионнике   In a large city with over 1 million of inhabitants	158 (45,14)	8 (7,55)	
Проживаю:   I live:			
В общежитии университета   In the university dormitory	150 (42,85)	29 (27,36)	0,010
С родителями   With parents	90 (25,71)	31 (29,24)	
С партнёром   With a partner	36 (10,29)	11 (10,37)	
С другими родственниками, друзьями   With other relatives, friends	28 (8,00)	17 (16,03)	
Один в съёмной квартире   Alone in a rented flat	24 (6,86)	8 (7,55)	
Один в своей квартире   Alone in my own flat	22 (6,29)	10 (9,43)	
Добираюсь до университета:   It takes me to get to the university:			
Разным транспортом более чем 1 ч More than one hour by different means of transportation	155 (44,28)	9 (8,49)	<0,001
Одним видом транспорта за 1 ч или менее One hour or less by one mode of transportation	112 (32,00)	62 (58,49)	
Пешком за 15–30 мин   15–30 minutes of walking	83 (23,71)	35 (33,02)	
Комфортность обучения (макс. 10, M±SD)   Comfort learning (max. 10, M±SD)	6,73±1,79	7,25±1,78	0,078
Причина выбранного направления обучения: Reason for the chosen field of study:			
Я мечтал об этом еще со школы I've been dreaming about this since high school	124 (35,41)	50 (47,20)	<0,001
По решению родителей   It was decided by the parents	4 (1,12)	3 (2,81)	0,396
Личный осознанный выбор   It was my personal informed choice	295 (84,29)	79 (74,50)	0,006
Выбор по рекомендации родителей I made this choice based on parental recommendation	62 (9,68)	14 (13,19)	0,275
Не знал, куда поступать   I didn't know where to go	39 (11,12)	6 (5,68)	0,098
Комфортно учиться дистанционно I feel comfortable with distant learning	168 (48,00)	46 (43,39)	0,042
Не имеет значения   It doesn't matter to be	47 (13,43)	25 (23,58)	
Тяжело учиться дистанционно   Distant learning is difficult	135 (38,57)	35 (33,02)	

Окончание табл. 1 | End of the Table 1

Показатель Indicator	СПбГУ   Saint Petersburg State University n=350 (100%)	БелГУ   Belgorod State University n=106 (100%)	p
Имею соматическое заболевание   I have a somatic disease	125 (35,71)	23 (21,69)	0,007
Имею психическое расстройство   I have a mental disorder	39 (11,14)	8 (7,55)	0,201
Нуждаюсь в психологической помощи   I need psychological assistance	199 (56,85)	25 (23,58)	<0,001
Оценка взаимоотношений с родителями: Self-assessed relationship with parents:			
Постоянно на связи   Always in touch	225 (64,31)	68 (64,21)	1,000
Доверительные   Fiduciary	212 (60,58)	65 (61,30)	0,910
Уверен, что всегда поддержат и поймут I'm sure they will always be supportive and understanding	162 (46,32)	63 (59,42)	0,020
Во многом советуюсь с родителями   Parents are consulted on many things	143 (40,89)	53 (50,00)	0,117
Тесная эмоциональная связь   Close emotional connection	140 (40,00)	42 (39,60)	1,000
Боюсь, что не оправдаю ожиданий I'm afraid I won't live up to my parents' expectations	146 (41,71)	34 (32,09)	0,089
Родители слишком требовательны   My parents are too demanding	62 (17,69)	13 (12,28)	0,231
Конфликтные   Conflict	57 (16,32)	10 (9,41)	0,087
Другие проблемы в отношениях   Other relationship problems	28 (8,00)	0 (0,00)	0,037
Нет желания видеть родителей   No desire to see my parents	27 (7,70)	8 (7,51)	1,000
Родители многое решают   My parents make a lot of decisions	24 (6,90)	12 (11,28)	0,151
Не общаемся   We are not in touch	10 (2,91)	3 (2,81)	1,000
Родители безразличны к моей судьбе   My parents are indifferent to my future	8 (2,28)	6 (5,70)	0,103

\* Критерий  $\chi^2$  Пирсона, точный F-критерий Фишера или t-критерий Стьюдента в зависимости от типа и распределения переменных.

\* Pearson's chi-squared test, Fisher's exact test or Student's t-test depending on the variable type and distribution.

предэкзаменационного волнения была практически одинаковой в обоих вузах (табл. 2).

Переходя к повседневным трудностям и источникам тревоги (табл. 3), нужно отметить следующие различия. Студенты СПбГУ значимо чаще ( $p=0,04$ ) сообщали о недостатке сна, о сложностях в организации питания ( $p < 0,001$ ), переживаниях в связи с пандемией и вакцинацией ( $p < 0,01$ ), а также о стрессе из-за дистанционного формата обучения ( $p < 0,01$ ). Студенты НИУ «БелГУ» значимо ( $p < 0,01$ ) чаще испытывали страх заболеть коронавирусом и чаще ( $p < 0,05$ ) тревожились о будущем из-за недостатка практики. Студенты СПбГУ при этом значимо ( $p < 0,001$ ) чаще признавали, что их проблемы связаны с большой тратой времени в социальных сетях, отмечали, что им не хватает дружеских отношений ( $p < 0,001$ ), жаловались на то, что дорога до учёбы и обратно сильно изматывает ( $p < 0,001$ ), в 2 раза чаще сообщали о недовольстве своей внешностью ( $p < 0,001$ ). При этом в обоих вузах от 3,77 до 5,44% студентов считали, что их проблемы связаны с употреблением алкоголя, 3,71–3,77% — с нетрадиционной сексуальной ориентацией. В НИУ «БелГУ» 2,83% студентов указали на употребление наркотических средств, в то время как в СПбГУ таких ответов не было (табл. 3).

Студенты СПбГУ значимо чаще сообщали, что не справляются с учебной нагрузкой ( $p < 0,05$ ), не хотят продолжать учиться ( $p < 0,05$ ), сомневаются в правильности выбора учебной программы, испытывают сомнения в своих знаниях ( $p < 0,05$ ), боятся оказаться некомпетентными специалистами ( $p < 0,001$ ), беспокоятся о неопределённости после окончания вуза ( $p < 0,001$ ) и о возможности найти работу ( $p < 0,001$ ), переживают по поводу предстоящей сессии ( $p < 0,05$ ), особенно в очном формате ( $p < 0,001$ ), и оценивают себя ниже сокурсников ( $p < 0,001$ ). В то же время по таким показателям, как страх лишиться стипендии и страх отчисления (эти страхи отмечали от 22,69 до 37,71% студентов в обоих вузах) значимых различий не выявлено (табл. 3). При этом студенты СПбГУ в свободной форме сообщали ещё о множестве страхов, психологических проблем и фрустраций (прокрастинация, трудности с концентрацией, усталость, стресс и т.д.).

Анализ НЖС показал, что у студентов обоих вузов первые места занимали такие события, как увеличение нагрузки в университете, болезнь члена семьи и оценки хуже ожидаемых, после чего с меньшей частотой следовали проблемы с родителями, в том числе финансовые проблемы семьи, ссоры и конфликты с другом, расставания, сексуальные проблемы (табл. 4). Обращает на себя

**Таблица 2.** Общие субъективные характеристики стресса у сравниваемых групп студентов\***Table 2.** General subjective characteristics of stress among the students from the two universities\*

Показатель Indicator	СПбГУ   Saint Petersburg State University n=350 (100%)	БелГУ   Belgorod State University n=106 (100%)	p
Ощущаю стресс:   I feel stressed:	28 (8,00)	20 (18,87)	<0,001
никогда / несколько раз в году   never / few times a year	62 (17,71)	23 (21,70)	
ежемесячно   monthly	72 (20,57)	24 (22,64)	
еженедельно   weekly	94 (26,86)	27 (25,47)	
несколько раз в неделю   several times a week	94 (26,86)	12 (11,32)	
большую часть дней в неделю   most days of the week			
Переживания не дают уснуть:   My worries keep me awake:			0,301
никогда   never	40 (11,43)	11 (10,37)	
редко   rarely	79 (22,57)	32 (30,19)	
иногда   sometimes	94 (26,86)	32 (30,19)	
часто   often	113 (32,29)	24 (22,64)	
всегда   always	24 (6,86)	7 (6,60)	
Чувство, что не могут справиться с проблемами: I feel I am unable to cope with my problems:	29 (8,29)	30 (28,30)	<0,001
вовсе нет   not at all	128 (36,60)	42 (39,62)	
не больше, чем обычно   no more than usual	114 (32,57)	26 (24,53)	
больше, чем обычно   more than usual	79 (22,57)	8 (7,55)	
гораздо больше обычного   much more than usual			
Ощущаю одиночество:   I feel lonely:			<0,001
никогда   never	14 (4,00)	13 (12,26)	
редко   rarely	66 (18,85)	35 (33,02)	
иногда   sometimes	114 (32,57)	31 (29,25)	
часто   often	125 (35,71)	17 (16,0)	
всегда   always	31 (8,86)	10 (9,43)	
Степень предэкзаменационного волнения (максимум – 10 баллов, M±SD) Pre-exam stress (max of 10 points, M±SD)	7,28±2,10	7,83±2,22	0,256

\* Критерий  $\chi^2$  Пирсона, точный F-критерий Фишера или t-критерий Стьюдента в зависимости от типа и распределения переменных.

\* Pearson's chi-squared test, Fisher's exact test or Student's t-test depending on the variable type and distribution.

внимание то, что среди студентов СПбГУ значимо чаще упоминались такие НЖС, как переезд ( $p < 0,001$ ), сексуальные проблемы ( $p = 0,003$ ) и расставание с романтическим партнером ( $p = 0,024$ ). Среди студентов НИУ «БелГУ» значимо чаще ( $p = 0,014$ ) упоминалась смерть близкого члена семьи.

Результаты оценки выраженности стресса, тревоги и депрессии по шкале ДАСС-21 представлены на рис. 1 и 2. Как видно из данных рис. 1, в обоих вузах лишь меньшая часть студентов не имела признаков депрессии, однако в СПбГУ доля таких студентов составила 28,3%, в то время как в НИУ «БелГУ» – 45,3%. Ещё меньшая доля студентов не имела никаких признаков тревоги (в СПбГУ – 18,9%, в НИУ «БелГУ» – 34,0%). В то же время крайне выраженная депрессия выявлена среди 22,0% студентов СПбГУ и 15,1% студентов НИУ «БелГУ»,

все эти различия значимы по критерию F,  $p = 0,025$ . Различия в выраженности тревоги также были значимыми ( $p = 0,015$ ). Данные рис. 2 свидетельствуют о значимо большей выраженности стресса среди студентов СПбГУ (критерий F,  $p < 0,001$ ), при этом доля студентов с крайне выраженным уровнем стресса в СПбГУ вдвое выше, чем в НИУ «БелГУ» (20,0% против 9,4%). Студенты СПбГУ также чаще положительно отвечали на вопрос ДАСС-21 «Мне кажется, что жизнь не имеет смысла» (48,57 против 41,50%, незначимо).

Различия в приемах борьбы со стрессом у студентов представлены в табл. 5. Как видим, больше всего баллов в обоих вузах набирают варианты, связанные с погружением в видеоряд и в социальные сети, часто наблюдается активное общение с друзьями, далее следуют физическая нагрузка, прогулки на свежем воздухе и увеличение

**Таблица 3.** Источники тревоги и повседневные сложности\***Table 3.** Sources of anxiety and daily hassles\*

Показатель Indicator	СПбГУ   Saint Petersburg State University n=350 (100%)	БелГУ   Belgorod State University n=106 (100%)	p
Субъективные ощущения недостатка сна   Subjective feelings of sleep deprivation	189 (54,00)	40 (37,73)	0,04
Сложности в организации питания   Difficulties in organising catering	168 (48,00)	25 (23,48)	<0,001
Ситуация с пандемией привела к серьёзным изменениям в жизни The pandemic situation has led to major changes in life	132 (37,71)	33 (31,13)	0,217
Страх заболеть во время пандемии   Fear of getting sick during a pandemic	24 (6,86)	22 (20,75)	<0,01
Переболели в течение пандемии   Infected during the pandemic	98 (28,00)	26 (24,53)	0,482
Страх ограничения прав из-за отсутствия вакцинации Fear of restriction of rights due to lack of vaccination	85 (24,29)	8 (7,55)	<0,001
Дистанционный формат вызывает стресс   Remote studies cause stress	120 (34,29)	21 (19,81)	<0,01
Аудиторный формат вызывает стресс   In-class studies cause stress	97 (27,71)	19 (17,92)	0,491
Нет времени практиковаться по специальности No time to practice the obtained skills	110 (31,43)	37 (34,91)	0,503
Мало практики. Страх, что теории будет недостаточно Not enough practice. Fear that theoretical knowledge is not sufficient	131 (37,43)	51 (48,11)	<0,05
Чтобы обеспечить себя финансово, приходится разрываться между учебой и работой   One has to be torn between studies and work to make a living	84 (24,00)	19 (17,9)	0,191
Страх, что после успешной курсовой не смогу сделать лучше или так же Fear of not being able to further improve or keep the same level after a successful term paper	22 (6,29)	3 (2,83)	0,089
Многие мои проблемы связаны со злоупотреблением алкоголем A lot of my problems are related to alcohol abuse	19 (5,44)	4 (3,77)	0,139
Многие мои проблемы связаны с употреблением наркотиков A lot of my problems are related to drug use	0 (0,00)	3 (2,83)	0,014
Многие проблемы связаны с нетрадиционной сексуальной ориентацией Many problems are related to non-traditional sexual orientation	13 (3,71)	4 (3,77)	0,248
Многие проблемы связаны с большой тратой времени на социальные сети Many problems are related to excessive use of social media	126 (36,00)	19 (17,92)	<0,001
Было бы легче, если бы было больше друзей It would be easier if I had more friends	96 (27,43)	10 (9,43)	<0,001
Дорога до учёбы и обратно сильно выматывает The journey to and from the university is exhausting	125 (35,71)	12 (11,32)	<0,001
Всё время кажется, что выгляжу непривлекательным/непривлекательной I think I look unattractive all the time	119 (34,00)	18 (16,98)	<0,001
Нет времени на себя   I have no time for myself	99 (28,29)	31 (29,25)	0,705
Не хочу продолжать учиться, но боюсь в этом признаться I don't want to keep studying, but I'm afraid to admit it	46 (13,14)	6 (5,66)	<0,05
Не справляюсь с учебной нагрузкой   I can't cope with the workload	67 (19,1)	10 (9,43)	<0,05
Кажется, что выбрал не ту образовательную программу It seems to be that I have chosen the wrong educational programme	49 (14,0)	10 (9,43)	0,220
Выпускной курс, но кажется, что ничего не знаю I am in my senior year, but it feels like I don't know anything.	37 (10,57)	2 (1,89)	<0,05
Страх лишиться стипендии   Fear of losing the scholarship	85 (24,29)	24 (22,64)	0,729
Страх оказаться некомпетентным специалистом Fear of being incompetent graduate	190 (54,29)	31 (29,25)	<0,001
Страх не найти достойную будущую работу Fear of not finding a decent job after graduation	162 (46,29)	14 (13,21)	<0,001
Неопределенность после окончания вуза   Uncertainty after graduation	142 (40,57)	11 (10,38)	<0,001



Окончание табл. 3 | End of the Table 3

Показатель Indicator	СПбГУ   Saint Petersburg State University n=350 (100%)	БелГУ   Belgorod State University n=106 (100%)	p
Переживания по поводу сессии   Worries about the session	179 (51,14)	42 (39,62)	<0,05
Страх перед очной сессией   Fear of the face-to-face session	159 (45,43)	19 (17,92)	<0,001
Страх отчисления   Fear of being expelled from the university	132 (37,71)	30 (28,30)	0,077
Оценивание себя хуже одногруппников   Feeling inferior compared to classmates	141 (40,29)	21 (19,81)	<0,001
Непонимание области своих научных интересов Lack of understanding of the area of own research interests	154 (44,00)	10 (9,43)	<0,001

\* Использовали критерий  $\chi^2$  Пирсона или точный F-критерий Фишера. Вопрос предусматривал несколько вариантов ответа одновременно.

\*Using Pearson's chi-squared test or Fisher's exact test. Multiple answers were allowed

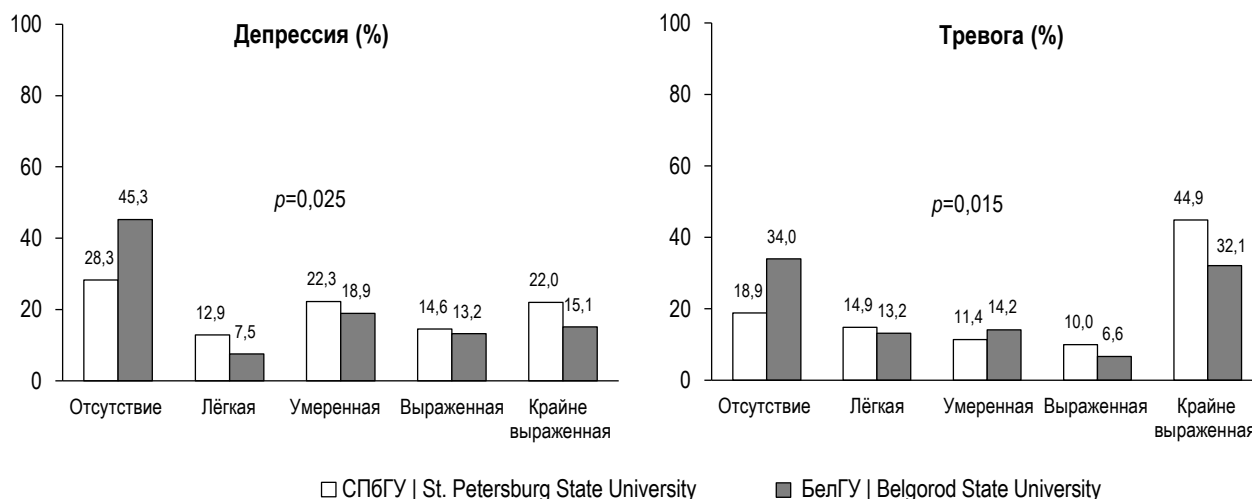
**Таблица 4.** Частота некоторых негативных событий жизни среди студентов СПбГУ и НИУ «БелГУ»\*

**Table 4.** Frequencies of stressful life events among the students from SPbSU and BSU\*

Событие в жизни студента Student life events	СПбГУ   Saint Petersburg State University n=350 (100%)	БелГУ   Belgorod State University n=106 (100%)	p
Увеличение нагрузки в университете   Increased workload at the university	214 (61,1)	64 (60,4)	0,888
Болезнь члена семьи   Illness of a family member	155 (44,3)	44 (41,5)	0,614
Оценки хуже ожиданий   Grades are worse than expected	134 (38,3)	30 (28,3)	0,061
Переезд   Relocation	120 (34,3)	15 (12,3)	<0,001
Проблемы с родителями   Problems with parents	111 (31,7)	31 (29,2)	0,631
Изменение финансового положения родителей Change in the financial situation of the parents	80 (22,9)	22 (20,8)	0,650
Серьёзная ссора с близким другом   A serious fight with a close friend	77 (22,0)	16 (15,1)	0,123
Сексуальные проблемы   Sexual problems	76 (21,7)	9 (8,5)	0,003
Расставание с парнем/девушкой   Breaking up with a boyfriend/girlfriend	70 (20,0)	11 (10,4)	0,024
Неудачно сдана сессия   Poor grades at the exams	56 (16,0)	11 (10,4)	0,152
Мать/отец начинает/перестает работать Mother/father starts/stops working	44 (12,6)	10 (9,4)	0,382
Член семьи злоупотребляет алкоголем/наркотиками Family member abuses alcohol/drugs	37 (10,6)	5 (4,7)	0,068
Серьёзная травма или заболевание   Serious injury or illness	34 (9,7)	6 (5,7)	0,197
Безработица родителей   Parental unemployment	27 (7,7)	6 (5,7)	0,475
Смерть домашнего питомца   Death of a pet	26 (7,4)	11 (10,4)	0,331
Смерть близкого члена семьи   Death of a close family member	23 (6,6)	15 (14,2)	0,014
Серьёзный конфликт с преподавателем   Serious conflict with a teacher	18 (5,1)	3 (2,8)	0,320
Прием наркотических веществ   Drug use	16 (4,6)	4 (3,8)	0,726
Кража личного имущества   Theft of personal property	11 (3,1)	3 (2,8)	0,871
Запугивание или преследование   Intimidation or harassment	8 (2,3)	6 (5,7)	0,078
Смерть близкого друга   Death of a close friend	7 (2,0)	1 (0,9)	0,468
Привод в полицию   A police record	6 (1,7)	2 (1,9)	0,906
Развод родителей   Parents' divorce	6 (1,7)	3 (2,8)	0,470
Правовые нарушения   Legal infringements	3 (0,9)	0	0,787
Беременность   Pregnancy	0	3 (2,8)	0,014

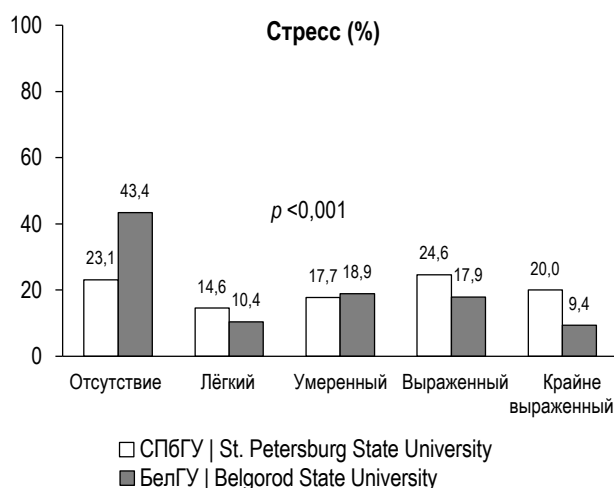
\* Использован критерий  $\chi^2$  Пирсона. Вопрос предусматривал возможность нескольких ответов.

\* Pearson's chi-squared test was used. Multiple answers were allowed.



**Рис. 1.** Распределение студентов вузов по показателям выраженности депрессии и тревоги.

**Fig. 1.** Distribution of university students by severity of depression and anxiety.



**Рис. 2.** Распределение студентов вузов по показателям выраженности стресса.

**Fig. 2.** Distribution of university students by severity of stress.

длительности сна. При этом студенты СПбГУ значимо чаще прибегали к основным непродуктивным стратегиям — курению ( $p < 0,001$ ), пропуску занятий ( $p < 0,001$ ), перееданию ( $p < 0,001$ ) и компьютерным играм ( $p = 0,013$ ), в то время как студенты НИУ «БелГУ» значимо чаще обращались за поддержкой к родителям ( $p < 0,001$ ), совершали прогулки ( $p < 0,001$ ), занимались физкультурой ( $p < 0,001$ ) и посещали спортзалы или бассейн ( $p < 0,001$ ).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Основным достоинством нашего исследования является то, что мы оценивали стресс, испытываемый студентами, с учётом разнообразия фрустрирующих факторов, причём не только предлагаемых имеющимися опросниками, обычно используемыми для оценки стресса, но и сформулированными самими студентами.

При этом мы уделили большое внимание такому фактору, как жизнь в мегаполисе, рассматривая полученные результаты под этим углом зрения. Исследование показало, что стресс, испытываемый студентами в современном информационно насыщенном и динамичном мире, не сводится только к учебному стрессу. Многие студенты испытывают трудности в адаптации, дефицит социальной поддержки, живут завышенными ожиданиями, сталкиваются с межличностными проблемами, в том числе и в семейной среде, испытывают сложности в организации бытовой сферы, переживают финансовые трудности и разнообразные психотравмирующие события. Все эти стресс-факторы приводят к развитию хронического субъективно ощущаемого стресса, который сопровождается фрустрацией, тревогой и симптомами депрессии, в этом участвуют как биологические, так и психологические механизмы, подталкивающие к непродуктивным поведенческим проявлениям (курение, переедание, алкоголь и т.д.) [21]. Эти проявления, как свидетельствуют данные литературы, являются довольно типичными для студенческой среды и в самых разных контекстах (колледж, университет, различные направления обучения и т.д.) негативно отражаются на физическом и психическом здоровье, снижая уровень удовлетворенностью жизнью, усиливая антивитаальные переживания и потребление психоактивных веществ [22].

В нашем исследовании наиболее часто упоминаемые студентами НЖС, такие как увеличение нагрузки в университете и болезнь члена семьи, а также «оценки хуже ожиданий» хорошо согласуются с данными аналогичного исследования учеников старших классов школ [23]. Очевидно, большинство студентов воспринимает и оценивает приоритетность жизненных неприятностей прежде всего с позиций своего молодого возраста и академической и семейной ситуации, то есть вопросы учёбы и семьи для них являются наиболее важными.



**Таблица 5.** Приемы борьбы со стрессом среди студентов\***Table 5.** Stress coping techniques among students\*

Варианты адаптивного поведения при стрессе Variants of adaptive behaviour under stress	СПбГУ / St. Petersburg State University			БелГУ / Belgorod State University			P
	Процентили   Percentiles						
	25	50	75	25	50	75	
Употребляю алкогольные напитки   I drink alcohol	0,0	2,0	6,0	0,0	1,0	5,0	0,149
Курю сигареты   I smoke cigarettes	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	2,25	<0,001
Употребляю наркотики   I use drugs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	–
Употребляю больше еды   I eat more food	3,0	6,0	8,0	2,0	4,0	6,0	<0,001
Смотрю телевизор или видео на телефоне I watch TV or videos using my phone	5,0	8,0	10,0	5,0	6,0	9,0	0,003
Пропускаю занятия   I skip classes	0,0	3,0	7,0	0,0	1,0	5,0	<0,001
Больше сплю   I sleep more	3,0	6,0	9,0	2,0	4,0	7,0	<0,001
Больше общаюсь с друзьями   I spend more time with friends	2,0	5,0	8,0	3,0	5,0	7,0	0,667
Пользуюсь поддержкой и советом родителей I use parental support and advice	0,0	3,0	7,0	3,0	7,0	10,0	<0,001
Совершаю прогулки на свежем воздухе   I take a walk outdoors	2,0	4,0	7,0	3,0	5,5	8,0	<0,001
Занимаюсь физкультурой   I exercise	0,0	1,0	5,0	2,0	5,0	8,0	<0,001
Посещаю спортзал, стадион, бассейн I go to gym, stadium, swimming pool	0,0	0,0	1,0	0,0	4,0	8,0	<0,001
Играю в компьютерные игры   I play computer games	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	5,0	0,013
Провожу время в интернете, социальных сетях I spend time using the internet, social media	6,0	8,0	10,0	4,7	6,0	10,0	0,004
Читаю художественную литературу (книги)   I read books	0,0	4,0	7,0	0,0	4,0	6,25	0,538
Принимаю лекарственные травы (настойки) I take herbal medicines (tinctures)	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	4,0	0,123
Принимаю лекарства   I take medication	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	5,0	0,142

\* Баллы на выбор, максимум – 10, использован критерий Манна–Уитни.

\* Points from 0 to 10. Data were analyzed using Mann-Whitney test.

Мы хотели бы подчеркнуть, что в нашу задачу не входило сравнивать между собой университеты, мы стремились к тому, чтобы на примере двух контингентов студентов оценить характер стресса, испытываемый ими в связи с комплексом факторов и обстоятельств. Исследованные контингенты несколько отличались по своим исходным демографическим и академическим характеристикам, что, несомненно, является ограничением нашего исследования. Тем не менее оказалось, что по основным показателям, характеризующим непосредственно стресс академической среды (общая удовлетворенность пребыванием в вузе, степень волнения перед экзаменами, страх лишиться стипендии и страх отчисления, реакции при переходе на дистанционное образование), студенты двух университетов либо не отличаются, либо отличаются незначительно. Это позволяет предположить, что наблюдаемые различия между студентами связаны не столько с академической средой,

сколько с общим контекстом, прежде всего жизнью в мегаполисе с населением порядка 5,6 млн человек (Санкт-Петербург) и в областном центре (Белгород) с населением чуть более 0,5 млн человек.

Фактор мегаполиса в контексте стресса, переживаемого студентами, анализировали многие исследователи. Ситуация в мегаполисах более всего сказывается на приезжих студентах, адаптация которых происходит поэтапно и завершается примерно через 2 года после переезда [24]. Наибольшее стрессовое влияние оказывают такие обстоятельства, как проблемы, связанные с нехваткой денежных средств, новыми условиями проживания (общежитие), новым учебным коллективом, иным образом жизни, непривычным ритмом труда и отдыха и всей системой обучения [25]. Определенную роль может играть влияние городской среды на сознание и эмоциональную сферу, порождающее социальные иллюзии [26]. Однако не только присущие мегаполисам факторы (напряженный

темп жизни, транспортная проблема или сложности с организацией быта и питания), на наш взгляд, могут влиять на психологическую дезадаптацию и суицидальное мышление у студентов. Выявленные различия между двумя исследованными контингентами касаются сферы зависимости от семейного контекста. Так, студенты НИУ «БелГУ», среди которых больше тех, кто вырос в сельской местности или в малых городах, чаще материально зависят от родителей, по-прежнему проживают с родителями и близкими родственниками и реже самостоятельно или в общежитиях, реже испытывают различные проблемы во взаимоотношениях с родителями и в большей мере доверяют их мнению. Всё это можно расценивать как отражение большей приверженности традиционным ценностям семьи среди этого контингента. Студенты СПбГУ в этом отношении выглядят более независимо, но по ряду признаков можно заметить, что при этом им приходится жертвовать своим психологическим благополучием. Это можно объяснить тем, что жизнь в мегаполисе ярче и привлекательнее, чем в небольших городах, здесь представлена современная и привлекательная для молодёжи культурная среда, которая способствует личной свободе и самостоятельности, но одновременно может провоцировать целый набор психологических проблем [27].

Большое число исследований свидетельствует, что урбанизация за счёт социальных, экономических и экологических неблагоприятных факторов способствует ухудшению психического здоровья [28]. Это характерно и для Санкт-Петербурга [29]. Недавние социологические исследования в России подчёркивают, что жители двух столиц — Москвы и Санкт-Петербурга в наибольшей степени ощущают стресс, при этом молодёжь ощущает стресс почти вдвое чаще, чем пожилые люди [30]. Большая приверженность студентов в мегаполисе к таким практикам преодоления стресса, как погружение в социальные сети и видеоряд, компьютерные игры, пропуски занятий и аддикции (курение), выявленная нами, подтверждает роль урбанизации. Напротив, в более традиционной среде небольшого города студенты чаще пытаются справиться со своими проблемами путём обращения за социальной поддержкой (в частности, к родителям), а также более осознанно используют принципы здорового образа жизни.

Интересно в связи с этим то, что студенты-медики из НИУ «БелГУ», которые, по данным ряда исследований [31, 32], подвержены стрессу больше других категорий студентов вузов (возможно, в силу высоких требований в образовательном процессе, жёсткого и напряжённого графика и в целом более высокого уровня дисциплины и приверженности распорядку на медицинских факультетах), в нашем случае оказались по ряду показателей более благополучными, чем преобладающие в СПбГУ студенты-гуманитарии, пользующиеся большей свободой

выбора на своих факультетах. Это обстоятельство ещё раз указывает на приоритетную роль фактора мегаполиса в противовес собственно академическому фактору. Даже больший процент иностранных студентов среди контингента НИУ «БелГУ», которые наиболее подвержены астеноневротическим симптомам и суицидальным переживаниям в процессе адаптации на начальных курсах [33], не повлиял на суммарные показатели студентов в небольшом городе, которые оказались по многим признакам более устойчивыми к негативному влиянию психосоциального стресса.

Разумеется, фактор мегаполиса нельзя рассматривать исключительно в негативном ключе. Так, по данным других авторов, студенты высококонкурентных вузов в крупных городах отличаются большей мотивацией к успеху и более низким уровнем ситуационной тревоги [34]. В то же время есть наблюдения, согласно которым в переживаниях студентов в мегаполисах могут сосуществовать разные мотивы, такие как «развитие — возможности» и «тоска по дому — одиночество» [35]. Всё это говорит о сложном характере взаимосвязей между стрессом, переживаемым студентами, и их благополучием в различных социоэкономических условиях, прежде всего в связи с фактором мегаполиса.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На примере двух университетов (СПбГУ и НИУ «БелГУ») показано, что современные студенты вузов испытывают психосоциальный стресс, сопровождающийся различными проявлениями нарушенного психологического благополучия. Переживаемый студенческими контингентами стресс не сводится к академическому стрессу и тесно связан с различающимися условиями их жизни в мегаполисе или в небольшом областном центре. Фактор мегаполиса — это трудно измеряемый фактор, к тому же дизайн исследования и ряд различий между выборками позволяют нам говорить о его влиянии только на основании косвенных признаков. Тем не менее выявленные признаки психологического неблагополучия и психосоциальной дезадаптации среди студентов федерального вуза Санкт-Петербурга позволяют сформулировать некоторые практические рекомендации. Очевидно, семьям и школьной системе необходимо готовить будущих студентов, стремящихся к поступлению в высокорейтинговые вузы, к самостоятельной жизни в мегаполисах, обращая внимание на весь комплекс потенциальных сложностей при адаптации, а не только на академические достижения. В свою очередь, администрациям таких вузов целесообразно усилить меры по социально-психологической поддержке студентов, чтобы не затормозить развитие из-за накапливающихся психосоциальных проблем и в полной мере использовать потенциал вузовской молодёжи.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** В.А. Розанов — разработка идеи исследования, анализ данных, написание статьи; Д.А. Лаская — разработка инструментария и организация исследования, первичная обработка и визуализация данных; Д.С. Радионов — статистическая обработка и анализ данных, комментарии к тексту статьи; В.В. Руженкова — организация исследования, подготовка данных к обработке. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

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

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

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сведения о численности студентов образовательных организаций, осуществляющих образовательную деятельность по образовательным программам высшего образования. Режим доступа: <https://minobrnauki.gov.ru/opendata/9710062939-svedeniya-o-chislennosti-studentov-obrazovatelnykh-organizatsiy-osushchestvlyayushchikh-obrazovatelnykh> Дата обращения: 25.06.2022.
2. Новикова Ю.Л., Семенова Т.Н., Лимонов Д.С. Влияние стресса на жизнь современного студента // *Успехи современной науки*. 2017. Т. 1, № 6. С. 22–25. EDN: ZCOVTH
3. Гладышева Н.Г. Психологические (эмоциональные) реакции на стресс у студентов вуза // *Вестник науки и образования*. 2015. Т. 9, № 7. С. 75–78. EDN: UHRARX
4. Rotenstein L.S., Ramos M.A., Torre M., et al. Prevalence of depression, depressive symptoms, and suicidal ideation among medical students: a systematic review and meta-analysis // *JAMA*. 2016. Vol. 316, N 21. P. 2214–2236. doi: 10.1001/jama.2016.17324
5. Артюхова Т.Ю., Петрова Т.И., Бенькова О.А., Фёдорова Е.П. Учебная деятельность как фактор возникновения стресса у студентов // *Вестник КГПУ им. В.П. Астафьева*. 2020. Т. 52, № 2. С. 145–155. EDN: KHAJXJ  
doi: 10.25146/1995-0861-2020-52-2-208
6. Izzati I.D.C., Tentama F., Suyono H. Academic stress scale: a psychometric study for academic stress in senior high school // *European Journal of Educational Studies*. 2020. Vol. 7, N 7. P. 153–168. doi: 10.46827/EJES.V7I7.3161
7. Karyotaki E., Cuijpers P., Albor Y., et al. Sources of stress and their associations with mental disorders among college students: results of the world health organization world mental health surveys international college student initiative // *Front. Psychol.* 2020. Vol. 11. P. 1759. doi: 10.3389/fpsyg.2020.01759
8. Соротокина М.А. Сравнительный анализ уровня стресса у студентов-первокурсников и студентов-выпускников. В кн.: *Психологическая студия. Сборник статей студентов, магистрантов, аспирантов, молодых исследователей кафедры прикладной психологии ВГУ им. П.М. Машерова*. Витебск:

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution.** Vsevolod Rozanov – research idea, data analysis, writing the manuscript; Diana Laskaja – development of questionnaires and research management; Dmitriy Radionov – statistical analysis, comments to the text of the manuscript; Victoria Ruzhenkova – research management and data cleaning. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

**Funding source.** This study was not supported by external sources of funding.

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

9. Зуйкова Е.Г., Бушма Т.В., Волкова Л.М. Психоземotionalная устойчивость студентов разных профилей подготовки и их реакция на стресс-факторы // *Бизнес. Образование. Право*. 2019. Т. 48, № 3. С. 359–364. EDN: XBUQQV  
doi: 10.25683/VOLBI.2019.48.351
10. Нечаенко И.Я. Специфика стресса у студентов, проживающих в общежитии, и студентов, проживающих с родителями // *Современные тенденции развития науки и технологий*. 2015. № 7–9, С. 96–98. EDN: UZHOSZ
11. Порфирьева Н.А. Особенности реагирования на стресс у иностранных студентов (сообщение 3) // *Российский психиатрический журнал*. 2008. № 6. С. 51–53. EDN: JWGLOR
12. Евдокимова Я.Г. Интерперсональные факторы эмоциональной дезадаптации у студентов в условиях мегаполиса // *Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена*. 2007. Т. 49, № 20. С. 270–273. EDN: JMWQFH
13. Руженков В.А., Руженкова В.В. Некоторые аспекты суицидального поведения учащейся молодежи // *Сибирский вестник психиатрии и наркологии*. 2011. Т. 67, № 4. С. 52–54. EDN: OEKXCV
14. Алешкина М.В., Смирнова Е.Н., Кузьмина К.Д. Частота суицидального поведения студентов младших курсов транспортного вуза // *Нижегородский психологический альманах*. 2018. № 2. С. 15–21. EDN: YTQUDJ
15. Silverman M.M., Meyer P.M., Sloane F., et al. The big ten student suicide study: a 10-year study of suicides on midwestern university campuses // *Suicide and Life-Threatening Behavior*. 1997. Vol. 27, N 3. P. 285–303.
16. Caul S. Estimating suicide among higher education students, England and Wales: Experimental Statistics. Режим доступа: <https://www.gov.uk/government/statistics/announcements/estimating-suicide-among-higher-education-students-england-and-wales-experimental-statistics> Дата обращения: апрель 2021.

17. Розанов В.А., Лаская Д.А., Шаболтас А.В. Самоубийства студентов — что мы знаем, и чего мы не знаем (результаты анализа сообщений сетевых СМИ) // Суицидология. 2021. Т. 12, № 3. С. 39–57. doi: 10.32878/suiciderus.20-12-03(44)-39-57
18. Руженкова В.В., Руженков В.А., Хамская И.С. Русскоязычная адаптация теста DASS-21 для скрининг-диагностики депрессии, тревоги и стресса // Вестник психиатрии, неврологии и нейрохирургии. 2019. № 10. С. 39–46. EDN: TLBCPP
19. Wasserman D., Hoven C.W., Wasserman C., et al. School-based suicide prevention programmes: the SEYLE cluster-randomised, controlled trial // The Lancet. 2015. Vol. 385, N 9977. P. 1536–1544. doi: 10.1016/S0140-6736(14)61213-7
20. Щербатых Ю.В. Психология стресса и методы коррекции. СПб.: Питер, 2008. EDN: SKJPVL
21. McEwen B.S. Brain on stress: how the social environment gets under the skin // Proc Natl Acad Sci USA. 2012. Vol. 109, Suppl 2. P. 17180–17185. doi: 10.1073/pnas.1121254109
22. Сахаров А.В., Тимкина О.А., Говорин Н.В. Психическое здоровье студентов. Томск: Иван Федоров, 2018. EDN: YRFXXK
23. Розанов В.А., Уханова А.И., Волканова А.С., и др. Стресс и суицидальные мысли у подростков // Суицидология. 2016. Т. 24, № 3. С. 20–32. EDN: WNIBAZ
24. Харченко Л.Н., Шишкин В.В. Социальная адаптация студентов в условиях мегаполиса // Современное образование: содержание, технологии, качество. 2019. Т. 1. С. 645–647. EDN: WYMTVY
25. Кузьмина Я.В. Влияние промышленности столичного мегаполиса на психоэмоциональное состояние и адаптацию иногородних студентов. В кн.: Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах. Сборник материалов XII международной научно-практической конференции, Кемерово, 22–23 ноября 2017 г. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2017. С. 505. EDN: QGEQYD
26. Шукшина Л.В. Влияние мегаполиса на представления о социальных иллюзиях у студентов // Проблемы современного педагогического образования. 2018. № 60–3. С. 481–484. EDN: YMBQRF
27. Иванова З.В. Популярные инструменты массовой культуры периода постмодерна, формирующие общественное сознание // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2009. Т. 3, № 1. С. 268–274. EDN: KXGZUP
28. Психическое здоровье мегаполиса. Вызовы и прогнозы / под общ. ред. Н.Г. Незнанова, Ю.А. Петрова. СПб.: Алеф-Пресс, 2020. EDN: FZVPCR
29. Ventriglio A., Torales J., Castaldelli-Maia J.M., et al. Urbanization and emerging mental health issues // CNS Spectr. 2021. Vol. 26, N 1. P. 43–50. doi: 10.1017/S1092852920001236
30. Результаты опроса россиян о стрессе и стрессовых привычках в рамках спецпроекта с РБК. 2022. Режим доступа: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/stress-i-kak-s-nim-borotsja> Дата обращения: октябрь 2023.
31. Фидиркина В.Н., Баринаева О.Г. Феномен академического стресса и психологическое благополучие студентов-медиков // Scientist (Russia). 2021. Т. 18, № 4. С. 35–38.
32. Kumar S., Jayachandra S., Kodidala S.R. Depression, anxiety and stress levels among medical and dental students: a cross sectional study // Siberian Scientific Medical Journal. 2022. Т. 42, № 2. С. 39–43. EDN: EPFTYE doi: 10.18699/SSMJ20220206
33. Руженкова В.В. Суицидальное поведение в структуре защитных способов преодоления миграционного и учебного стресса иностранными студентами // Суицидология. 2018. Т. 9, № 4. С. 47–60. EDN: YURSVN doi: 10.32878/suiciderus.18-09-04(33)-47-60
34. Galai I.A., Lebedev A.V., Aizman R.I. The specificity of socio-psychological adaptation of students of pedagogical university in the city and district centre // International Journal of Development Research. 2020. Т. 10, № 3. С. 34254–34258.
35. Баранова В.А. Фактор мегаполиса при адаптации иногородних студентов к новым социокультурным условиям. В кн.: От истоков к современности: 130 лет организации психологического общества при Московском университете. Сборник материалов юбилейной конференции. Т. 2. М.: Когито-Центр, 2015. С. 356–358. EDN: UXXTOF

## REFERENCES

1. Information on the number of students of educational organizations engaged in educational activities in educational programs of higher education. [cited: 25.06.2022]. Available from: <https://minobrnauki.gov.ru/opendata/9710062939-svedeniya-o-chislennosti-studentov-obrazovatelnykh-organizatsiy-osushchestvlyayushchikh-obrazovateln>
2. Novikova YuL, Semenova TN, Limonov DS. The impact of stress on the life of a modern student. *Uspekhi sovremennoi nauki*. 2017;1(6):22–25. (In Russ). EDN: ZCOVTX
3. Gladysheva NG. Psychological (emotional) reactions to stress among university students. *Herald of Science and Education*. 2015;9(7):75–78. (In Russ). EDN: UHRARX
4. Rotenstein LS, Ramos MA, Torre M, et al. Prevalence of depression, depressive symptoms, and suicidal ideation among medical students: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2016;316(21):2214–2236. doi: 10.1001/jama.2016.17324
5. Artyukhova Tyu, Petrova TI, Ben'kova OA, Fedorova EP. Educational activity as a stress factor among students. *Bulletin of Krasnoyarsk State Pedagogical University Named after V.P. Astafyev*. 2020;52(2):145–155. EDN: KHAJXJ doi: 10.25146/1995-0861-2020-52-2-208
6. Izzati IDC, Tentama F, Suyono H. Academic stress scale: a psychometric study for academic stress in senior high school. *European Journal of Educational Studies*. 2020;7(7):153–168. doi: 10.46827/EJES.V7I7.3161
7. Karyotaki E, Cuijpers P, Albor Y, et al. Sources of stress and their associations with mental disorders among college students: results of the world health organization world mental health surveys international college student initiative. *Front. Psychol*. 2020;11:1759. doi: 10.3389/fpsyg.2020.01759
8. Sorotokina MA. Comparative analysis of stress levels in first-year and graduate students. In: *Psikhologicheskaya studiya: sbornik statei studentov, magistrantov, aspirantov, molodykh issledovatelei kafedry prikladnoi psikhologii VGU imeni P.M. Masherova*. Vitebsk: Vitebskii gosudarstvennyi universitet im. P.M. Masherova, 2020:230–232. (In Russ). EDN: DDGBJI



9. Zuikova EG, Bushma TV, Volkova LM. Psycho-emotional stability of students of different training programs and their reaction to stressors. *Business. Education. Law*. 2019;48(3):359–364. EDN: XBUQQV doi: 10.25683/VOLBI.2019.48.351
10. Nechaenko IYa. The specifics of stress among students living in a dormitory and students living with their parents. *Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii*. 2015;(7–9):96–98. (In Russ). EDN: UZHOSZ
11. Porfirieva NA. Specific features of response to stress among foreign students (report 3). *Russian Journal of Psychiatry*. 2008;(6):51–53. EDN: JWGLOR
12. Yevdokimova YaG. Interpersonal factors of students' emotional disadaptation in a megapolis. *Izvestia: Herzen University Journal of Humanities & Sciences*. 2007;(20):270–273. EDN: JMWQFH
13. Ruzhenkov VA, Ruzhenkova VV. Some aspects of suicidal behavior of studying youth and possible ways of its prevention. *Siberian Herald of Psychiatry and Addiction Psychiatry*. 2011;67(4):52–54. EDN: OEKXCV
14. Aleshkina MV, Smirnova EN, Kuzmina KD. Frequency of suicidal behavior among junior courses students of transport university. *Nižegorodskij psihologičeskij al'manah*. 2018;(2):15–21. EDN: YTQUDJ
15. Silverman MM, Meyer PM, Sloane F, et al. The big ten student suicide study: a 10-year study of suicides on midwestern university campuses. *Suicide and life-threatening behavior*. 1997;27(3):285–303.
16. Caul S. Estimating suicide among higher education students, England and Wales: Experimental Statistics. [cited: April 2021] Available at: <https://www.gov.uk/government/statistics/announcements/estimating-suicide-among-higher-education-students-england-and-wales-experimental-statistics>
17. Rozanov VA, Laskaja DA, Shaboltas AV. Suicides in the university students – what we know and what we do not know (based on the online News Media reports). *Suicidology (Russia)*. 2021;12(3):39–57. doi: 10.32878/suiciderus.20-12-03(44)-39-57
18. Ruzhenkova VV, Ruzhenkov VA, Hamskaya IS. Russian adaptation of the DASS-21 for screening and diagnosis of depression, anxiety and stress. *Bulletin of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery*. 2019;10:39–46. EDN: TLBCPP
19. Wasserman D, Hoven CW, Wasserman C, et al. School-based suicide prevention programmes: the SEYLE cluster-randomised, controlled trial. *The Lancet*. 2015;385(9977):1536–1544. doi: 10.1016/S0140-6736(14)61213-7
20. Shcherbatykh YuV. Stress psychology and correction methods. Sankt-Peterburg: Piter, 2008. (In Russ). EDN: SKJPVL
21. McEwen BS. Brain on stress: how the social environment gets under the skin. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2012;109 (Suppl 2):17180–17185. doi: 10.1073/pnas.1121254109
22. Sakharov AV, Timkina OA, Govorin NV. Mental health of students. Tomsk: Ivan Fedorov, 2018. (In Russ). EDN: YRFXXK
23. Rozanov VA, Ukhanova AI, Volkanova AS, et al. Stress and suicidal thoughts in adolescents. *Suicidology*. 2016;24(3):20–32. EDN: WNIBAZ
24. Kharchenko LN, Shishkin VV. Social adaptation of students in a metropolis. *Sovremennoe obrazovanie: sodержanie, tekhnologii, kachestvo*. 2019;1:645–647. EDN: WYMTVY
25. Kuz'mina YaV. The influence of the industry of the metropolitan metropolis on the psycho-emotional state and adaptation of nonresident students. In: *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti predpriyatii v promyshlennno razvitykh regionakh: sbornik materialov XII mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Kemerovo; 2017. Nov 22–23*. Kemerovo: Kuzbasskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet im. T.F. Gorbacheva, 2017:55. (In Russ). EDN: QGEQYD
26. Shukshina LV. Influence of the megapolis on the presentations on social illusions of student. *Problems of modern pedagogical education*. 2018;60–3:481–484. EDN: YMBGRF
27. Ivanova ZV. Popular mass culture instruments of a post-modern period, forming a social consciousness. *Vestnik Saratov State Technical University*. 2009;3(1):268–274. EDN: KXGZUP
28. Neznanov NG, Petrova YuA, Vasileva AV, Karavaeva TA, editors. *Mental health of the metropolis: challenges and forecasts*. Sankt-Peterburg: Alef-Press, 2020. (In Russ). EDN: FZVPCR
29. Ventriglio A, Torales J, Castaldelli-Maia JM, et al. Urbanization and emerging mental health issues. *CNS Spectr*. 2021;26(1):43–50. doi: 10.1017/S1092852920001236
30. Rezul'taty oprosa rossiyan o stresse i stressovykh privychkakh v ramkakh spetsproekta s RBK. 2022. [cited: October 2023]. Available at: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/stress-i-kak-s-nim-borotsja>
31. Fidirkina VN, Barinova OG. The phenomenon of academic stress and psychological well-being of medical students. *Scientist (Russia)*. 2021;18(4):35–38.
32. Kumar S, Jayachandra S, Kodidala SR. Depression, anxiety and stress levels among medical and dental students: a cross sectional study. *Siberian Scientific Medical Journal*. 2022;42(2):39–43. EDN: EPFTYE doi: 10.18699/SSMJ20220206
33. Ruzhenkova VV. Suicidal behavior in the structure of protective methods of overcoming migration and educational stress by foreign students. *Suicidology*. 2018;9(4):47–60. EDN: YURSVN doi: 10.32878/suiciderus.18-09-04(33)-47-60
34. Galai IA, Lebedev AV, Aizman RI. The specificity of socio-psychological adaptation of students of pedagogical university in the city and district centre. *International Journal of Development Research*. 2020;10(3):34254–34258.
35. Baranova VA. The factor of the megalopolis during the adaptation of nonresident students to the new socio-cultural conditions. In: *Ot istokov k sovremennosti: 130 let organizatsii psihologicheskogo obshchestva pri Moskovskom universitete: Sb. mat. yubileinoi konferentsii*. Vol. 2. Moscow: Kogito-Tsentr, 2015. P. 356–358. EDN: UXXT0F

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**\*Розанов Всеволод Анатольевич**, д-р мед. наук, профессор;  
адрес: Россия, 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 6;  
ORCID: 0000-0002-9641-7120;  
eLibrary SPIN: 1978-9868;  
e-mail: v.rozanov@SPbSU.ru

**Лаская Диана Андреевна**;  
ORCID: 0000-0002-5014-418X;  
eLibrary SPIN: 9280-9317;  
e-mail: st082164@student.SPbSU.ru

**Радионон Дмитрий Сергеевич**;  
ORCID: 0000-0001-9020-3271;  
eLibrary SPIN: 3247-3178;  
e-mail: dumradik@mail.ru

**Руженкова Виктория Викторовна**, д-р мед. наук;  
ORCID: 0000-0002-1740-4904;  
eLibrary SPIN: 8424-7632;  
e-mail: ruzhenkova@bsu.edu.ru

## AUTHORS' INFO

**\*Vsevolod A. Rozanov**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;  
address: 6 naberezhnaja Makarova, Saint-Petersburg, 199034,  
Russia;  
ORCID: 0000-0002-9641-7120;  
eLibrary SPIN: 1978-9868;  
e-mail: v.rozanov@SPbSU.ru

**Diana A. Laskaja**;  
ORCID: 0000-0002-5014-418X;  
eLibrary SPIN: 9280-9317;  
e-mail: st082164@student.SPbSU.ru

**Dmitriy S. Radionov**;  
ORCID: 0000-0001-9020-3271;  
eLibrary SPIN: 3247-3178;  
e-mail: dumradik@mail.ru

**Victoria V. Ruzhenkova**, MD, Dr. Sci (Medicine);  
ORCID: 0000-0002-1740-4904;  
eLibrary SPIN: 8424-7632;  
e-mail: ruzhenkova@bsu.edu.ru

\*Автор, ответственный за переписку / \*Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626250>

# Особенности аналитического контроля вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны объектов магистрального трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов

А.Д. Бадикова<sup>1</sup>, И.Г. Ибрагимов<sup>1</sup>, Н.А. Бейгул<sup>1,2</sup>, Л.К. Каримова<sup>2</sup>, С.Р. Сахибгареев<sup>1</sup>, И.А. Хусаинова<sup>1</sup>, Я.М. Сахибгареева<sup>3</sup>, Н.А. Мулдашева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

<sup>2</sup> Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека, Уфа, Россия

<sup>3</sup> Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** На объектах магистрального трубопроводного транспорта поступление химических веществ в воздух рабочей зоны может негативно влиять на организм работников, что обуславливает необходимость постоянного контроля за их содержанием. Отсутствие в имеющихся нормативных документах четко сформулированных критериев по выбору конкретных вредных химических соединений для их контроля, особенно в случае, если они представляют собой многокомпонентную смесь, вносит определенные трудности в идентификацию загрязнителей в воздухе рабочей зоны.

**Цель.** Обоснование перечня вредных веществ для аналитического контроля за их содержанием в воздухе рабочей зоны объектов магистрального трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов.

**Материал и методы.** Качественный и количественный анализ воздуха рабочей зоны проведен на 12 нефтеперекачивающих станциях и 5 нефтепродуктоперекачивающих станциях, расположенных на территории России.

**Результаты.** Методом хромато-масс-спектрометрии установлен состав газовой среды, образующейся в результате испарения нефти, что позволило определить перечень вредных химических веществ для дальнейшего планового аналитического контроля за их содержанием в воздухе рабочей зоны. Для обязательного контроля в качестве приоритетных загрязнителей выбраны наиболее опасные и преобладающие в газовых смесях вещества с учётом их физико-химических и токсических свойств, класса опасности, наличия и численного значения предельно допустимой концентрации (ПДК). Анализ результатов количественного химического анализа проб воздуха показал, что в зависимости от вида и характера выполняемых персоналом технологических операций средние значения максимально разовых концентраций предельных углеводородов C<sub>2</sub>–C<sub>10</sub> находились в пределах 0,1–0,7 ПДК, дигидросульфида в смеси с углеводородами — 0,2–1,2 ПДК, бензола — 0,1–0,8 ПДК. В воздухе рабочей зоны нефтепродуктоперекачивающих станций содержание бензина составило 0,2–2,1 ПДК, керосина — 0,1–1,0 ПДК, бензола — 0,1–0,3 ПДК. При ликвидации последствий аварий работники подвергались более длительному и интенсивному воздействию вредных веществ, содержание которых возрастало в 3–5 раз. Диагностированные хронические заболевания верхних дыхательных путей у работников основных профессий имеют среднюю степень связи с условиями труда (RR — 1,9, EF — 48,5%).

**Заключение.** Качественно проведённый аналитический контроль за загрязнителями воздуха рабочей зоны может позволить обеспечить безопасные условия труда и снизить у работников риски развития профессиональных заболеваний химической этиологии, а также хронических заболеваний верхних дыхательных путей.

**Ключевые слова:** вредные химические вещества; воздух рабочей зоны; аналитический контроль; условия труда; магистральный трубопроводный транспорт; нефть; нефтепродукты.

## Как цитировать:

Бадикова А.Д., Ибрагимов И.Г., Бейгул Н.А., Каримова Л.К., Сахибгареев С.Р., Хусаинова И.А., Сахибгареева Я.М., Мулдашева Н.А. Особенности аналитического контроля вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны объектов магистрального трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов // Экология человека. 2023. Т. 30. № 11. С. 821–832. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626250>

Статья поступила: 30.01.2024

Статья одобрена: 26.03.2024

Опубликована online: 08.04.2024



DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626250>

# Analytical monitoring of harmful chemicals in the air of the working area of main pipeline transport facilities for oil and petroleum products

Albina D. Badikova<sup>1</sup>, Ildus G. Ibragimov<sup>1</sup>, Natalia A. Beigul<sup>1, 2</sup>, Liliya K. Karimova<sup>2</sup>, Samat R. Sakhigareev<sup>1</sup>, Irina A. Khusainova<sup>1</sup>, Yana M. Sakhigareeva<sup>3</sup>, Nadezhda A. Muldasheva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

<sup>2</sup> Ufa Research Institute of Occupational Medicine and Human Ecology, Ufa, Russia

<sup>3</sup> Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** At major pipeline transport facilities, the release of chemicals into the air of the working area can have detrimental effects on the health of employees. This underscores the importance of continuous air monitoring. However, the lack of clearly defined criteria in current regulations for selecting specific harmful chemical compounds, particularly in cases of multicomponent mixtures, poses challenges in identifying pollutants in the work environment.

**AIM:** To provide scientific foundation for the list of harmful substances for analytical monitoring of their content in the air of the working areas of main pipeline transport facilities for oil and petroleum products.

**MATERIAL AND METHODS:** Qualitative and quantitative analysis of the air in the working areas was carried out at 12 oil pumping stations and 5 oil product pumping stations in Russia.

**RESULTS:** Composition of the gas-air environment formed as a result of oil evaporation was determined using chromatography-mass spectrometry. A list of identified hazardous chemicals for further analytical monitoring of their content in the air of the working area was developed. For mandatory control, the most dangerous and predominant substances in gas mixtures were selected as priority pollutants, taking into account their physicochemical and toxic properties, the hazard class of the substance, the presence and numerical value of the maximum permissible concentration (MPC). The average values of the maximum single concentrations of saturated hydrocarbons C<sub>2</sub>–C<sub>10</sub> were in the range of 0.1–0.7 MPC, dihydrosulfide mixed with hydrocarbons — 0.2–1.2 MPC, benzene — 0.1–0.8 MPC depending on the type and nature of technological operations performed by personnel. In the air of the working areas of oil product pumping stations, the content of gasoline was 0.2–2.1 MPC, kerosene — 0.1–1.0 MPC, benzene — 0.1–0.3 MPC. When eliminating the consequences of accidents, workers were exposed to longer and more intense exposure to harmful substances, the content of which increased up to 3–5 times. Chronic diseases of the upper respiratory tract among workers of main professions were associated working conditions (Relative risk — 1.9, Etiological fraction — 48.5%).

**CONCLUSION:** Sampling should be carried out in places with the highest probability of gas emissions. When transporting oil, it is necessary to establish strict analytical control at workplaces over the content of aliphatic saturated hydrocarbons C<sub>2</sub>–C<sub>10</sub>, dihydrosulfide mixed with hydrocarbons, benzene in the air, when pumping petroleum products — benzene, gasoline, or kerosene, i.e. depending on the type of petroleum product transported. High-quality analytical monitoring of air pollutants in the work area will ensure safe working conditions and reduce the risks of developing occupational diseases of chemical etiology, as well as chronic diseases of the upper respiratory tract in workers. The proposed criteria can be used in determining the populations to undergo periodic medical examinations and the number of clinical and laboratory tests to minimize the risks of health problems for workers from exposure to chemical factors.

**Keywords:** harmful chemicals; working area air; analytical control; working conditions; main pipeline transport; oil; petroleum products.

## To cite this article:

Badikova AD, Ibragimov IG, Beigul NA, Karimova LK, Sakhigareev SR, Khusainova IA, Sakhigareeva YM, Muldasheva NA. Analytical monitoring of harmful chemicals in the air of the working area of main pipeline transport facilities for oil and petroleum products. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(11):821–832. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626250>

Received: 30.01.2024

Accepted: 26.03.2024

Published online: 08.04.2024

## ВВЕДЕНИЕ

Наиболее эффективным средством транспортировки нефти и в несколько меньшем объёме нефтепродуктов являются магистральные трубопроводы, в состав которых входят сеть трубопроводов, перекачивающие станции и резервуарные парки. Значительная протяжённость магистральных трубопроводов обуславливает наилучшую доступность поставок нефти и нефтепродуктов для потребителей внутри России и других стран [1–3]. В зарубежных странах основные объёмы нефти и нефтепродуктов также транспортируют по трубопроводам [3].

Несмотря на то что транспортировка по трубопроводам является одним из наиболее безопасных методов, при их эксплуатации возможны чрезвычайные ситуации техногенного характера в виде возможных разливов нефти и нефтепродуктов [3]. Основной причиной утечек и аварий является внешняя и внутренняя коррозия трубы, обусловленная физическим износом и моральным старением оборудования [3–7]. Имеющиеся в литературе данные отечественных и зарубежных учёных свидетельствуют о негативном влиянии последствий разлива нефти и нефтепродуктов на объекты окружающей среды, прежде всего на почву, воду и животный мир [1–3, 8–12]. Экологические последствия аварий на трубопроводах при транспортировке топлива напрямую зависят от объёма разлитого продукта [3].

С целью обеспечения надёжной транспортировки нефти и нефтепродуктов в Российской Федерации на участках трубопроводов, объектах нефте- и нефтепродуктоперекачивающих станций и в резервуарных парках ведётся непрерывная модернизация производственных мощностей, которая включает замену определённых участков труб на трассах, реконструкцию резервуаров, установку современных электродвигателей и магистральных насосных агрегатов, обновление задвижек и т.д. [6, 13, 14]. Несмотря на постоянную планомерную работу в этом направлении, изношенность производственных фондов ещё остается значимой, что периодически влечет за собой возникновение эпизодов загрязнения техногенного характера воздушной среды, воды и почвы.

С учётом высокого риска негативных экологических последствий аварийных ситуаций на трубопроводах, по мнению ряда авторов, необходимо повышать уровень технического обслуживания и его контроля [3, 4].

При эксплуатации и обслуживании трубопроводов работники могут подвергаться рискам воздействия вредных веществ, загрязняющих как воздух рабочей зоны, так и воздушную среду открытых территорий [15].

Поступление химических соединений в воздушную среду действующих объектов магистрального трубопроводного транспорта происходит при их испарении в процессе хранения нефти и нефтепродуктов через негерметичные соединения, а также при сливно-наливных операциях и плановых газоопасных работах. Существенное загрязнение вредными химическими веществами

возникает, как правило, в результате аварийных ситуаций на трубопроводной инфраструктуре [1, 16]. Инциденты и аварийные ситуации, к которым относят утечку нефти и нефтепродуктов в результате разгерметизации трубопроводов, возгорание нефти и нефтепродуктов при разливах, возникают нечасто, однако их последствия наносят существенный вред окружающей среде и негативно влияют на организмы работников, участвующих в их ликвидации [15].

Воздействие высоких концентраций многокомпонентной смеси предельных ароматических, в меньшей степени непредельных углеводородов оказывает выраженное раздражающее и общетоксическое действие. При очень высоких концентрациях у человека наблюдается потеря сознания, отёк лёгких и даже смерть [17–20]. Необходимо отметить, что работы, посвящённые исследованию воздушной среды рабочей зоны на объектах магистрального трубопровода, единичны [21].

Отсутствие в имеющихся нормативных документах чётко сформулированных критериев по выбору конкретных вредных химических соединений для контроля за их содержанием, особенно в случаях, если они представляют собой многокомпонентную смесь, вносит определенные трудности при идентификации загрязнителей в воздухе рабочей зоны объектов магистральных трубопроводов. Наличие критериев позволило бы работодателю установить соответствующий мониторинг вредных химических веществ в воздушной среде производственного объекта. В этой связи актуальным является рассмотрение подходов к аналитическому контролю содержания вредных веществ воздушной среды объектов, задействованных в транспортировке нефти и нефтепродуктов. При выборе приоритетных загрязнителей рекомендуем использовать такие критерии и показатели, как физико-химические свойства вещества (в частности, летучесть), класс опасности химического вещества (I–IV), наличие и численное значение предельно допустимой концентрации (ПДК максимально разовой и/или среднесменной) и особенности воздействия вредного химического вещества на организм работника.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на 12 нефтеперекачивающих станциях (НПС) пяти нефтепроводных управлений, расположенных на территории России и осуществляющих трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. При транспортировке нефтепродуктов осуществляли аналитический контроль за содержанием химических веществ в воздухе рабочих зон 5 нефтепродуктоперекачивающих станций (НППС).

Отбор проб воздуха рабочей зоны, их хранение и консервацию осуществляли согласно нормативным документам, применяемым при количественном химическом анализе соответствующих веществ.



относительное содержание их в смеси. Установлено преобладание циклоалканов и предельных алифатических углеводородов (алканов, изоалканов) в данной газовой среде. Содержание моноциклических ароматических углеводородов (бензола, алкилбензолов) и алкенов в исследуемой газовой смеси несколько ниже. Полициклические ароматические углеводороды, спирты, алкины, альдегиды и кетоны содержались в пробе в незначительном количестве.

Поскольку химические соединения, выделяющиеся в воздушную среду рабочей зоны, образуют многокомпонентную смесь, то анализ каждого отдельного вещества может быть затруднён и экономически невыгоден. Поэтому аналитический контроль проб воздуха как для целей производственного контроля, так и для специальной оценки условий труда в этом случае проводится по наиболее опасным и преобладающим характеристическим веществам данной газовой смеси, для которых установлены соответствующие ПДК в воздухе рабочей зоны (максимально разовые и/или среднесменные).

В воздух рабочей зоны при нормальном функционировании объектов НПС могут поступать преимущественно вещества, обладающие большей летучестью. Аналогичная ситуация наблюдается и на НППС при перекачке соответствующих нефтепродуктов.

С учётом результатов хромато-масс-спектрометрического анализа исследованной газовой смеси при транспортировке нефти по магистральным трубопроводам аналитическому контролю в воздухе рабочей зоны

подлежали алифатические предельные углеводороды  $C_2-C_{10}$  (суммарно), относящиеся к 4-му классу опасности химических веществ, и бензол, а также дигидросульфид (в смеси с углеводородами  $C_1-C_5$ ), так как перекачиваемая нефть сернистая. Необходимо отметить, что последние являются более опасными, отнесены ко 2-му классу опасности химических веществ и имеют определённый характер действия на организм человека: дигидросульфид обладает остро направленным механизмом действия, бензол — канцерогенным (табл. 1).

При перекачке нефтепродуктов в воздушной среде объектов осуществляли плановый аналитический контроль за содержанием бензола, бензина или керосина, то есть в зависимости от вида транспортируемого нефтепродукта в момент исследования.

Для определения мест (точек) отбора проб воздуха составили перечень рабочих зон (помещения, объекты, территория), где работники выполняли свою профессиональную деятельность и в которых возможно воздействие на них вредных веществ. К ним отнесены насосные залы (магистральные, подпорные), электрозалы, насосные внутренних перекачек, маслонасосные, блок-боксы или здания регуляторов давления, блок-боксы системы сглаживания волн давления, резервуарные парки, производственные площадки и т.д.

С целью установления источников поступления вредных веществ в производственную среду выявляли элементы конструкции оборудования, через которые возможны выделения химических соединений в воздух. Ими могли быть

**Таблица 1.** Характеристики основных химических веществ, для которых необходим аналитический контроль их содержания в воздушной среде при транспортировке нефти и нефтепродуктов магистральными трубопроводами

**Table 1.** Characteristics of the main chemical substances that require analytical monitoring of their content in the air during transportation of oil and petroleum products by main pipelines

Вещество Substance	Агрегатное состояние Aggregate state	Особенности действия на организм Features of action on the body	Класс опасности Hazard class	ПДК*, мг/м <sup>3</sup> MPC*, mg/m <sup>3</sup>
Углеводороды алифатические предельные $C_2-C_{10}$ (пересчёт на углерод) $C_2-C_{10}$ aliphatic limiting hydrocarbons (converted to carbon)	п	–	4	900/300
Дигидросульфид в смеси с углеводородами $C_1-C_5$ Dihydrosulphide mixture with hydrocarbons $C_1-C_5$	п	О	2	3
Бензол+   Benzene+	п	К	2	15/5
Бензин (растворитель, топливный)   Benzene (solvent, fuel)	п	–	4	300/100
Керосин (перерасчёт на углерод) Paraffin (carbon conversion)	п	–	4	600/300

Примечание: ПДК — предельно допустимая концентрация; \* СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; п — пар; О — вещества с остро направленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе; К — канцерогены; + — вещества, при работе с которыми требуется специальная защита кожи и глаз.

Note: MPC — maximum permissible concentration; \* SanPiN 1.2.3685-21 “Hygienic norms and requirements to ensure safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans”; п — vapour; O — substances with acutely directed mechanism of action requiring automatic control of their content in the air; K — carcinogens; + — substances requiring special skin and eye protection when working with them.



конструктивные звенья, соединительные узлы основного оборудования станции: насосные агрегаты (магистральные и подпорные), резервуары, системы подводящих и распределительных трубопроводов, узлы учета и т.д.

Установлено, что качественный состав химического фактора, воздействующего на работников предприятий нефтепроводного транспорта, практически одинаков. Однако интенсивность воздействия вредных химических веществ на организм работающего персонала может существенно отличаться в зависимости от профессии работников и характера выполняемых ими работ.

Так, при нормально функционирующем оборудовании НПС и НППС, которые обслуживаются операторами, электромонтерами по ремонту и обслуживанию электрооборудования (дежурным), машинистами технологических насосов, машинистами технологических компрессоров,

операторами товарными, в воздухе рабочих зон фиксировали максимально разовые концентрации вредных веществ, значения которых были значительно ниже соответствующих гигиенических нормативов (табл. 2, 3). В этом случае условия труда по химическому фактору для данных категорий работников оценивались как допустимые (класс 2).

В насосных залах НПС определялись концентрации предельных алифатических углеводородов в диапазоне 51,3–194,7 мг/м<sup>3</sup> и в среднем составили 86,2±17,9 и 79,8±10,5 мг/м<sup>3</sup> соответственно при работе подпорных и магистральных насосов. В электростанциях концентрация предельных углеводородов была несколько ниже по сравнению с насосными залами — 50,5–104,9 мг/м<sup>3</sup> со средним значением максимально разовой концентрации 58,3±8,9 мг/м<sup>3</sup>.

**Таблица 2.** Средние значения максимально разовых концентраций контролируемых веществ в воздушной среде объектов нефтеперекачивающих станций и возможные превышения их гигиенических нормативов при выполнении технологических операций при перекачке и хранении нефти

**Table 2.** Average values of maximum single concentrations of controlled substances in the air environment of oil pumping stations and possible excess of their hygienic standards when performing technological operations during oil pumping and storage

Место (точка) отбора пробы, технологическая операция Place (point) of sampling, technological operation	Среднее значение максимально разовой концентрации вещества, мг/м <sup>3</sup> / превышение ПДК, раз Average value of maximum single concentration of the substance, mg/m <sup>3</sup> / MPC exceedance, times		
	углеводороды алифатические предельные C <sub>2</sub> –C <sub>10</sub> C <sub>2</sub> –C <sub>10</sub> aliphatic hydrocarbons	дигидросульфид в смеси с углеводородами C <sub>1</sub> –C <sub>5</sub> dihydrosulphide mixed with C <sub>1</sub> –C <sub>5</sub> hydrocarbons	бензол benzene
Насосный зал при работе насосных агрегатов (подпорные) Pump room during operation of pump units (booster pumps)	86,2±17,9 / отсутствует   absent	0,9±0,4 / отсутствует   absent	2,7±0,5 / отсутствует   absent
Насосный зал при работе насосных агрегатов (магистральные)   Pump room when pump units are in operation (main pump units)	79,8±10,5 / отсутствует   absent	0,7±0,2 / отсутствует   absent	2,2±0,6 / отсутствует   absent
Электростанция (при работе электродвигателей) Electric hall (when electric motors are in operation)	58,3±8,9 / отсутствует   absent	0,6±0,1 / отсутствует   absent	2,1±0,4 / отсутствует   absent
Насосная внутренних перекачек Pump room for internal pumping	66,4±18,1 / отсутствует   absent	0,7±0,3 / отсутствует   absent	1,7±0,3 / отсутствует   absent
Блок-бокс системы сглаживания волн давления Block-box of pressure wave smoothing system	51,2±7,2 / отсутствует   absent	0,5±0,1 / отсутствует   absent	1,1±0,3 / отсутствует   absent
Блок-бокс регуляторов давления Block-box of pressure regulators	55,7±4,7 / отсутствует   absent	0,5±0,2 / отсутствует   absent	1,2±0,2 / отсутствует   absent
Отбор технологических проб Process sampling	524,0±106,6 / отсутствует   absent	1,8±0,5 / отсутствует   absent	5,5±1,0 / отсутствует   absent
Выполнение сливно-наливных работ Drainage and filling operations	621,0±137,1 / отсутствует   absent	2,2±0,9 / отсутствует   absent	11,6±2,4 / отсутствует   absent
Дренаж технической воды из резервуара Drainage of service water from the tank	413,0±97,9 / отсутствует   absent	3,6±1,3 / 1,2	7,2±1,8 / отсутствует   absent

Примечание: ( $\bar{x} \pm \Delta$ ) мг/м<sup>3</sup>, где  $\bar{x}$  — среднее арифметическое значение максимально разовой концентрации вещества,  $\Delta$  — стандартная ошибка; ПДК — предельно допустимая концентрация.

Note: ( $\bar{x} \pm \Delta$ ) mg/m<sup>3</sup>, where  $\bar{x}$  — arithmetic mean of the maximum single concentration of the substance,  $\Delta$  — standard error; MPC — maximum permissible concentration.

**Таблица 3.** Средние значения максимально разовых концентраций контролируемых веществ в воздушной среде объектов нефтепродуктоперекачивающих станций и количество проб, превышающих предельно допустимые концентрации при выполнении технологических операций при перекачке и хранении нефтепродуктов

**Table 3.** Average values of maximum single concentrations of controlled substances in the air environment of oil pumping stations facilities and the number of samples with concentrations exceeding maximum permissible concentration excesses of their hygienic standards when performing technological operations when pumping and storing petroleum products

Место (точка) отбора пробы, технологическая операция Place (point) of sampling, technological operation	Среднее значение максимально разовой концентрации вещества, мг/м <sup>3</sup> / превышение ПДК, раз Average value of maximum single concentration of the substance, mg/m <sup>3</sup> / MPC exceedance, times		
	бензин petrol	бензол benzene	керосин kerosene
Насосный зал (при работе насосных агрегатов) Pump room (when pump units are in operation)	101,9±22,3 / отсутствует   absent	1,4±0,4 / отсутствует   absent	98,7±18,2 / отсутствует   absent
Электрозал (при работе электродвигателей) Electric hall (when electric motors are in operation)	92,1±14,1 / отсутствует   absent	1,1±0,3 / отсутствует   absent	74,5±11,8 / отсутствует   absent
Насосная внутренних перекачек Pump room for internal pumping	71,7±11,4 / отсутствует   absent	0,9±0,4 / отсутствует   absent	55,9±8,9 / отсутствует   absent
Блок-бокс системы сглаживания волн давления Block-box of pressure wave smoothing system	52,9±9,7 / отсутствует   absent	0,7±0,1 / отсутствует   absent	56,9±19,3 / отсутствует   absent
Блок-бокс регуляторов давления Block-box of pressure regulators	46,7±8,4 / отсутствует   absent	0,7±0,3 / отсутствует   absent	49,0±10,4 / отсутствует   absent
Отбор технологических проб Process sampling	394,5±50,7 / 1,3	2,4±0,9 / отсутствует   absent	295,6±78,2 / отсутствует   absent
Выполнение сливно-наливных работ Drainage and filling operations	630,0±106,3 / 2,1	3,7±1,1 / отсутствует   absent	588,7±96,3 / отсутствует   absent
Измерение уровня продукта Product level measurement	411,8±82,7 / 1,4	3,9 ± 1,2 / отсутствует   absent	611,8±114,7 / отсутствует   absent

Примечание: ( $\bar{x} \pm \Delta$ ) мг/м<sup>3</sup>, где  $\bar{x}$  — среднее арифметическое значение максимально разовой концентрации вещества,  $\Delta$  — стандартная ошибка; ПДК — предельно допустимая концентрация.

Note: ( $\bar{x} \pm \Delta$ ) mg/m<sup>3</sup>, where  $\bar{x}$  — arithmetic mean of the maximum single concentration of the substance,  $\Delta$  — standard error; MPC — maximum permissible concentration.

Количественный химический анализ проб воздуха, отобранных как в насосных, так и в электрозалах, на содержание дигидросульфида в присутствии углеводородов показал соответствие его концентрации установленным гигиеническим нормам. Максимальная концентрация дигидросульфида в смеси с углеводородами не превышала 1,1 мг/м<sup>3</sup> и в среднем составляла 0,9±0,4 и 0,7±0,2 мг/м<sup>3</sup> соответственно в насосных помещениях с подпорными и магистральными насосными агрегатами и 0,6±0,1 мг/м<sup>3</sup> в электрозалах.

Содержание бензола в данных производственных помещениях находилось также в пределах нормируемой максимально разовой ПДК и колебалось в пределах от 1,8 до 5,6 мг/м<sup>3</sup>. Средние значения максимально разовых концентраций бензола составили в электрозале 2,1±0,4 мг/м<sup>3</sup>, в насосных — 2,2±0,6 и 2,7±0,5 мг/м<sup>3</sup>.

Установлено, что на объектах НППС в процессе функционирования в воздух рабочей зоны поступали углеводороды, входящие в состав перекачиваемых нефтепродуктов. В насосных и электрозалах определялись пары бензина

(углеводородов суммарно в пересчёте на углерод) в максимально разовых концентрациях — от 50,6 до 177,4 мг/м<sup>3</sup>. Средние значения максимальных уровней бензина находились в пределах 101,9±22,3 и 92,1±14,1 мг/м<sup>3</sup> соответственно в насосных и электрозалах. Содержание бензола в данных помещениях НППС достигало 0,6–2,1 мг/м<sup>3</sup> и в среднем составляло 1,4±0,4 и 1,1±0,3 мг/м<sup>3</sup> соответственно в насосных и электрозалах.

В период перекачки керосина в производственных помещениях НППС его максимальный уровень также соответствовал установленному гигиеническому нормативу и находился в диапазоне 66,1–187,7 мг/м<sup>3</sup> со средним значением максимально разовой концентрации 98,7±18,2 и 74,5±11,8 мг/м<sup>3</sup> соответственно в насосных и электрозалах.

Необходимо отметить, что в насосных внутренних перекачек, блок-боксах регуляторов давления и блок-боксах системы сглаживания волн давления фиксировались незначительные концентрации контролируемых веществ на объектах НПС и НППС.

В ходе исследований также выявили, что среднесменные концентрации контролируемых химических соединений в воздухе находились в пределах установленных значений среднесменных ПДК. Данные значения концентраций рассчитывали с учётом времени рабочей смены и временного периода непосредственного воздействия этих вредных веществ на организм работающих.

Кроме того, при штатном функционировании НПС и НППС в технологическом процессе имелись также производственные операции, в ходе которых фиксировали уровни вредных химических веществ, превышающие установленные для них ПДК. Отбор проб, дренаж технической воды из резервуара, сливно-наливные работы, выполнение которых производилось в короткий временной период, приводили к увеличению содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны в концентрациях, превышающих их максимально разовые ПДК (см. табл. 2, 3).

Установлено, что в рабочей зоне оператора товарного при дренаже технической воды из резервуара для хранения сернистой нефти максимальная разовая концентрация дигидросульфида в смеси с углеводородами могла превышать ПДК до 1,1–1,6 раза. Это наблюдалось в 29–51% отобранных проб воздуха. В среднем кратность превышения ПДК составляла 1,2 раза (см. табл. 2).

При сливе-наливе и измерении уровня нефтепродукта в резервуаре оператор товарный подвергался воздействию паров бензина, содержание которого могло возрасти в 1,1–3,1 раза по сравнению с установленными нормами, что было характерно для 27–42% отобранных проб воздуха. При данных операциях в среднем максимальный уровень бензина в воздухе рабочей зоны составлял 394,5–630,0 мг/м<sup>3</sup> с превышением максимально разовой ПДК в 1,3–2,1 раза (см. табл. 3). Концентрация керосина в воздушной среде при данных видах работ не фиксировалась выше максимального допустимого уровня.

Необходимо отметить, что при выполнении технологических операций, проводимых на открытом воздухе, значительную роль в величину кратности превышения гигиенических норм вносили метеорологические факторы. Скорость воздушного потока и его направление, температура, влажность окружающего воздуха могли приводить как к увеличению, так и уменьшению кратности превышения ПДК.

Во время аварийно-восстановительных работ непосредственно участвующие в ликвидации последствий аварий работники подвергались более длительному и интенсивному воздействию вредных веществ. При этом содержание химических соединений, выделяемых в воздух, возрастало в 3–5 раз. Мы установили, что пары вредных химических веществ, концентрации которых превышали максимально разовые ПДК при выполнении таких операций, затем достаточно быстро (около 5–15 мин) рассеивались потоками воздуха. В случае безветренной погоды

или с низкой скоростью ветра высокие уровни загрязняющих веществ снижались до концентраций ниже ПДК через 35–55 мин.

В данных случаях класс условий труда работников по химическому фактору может быть оценен как вредный 1–2-й степени (классы 3.1–3.2) с учётом защиты временем и применения эффективных сертифицированных средств индивидуальной защиты, использование которых значительно снижает риск развития острых отравлений.

Необходимо отметить, что в ликвидации последствий аварий участвовали не только работники аварийно-восстановительных служб, но и достаточно широкий контингент работников других производственных подразделений трубопроводных управлений, имеющих соответствующий допуск на производство данных работ.

Следует отметить, что сотрудники ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» на протяжении многих лет проводят периодические медицинские осмотры работников данного предприятия, в ходе которых не выявили лиц с подозрениями на профессиональные заболевания.

Вместе с тем у работников основных профессий (оператор НПС, оператор товарный, электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (дежурный), машинист технологических насосов, машинист технологических компрессоров) отмечается значительная распространённость хронических заболеваний верхних дыхательных путей при стаже работы 10 лет и более, превышающих аналогичные показатели у слесарей по контрольно-измерительным приборам и автоматике, условия труда которых по химическому фактору относятся к допустимым (класс 2). При определении причинно-следственных связей нарушения здоровья в виде заболеваний верхних дыхательных путей с воздействием химического фактора установлено, что относительный риск (RR) составлял 1,9, этиологическая доля вклада фактора (EF) – 48,5%, сила связи – средняя (по руководству Р 2.2.3969-23 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки»).

## ОБСУЖДЕНИЕ

В связи с наложением моратория на контрольно-надзорные мероприятия учреждениями Роспотребнадзора, в рамках которых проводился лабораторный контроль за уровнями вредных производственных факторов, особое внимание должно быть уделено организации и проведению производственного контроля, являющегося обязанностью юридического лица.

Наличие критериев выбора приоритетных загрязнителей воздушной среды на объектах магистральных трубопроводов позволит работодателю правильно составить программу производственного контроля, определить



периодичность лабораторных исследований для получения более объективной и достоверной информации о потенциальном вредном воздействии химических веществ на работников.

На основании проведённых собственных исследований, а также анализа результатов производственного контроля и специальной оценки условий труда, предоставленных работодателем, предложен подход к выбору приоритетных загрязнителей воздушной среды и потенциальных мест (точек) отбора проб воздуха рабочей зоны с целью контроля за их содержанием.

Результаты исследований позволили определить перечень основных вредных химических веществ, за содержанием которых следует установить строгий аналитический контроль. Лабораторные исследования необходимо проводить на рабочих местах, на которых наиболее вероятны газовыделения в воздушную среду: насосные залы (магистральные, подпорные), электрозалы, насосные внутренних перекачек, маслонасосные, блок-боксы или здания регуляторов давления, блок-боксы системы сглаживания волн давления, резервуарные парки, производственные площадки и т.д.

Обоснованные критерии выбора вредных веществ и мест для контроля дают возможность работодателю оценить гигиеническую ситуацию на производстве и в случае необходимости своевременно провести мероприятия по предупреждению их негативного влияния, что позволит сохранить здоровье работникам.

Отсутствие зарегистрированных профессиональных заболеваний на данном предприятии обеспечивается путём соблюдения санитарно-гигиенических требований, мониторинга за уровнем загрязнения воздуха рабочей зоны в соответствии с обоснованными нами приоритетными критериями, постоянной модернизацией и сменой оборудования и высоким уровнем его технического обслуживания.

Особое внимание на предприятии уделяется периодическим медицинским осмотрам работников в соответствии с требованиями законодательства. На основании предложенного перечня вредных химических веществ мы определили контингент работников для прохождения периодических медицинских осмотров.

Технологический персонал обеспечен соответствующими средствами индивидуальной защиты, в том числе органов дыхания (фильтрующие противогазы соответствующих марок). При ликвидации аварийных ситуаций работники применяют шланговые и/или изолирующие противогазы.

Работники предприятия обучены безопасным приёмам работ, информированы о наличии на рабочих местах вредных производственных факторов, в том числе химических, и последствиях их воздействия для здоровья.

Перечисленный комплекс мер обеспечивает благоприятную гигиеническую ситуацию на предприятии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые исследования позволили определить перечень вредных химических веществ, за содержанием которых необходимо установить строгий аналитический контроль. При выборе основных химических веществ предлагается руководствоваться такими критериями и показателями, как физико-химические свойства вещества, класс опасности химического вещества, наличие и численное значение ПДК (максимально разовой и/или среднесменной), токсическое действие вредного химического вещества на организм работника. При этом отбор проб должен проводиться в местах с наибольшей вероятностью газовыделений в воздушную среду.

При транспортировке нефти необходимо установить аналитический контроль за содержанием алифатических предельных углеводородов  $C_2-C_{10}$  (суммарно), дигидросульфида (в смеси с углеводородами  $C_1-C_5$ ) и бензола в воздухе рабочей зоны. При перекачке нефтепродуктов необходимо контролировать содержание бензола, бензина или керосина (углеводородов суммарно), то есть в зависимости от вида транспортируемого нефтепродукта.

Качественно проведённый аналитический контроль за загрязнителями воздуха рабочей зоны позволит обеспечить безопасные условия труда и снизить риски развития у работников профессиональных заболеваний химической этиологии, а также хронических заболеваний верхних дыхательных путей.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Приложение 1.** Углеводородный состав газовой среды, образующейся в результате испарения нефти.

DOI: 10.17816/humeco626250-4203928

**Вклад авторов.** Н.А. Бейгул — разработка концепции и утверждение окончательного варианта статьи для публикации; Л.К. Каримова — разработка концепции, анализ литературных источников и редакция окончательного варианта; А.Д. Бадикова — анализ литературных источников и редакция окончательного варианта; И.Г. Ибрагимов — анализ литературных источников, написание первичного варианта статьи и её подготовка для редакции; С.Р. Сахибгареев — анализ литературных источников и методическое сопровождение; И.А. Хусаинова — анализ литературных источников и методическое сопровождение; Я.М. Сахибгареева — анализ литературных источников и методическое сопровождение; Н.А. Мулдашева — анализ литературных источников, написание первичного варианта статьи и её подготовка для редакции. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

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

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

## ADDITIONAL INFO

**Supplement 1.** Hydrocarbon composition of the gas-air environment formed as a result of oil evaporation.

DOI: 10.17816/humeco626250-4203928

**Authors' contributions.** N.A. Beigul — development of the concept and approval of the final version of the article for publication; L.K. Karimova — concept development, analysis of literary sources and editing of the final version; A.D. Badikova — analysis of literary

sources and editing of the final version; I.G. Ibragimov — analysis of literary sources, drafting the article; S.R. Sakhbigareev — analysis of literary sources and methodological support; I.A. Khusainova — analysis of literary sources and methodological support; Ya.M. Sakhbigareeva — analysis of literary sources and methodological support; N.A. Muldasheva — analysis of literary sources, writing the initial version of the article and preparing it for the editor. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

**Funding sources.** No external funding.

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гребенюк Г.Н., Чернявский Е.А., Ходжаева Г.К. Магистральные нефтепроводы и их воздействие на окружающую среду // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 1–5. С. 1260–1263. EDN: OORZTF
- Закутянская Е.Д. Анализ аварийности на объектах ПАО «Транснефть». В кн.: Арктика: современные подходы к производственной и экологической безопасности в нефтегазовом секторе. Материалы Национальной научно-практической конференции. Тюмень, 2022. С. 290–293. EDN: LAIEWN
- Belvederesi C., Thompson M.S., Komers P.E. Statistical analysis of environmental consequences of hazardous liquid pipeline accidents // Heliyon. 2018. Vol. 4, N 11. P. e00901. doi: 10.1016/j.heliyon.2018.e00901
- Поникаров С.И., Алексеев В.А., Вилохина П.В., Маннанова А.Ф. Анализ причин возникновения аварий на магистральных нефтепроводах // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 23. С. 365–368. EDN: TCCXDF
- Половков С.А., Гончар А.Э., Максименко А.Ф., Слепнев В.Н. Оценка риска возникновения повреждений трубопроводов, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации. Моделирование разлива и определение возможного объема нефти с учетом рельефа местности // Территория Нефтегаз. 2016. № 12. С. 88–93. EDN: XEKFZH
- Закирзаков А.Г., Егоров А.Л. Анализ состояния сети магистральных нефтепроводов Тюменской области на основе статистических данных // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. С. 309. EDN: VIDXSB
- Мустафин Р.Ф. Анализ аварийности на объектах трубопроводного транспорта нефти в России и США. В кн.: Биотехнологии и безопасность в техносфере. Материалы Всероссийской конференции. СПб., 2021. Т. 2. С. 63–66. EDN: ZSWWJO
- Мещеряков С.В., Гонопольский А.М., Зинец Т.В. Анализ экологически опасных ситуаций на магистральных нефтепроводах // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2021. № 1. С. 18–21. EDN: YSWOQZ doi: 10.33285/2411-7013-2021-1(298)-18-21
- Солодовников А.Ю. Воздействие нефтегазопроводов на окружающую среду в Тюменской области: факторы и последствия // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2004. № 4. С. 85–96. EDN: RTTMPH
- Liu X., Guo M., Wang Y., et al. Assessing pollution-related effects of oil spills from ships in the Chinese Bohai Sea // Mar Pollut Bull. 2016. Vol. 110, N 1. P 194–202. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.06.062
- Burgherr P. In-depth analysis of accidental oil spills from tankers in the context of global spill trends from all sources // Journal Hazard Mater. 2007. Vol. 140, N 1–2. P. 245–256. doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.07.030
- Han B., Zheng L., Li Q., et al. Evaluation of the diagnostic ratios of adamantanes for identifying seriously weathered spilled oils from simulated experiment and actual oil spills // Environ Geochem Health. 2019. Vol. 41, N 2. P. 817–828. doi: 10.1007/s10653-018-0177-x
- Шалай В.В., Мызников М.О., Гильдебрандт М.И., Ходорева Е.В. О необходимости замены насосного оборудования или рабочих колес магистральных насосов при изменении производительности перекачки нефти и нефтепродуктов // Омский научный вестник. Серия: Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2022. Т. 6, № 1. С. 22–28. EDN: MDFHRM doi: 10.25206/2588-0373-2022-6-1-22-28
- Пронькина И.А., Шулепова А.М. Анализ методов повышения эксплуатационной надёжности трубопроводов при освоении Арктики и мирового океана. В кн.: Нефтегазовый терминал. Материалы международной научно-технической конференции. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. Т. 22. С. 430–434. EDN: YGDKFK
- Гридин Л.А. Эколого-гигиеническая характеристика условий профессиональной деятельности специалистов по предупреждению и ликвидации аварий на нефтепроводах // Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 3. С. 27–29. EDN: YHQIFT doi:10.35627/2219-5238/2017-288-3-27-29
- Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. М.: Институт риска и безопасности, 2007. EDN: QKQRCD
- Каримова Л.К., Гизатуллина Д.Ф. Ранние признаки воздействия вредных производственных факторов на организм работающих в современных нефтехимических производствах // Гигиена и санитария. 2012. Т. 91, № 2. С. 38–40. EDN: PFFHBL

18. Камилов Р.Ф., Абзалов Р.Р., Ханов Т.В., и др. Состояние здоровья работников нефтехимической промышленности // Медицина труда и промышленная экология. 2008. № 12. С. 10–15. EDN: KGXCUN
19. Оруджев Р.А., Джафарова Р.Э. Особенности токсического действия углеводородов нефти на организм человека // Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2017. Т. 16, № 4. С. 8–15. EDN: ZDJREV  
doi: 10.22263/2312-4156.2017.4.8
20. Вредные вещества в промышленности / под ред. Н.В. Лазарева, Э.Н. Левиной. Л.: Химия, 1977.
21. Карамова Л.М., Рахматуллин Н.Р., Каримова Л.К. Условия труда при добыче, транспортировке и переработке нефти. В кн.: Нефть и здоровье. Ч. 1. Уфа: УфНИИ МТ и ЭЧ, 1993.
22. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: Руководство Р 2.2.2006-05 // Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора. 2005. Т. 21, № 3. С. 3–144.
23. ГОСТ Р 54275-2010. Топлива автомобильные. Газохроматографический метод определения индивидуальных компонентов с использованием высокоэффективной 100-метровой капиллярной колонки. М.: Стандартинформ, 2012.
24. Wang W., Yingrong L.W., Liu Z., Tian S. Detailed chemical composition of straight-run vacuum gas oil and its distillates as a function of the atmospheric equivalent boiling point // Energy and Fuels. 2016. Vol. 30, N 2. P. 968–974.  
doi: 10.1021/acs.energyfuels.5b02803

## REFERENCES

1. Grebenyuk GN, Chernyavsky EA, Khodzhaeva GK. Oil-trunk pipelines and their environmental impact. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2011;13(1–5):1260–1263. EDN: OORZTF
2. Zakutyanskaya ED. Accident analysis at the facilities of PJSC "Transneft". In: *Modern approaches to industrial and environmental safety in the oil and gas sector. Materialy Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Tyumen, 2022:290–293. (In Russ.). EDN: LAIEWN
3. Belvederesi C, Thompson MS, Komers PE. Statistical analysis of environmental consequences of hazardous liquid pipeline accidents. *Heliyon*, 2018;4(11):e00901.  
doi: 10.1016/j.heliyon.2018.e00901
4. Ponikarov SI, Alekseev VA, Vilokhina PV, Mannanova AF. Analysis of the causes of accidents on oil trunk pipelines. *Herald of Technological University*. 2014;17(23):365–368. (In Russ.). EDN: TCCXDF
5. Polovkov SA, Gonchar AE, Maksimenko AF, Slepnev VN. Assessment of the risk of damage to pipelines located in the Arctic zone of the Russian Federation. Modeling of a spill and determination of the possible volume of oil taking surface topography into consideration *Territoriya Neftegaz*. 2016;(12):88–93. EDN: XEKFZH
6. Zakirzakov AG, Egorov AL. Analyze oil pipelines network of Tyumen region based on statistics. *Modern Problems of Science and Education*. 2015;(1–1):309. EDN: VIDXSB
7. Mustafin RF. Analysis of accidents at oil pipeline transportation facilities in Russia and the USA. In: *Biotechnologies and Safety in the Technosphere. Proceedings of the All-Russian Conference*. Saint-Petersburg, 2021;2:63–66. (In Russ.). EDN: ZSWWJO
8. Meshcheryakov SV, Gonopolsky AM, Zinets TV. The analysis of ecologically dangerous situations on the main oil pipelines. *Environmental Protection in Oil and Gas Complex*. 2021;(1):18–21. EDN: YSWOQZ doi: 10.33285/2411-7013-2021-1(298)-18-21
9. Solodovnikov AYU. Oil pipeline and gas main influence on the environment in Tyumen region: factors and consequences. *Vestnik of Saint-Petersburg University. Earth Sciences*. 2004;(4):85–96. EDN: RTTMPH
10. Liu X, Guo M, Wang Y, et al. Assessing pollution-related effects of oil spills from ships in the Chinese Bohai Sea. *Mar Pollut Bull*. 2016;110(1):194–202. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.06.062
11. Burgherr P. In-depth analysis of accidental oil spills from tankers in the context of global spill trends from all sources. *J Hazard Mater*. 2007;140(1–2):245–256.  
doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.07.030
12. Han B, Zheng L, Li Q, et al. Evaluation of the diagnostic ratios of adamantanes for identifying seriously weathered spilled oils from simulated experiment and actual oil spills. *Environ Geochem Health*. 2019;41(2):817–828.  
doi: 10.1007/s10653-018-0177-x
13. Shalai VV, Myznikov MO, Hildebrandt MI, Khodoreva EV. About the need to replace pumping equipment or impellers of main pumps when the pumping capacity of oil and petroleum products changes. *Omsk Scientific Bulletin. Series: Aviation-Rocket and Power Engineering*. 2022;6(1):22–28. EDN: MDFHRM  
doi: 10.25206/2588-0373-2022-6-1-22-28
14. Pronkina IA, Shulepova AM. Analysis of methods for improving the operational reliability of pipelines in the development of the Arctic and the world Ocean. In: *Neftegazovyi Terminal. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii*. Tyumen: Tyumenskii industrial'nyi universitet, 2021;22:430–434. EDN: YGDKFK
15. Gridin LA. Ecological-hygienic characteristics of professional work of experts on the prevention and elimination of pipeline accident. *Public Health and Life Environment — PH&LE*. 2017;(3):27–29. EDN: YHQIFT  
doi: 10.35627/2219-5238/2017-288-3-27-29
16. Vorobyev YuL, Akimov VA, Sokolov Yul. Prevention and liquidation of emergency oil and petroleum product spills. Moscow: Institut riska i bezopasnosti; 2007. EDN: QKQRCD
17. Karimova LK, Gizatullina DF. Early signs of the influence of harmful industrial factors on workers at present-day petrochemical plants. *Hygiene and Sanitation*. 2012;91(2):38–40. EDN: PFFHBL
18. Kamilov RF, Abzalov RR, Khanov TV, et al. Health status of workers in the petrochemical industry. *Medicina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*, 2008;(12):10–15. EDN: KGXCUN
19. Orudzhev RA, Jafarova RE. The peculiarities of the toxic effect of petroleum hydrocarbons on the human organism. *Vitebsk Medical Journal*. 2017;16(4):8–15. EDN: ZDJREV  
doi: 10.22263/2312-4156.2017.4.8
20. Lazarev NV, Levina EN, editors. Harmful substances in industry. Leningrad: Khimiya, 1977. (In Russ.)

21. Karamova LM, Rakhmatullin NR, Karimova LK. Working conditions in oil production, transportation and refining. In: *Oil and Health*. Part 1. Ufa: UfNII MT i Ech., 1993. (In Russ.)
22. Guidelines for the hygienic assessment of working environment and work process factors. Criteria and classification of working conditions: Guide 2.2.2006-05. *Byulleten' Normativnykh i Metodicheskikh Dokumentov Gossanepidnadzora*. 2005;3(21):3-144. (In Russ.)
23. GOST R 54275-2010. Automotive fuels. Gas chromatographic method for determining individual components using a highly efficient 100-meter capillary column. Moscow: Standartinform, 2012. (In Russ.)
24. Wang W, Yingrong LW, Liu Z, Tian S. Detailed chemical composition of straight-run vacuum gas oil and its distillates as a function of the atmospheric equivalent boiling point. *Energy and Fuels*. 2016;30(2):968-974. doi: 10.1021/acs.energyfuels.5b02803

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Бадикова Альбина Дарисовна**, д-р техн. наук, профессор;  
eLibrary SPIN: 4676-1311;  
ORCID: 0000-0003-4696-4342;  
e-mail: badikova\_albina@mail.ru

**Ибрагимов Ильдус Гамирович**, д-р техн. наук, профессор;  
ORCID: 0009-0005-4529-1272;  
e-mail: prorector\_ur@rusoil.net

**\*Бейгул Наталья Александровна**, канд. хим. наук;  
адрес: 450106, Россия, Уфа, ул. Степана Кувыкина, 94;  
eLibrary SPIN: 4078-4350;  
ORCID: 0000-0002-8006-384X;  
e-mail: omt\_ufnii@mail.ru

**Каримова Лилия Казымовна**, д-р мед. наук, профессор;  
ORCID: 0000-0002-9859-8260;  
eLibrary SPIN: 7670-5375;  
e-mail: iao\_karimova@rambler.ru

**Сахибгареев Самат Рифович**, канд. хим. наук;  
eLibrary SPIN: 3766-8029;  
ORCID: 0000-0002-4653-0897;  
e-mail: samat.sax2014@yandex.ru

**Хусаинова Ирина Анатольевна**, канд. хим. наук;  
eLibrary SPIN: 5493-7870;  
ORCID: 0009-0009-7181-6967;  
e-mail: opst.ugntu@mail.ru

**Сахибгареева Яна Марселевна**, студентка 6-го курса;  
eLibrary SPIN: 8299-1499;  
ORCID: 0000-0001-8937-9755;  
e-mail: yana.ars2000@yandex.ru

**Мулдашева Надежда Алексеевна**;  
eLibrary SPIN: 8880-2511;  
ORCID: 0000-0002-3518-3519;  
e-mail: muldasheva51@gmail.com

## AUTHORS' INFO

**Albina D. Badikova**, Dr. Sci. (Engineering), Professor;  
eLibrary SPIN: 4676-1311;  
ORCID: 0000-0003-4696-4342;  
e-mail: badikova\_albina@mail.ru

**Ildus G. Ibragimov**, Dr. Sci. (Engineering), Professor;  
ORCID: 0009-0005-4529-1272;  
e-mail: prorector\_ur@rusoil.net

**\*Natalia A. Beigul**, Cand. Sci. (Chemistry);  
address: 94 Kuvykina str., Ufa, 450106, Russia;  
eLibrary SPIN: 4078-4350;  
ORCID: 0000-0002-8006-384X;  
e-mail: omt\_ufnii@mail.ru

**Liliya K. Karimova**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;  
ORCID: 0000-0002-9859-8260;  
eLibrary SPIN: 7670-5375;  
e-mail: iao\_karimova@rambler.ru

**Samat R. Sahibgarееv**, Cand. Sci. (Chemistry);  
eLibrary SPIN: 3766-8029;  
ORCID: 0000-0002-4653-0897;  
e-mail: samat.sax2014@yandex.ru

**Irina A. Khusainova**, Cand. Sci. (Chemistry);  
eLibrary SPIN: 5493-7870;  
ORCID: 0009-0009-7181-6967;  
e-mail: opst.ugntu@mail.ru

**Yana M. Sakhigareeva**, 6th year student;  
eLibrary SPIN: 8299-1499;  
ORCID: 0000-0001-8937-9755;  
e-mail: yana.ars2000@yandex.ru

**Nadezhda A. Muldasheva**;  
eLibrary SPIN: 8880-2511;  
ORCID: 0000-0002-3518-3519;  
e-mail: muldasheva51@gmail.com

\*Автор, ответственный за переписку: / \*Corresponding author:

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco595855>

# Реакции кардиогемодинамики и вариабельности сердечного ритма в ответ на активный ортостаз у мужчин-северян с различными генотипами по локусу NOS3 (rs2070744)

И.Н. Безменова, И.В. Аверьянова

Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Магадан, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Цель.** Оценить связь генетического полиморфизма -786T>C (rs2070744) гена *NOS3* с основными показателями кардиогемодинамики при выполнении активной ортостатической пробы у мужчин-северян.

**Материал и методы.** Обследованы 83 практически здоровых мужчины, являющихся постоянными жителями Магаданской области. Средний возраст  $33,5 \pm 1,5$  года. У обследуемых как в состоянии покоя, так и при проведении активного ортостатического теста одновременно анализировали показатели сердечно-сосудистой системы, измеренные автоматическим тонометром с дальнейшим расчетом гемодинамических индексов, и кратковременную вариабельность сердечного ритма в частотной и спектральной областях с использованием АПК «Варикард», также проводили генотипирование методом полимеразной цепной реакции. Для анализа исследуемая выборка была разделена на 2 группы: 1-я – гомозиготы TT ( $n=34$ ); 2-я – носители аллельного варианта NOS3\*C (генотипы TC+CC) с генетически обусловленной сниженной продукцией оксида азота ( $n=49$ ).

**Результаты.** Анализ комплекса вазомоторных, хроно- и инотропных реакций гемодинамических показателей, а также показателей ритма сердца при предъявлении активной ортопробы позволил выявить различные паттерны реагирования у обследуемых двух групп. Так, у мужчин 1-й группы вклад минутного объема кровообращения в обеспечение ортостатической реакции возрастал при неизменных величинах сосудистого сопротивления. Это наблюдалось на фоне выраженного симпатического вегетативного сдвига и возрастания очень низкочастотного компонента общей вариабельности ритма сердца, что, по-видимому, обусловлено более высокой активностью оксида азота в сердечно-сосудистой системе. Во 2-й группе при симпатической недостаточности, сопровождающейся возрастанием сопротивления сосудов в ответ на ортостаз, было зафиксировано увеличение низкочастотной составляющей кардиоритма на 35%, что отражает роль данного показателя как активатора колебаний ритма артериального давления, реализуемого через барорефлекторные механизмы.

**Заключение.** Проведенные исследования показали, что мужчины, у которых в генотипе отсутствует аллельный вариант NOS3\*C, более благоприятно реагировали на активный ортостаз, что может свидетельствовать о достаточно высоком уровне функциональных резервов сердечно-сосудистой системы. Полиморфизм -786T>C (rs2070744) гена *NOS3* является информативным маркером оценки состояния кардиогемодинамики и вегетативных перестроек при проведении функциональных тестов, в частности активной ортостатической пробы.

**Ключевые слова:** генетический полиморфизм; вариабельность сердечного ритма; активная ортостатическая проба; кардиогемодинамика.

## Как цитировать:

Безменова И.Н., Аверьянова И.В. Реакции кардиогемодинамики и вариабельности сердечного ритма в ответ на активный ортостаз у мужчин-северян с различными генотипами по локусу *NOS3* (rs2070744) // Экология человека. 2023. Т. 30. № 11. С. 833–845. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco595855>



DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco595855>

# Cardiohemodynamic responses and heart rate variability following an active orthostatic test among male residents of the North with different *NOS3* (rs2070744) genotypes

Irina N. Bezmenova, Inessa V. Averyanova

Scientific Research Center "Arktika", Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia

## ABSTRACT

**AIM:** This study explored associations between the -786T>C (rs2070744) genetic polymorphism of the *NOS3* gene and the main indices of systemic hemodynamics and heart rate variability following an active orthostatic test in men living in the North.

**MATERIAL AND METHODS:** Eighty-three healthy men aged  $33.5 \pm 1.5$  years on average, who were permanent residents of the Magadan Region, comprised the sample. The participants underwent both resting and active orthostatic testing modes. Cardiovascular system variables were recorded using an automatic tonometer. Hemodynamic indices were then calculated. Short-term heart rate variability in frequency and spectral areas was simultaneously measured using the Varikard hard&soft complex unit. Genotyping was conducted using polymerase chain reaction. The sample was then divided into two groups: Group 1 consisted of homozygotes with the TT genotype ( $n=34$ ), while Group 2 comprised carriers of the *NOS3*\*C allele variant (genotypes TC+CC) associated with reduced nitric oxide production ( $n=49$ ).

**RESULTS:** By examining the complex vasomotor, chrono- and inotropic reactions of hemodynamic and heart rate variables during the active orthostatic test, we were able to discern unique patterns in the response of the two groups under study. Men in Group 1 demonstrated an elevated cardiac output response during orthostatic changes, while maintaining consistent vascular resistance values. This was accompanied by a shift towards sympathetic autonomic activity and an increase in the very low-frequency component of heart rate variability. In Group 2, individuals with sympathetic insufficiency and increased vascular resistance during the orthostatic test showed a 35% increase in the low-frequency component of the cardiac rhythm reflecting the importance of this indicator as a stimulator of blood pressure rhythm fluctuations mediated by baroreflex mechanisms.

**CONCLUSION:** Our findings suggest that men lacking the *NOS3*\*C allele variant in their genotype demonstrate more favorable responses to the active orthostatic test. This may reflect higher level of cardiovascular functional reserves. The 786T>C (rs2070744) polymorphism of the *NOS3* gene can be considered as a marker of cardiohemodynamic status and autonomic regulations during functional exercise, such as an active orthostatic test.

**Keywords:** genetic polymorphism; heart rate variability; active orthostatic test; cardiohemodynamics.

## To cite this article:

Bezmenova IN, Averyanova IV. Cardiohemodynamics responses and heart rate variability following an active orthostatic test among male residents of the North with different *NOS3* (rs2070744) genotypes. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(11): 833–845.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco595855>

Received: 26.09.2023

Accepted: 26.03.2024

Published online: 12.05.2024

## ВВЕДЕНИЕ

Среди всех физиологических функций оксида азота (NO), известных до сих пор, NO-зависимая регуляция сосудистого тонуса является одной из наиболее важных. В физиологических условиях образование NO регулируется посредством изменений в экспрессии или активности фермента эндотелиальной NO-синтазы (eNOS). Вырабатываемый в эндотелиальных клетках сосудов NO проявляет сложную физиологическую активность, которая считается вазопротекторной, а также вносит значительный вклад в изменение регионарного кровотока в органах, например, в ответ на физическую нагрузку [1]. В сосудистой системе NO выполняет различные важные физиологические функции, такие как регуляция артериального давления (АД), местная вазомоторная активность [1]. Ген эндотелиальной NO-синтазы *NOS3* является высокополиморфным. Достаточно хорошо изучен SNP-полиморфизм -786T>C (rs2070744) в промоторной области гена, который влияет на важные функциональные характеристики сердечно-сосудистой системы [2].

Активная ортостатическая проба (АОП), являясь способом воздействия на венозный возврат крови к сердцу, позволяет изучать компенсаторные гемодинамические и вегетативные сдвиги и тем самым судить о функции системы кровообращения.

Дизайн АОП, при которой обследуемый из положения лёжа перемещается в положение стоя, создаёт большую гемодинамическую нагрузку на сердечно-сосудистую систему [3]. У здоровых людей нейрогуморальные рефлекторные механизмы, в частности артериальный барорефлекс, поддерживают кровяное давление в положении стоя [4]. Гемодинамические реакции, вызванные АОП, обеспечивают простое средство оценки краткосрочной вегетативной функции сердечно-сосудистой системы. Активный ортостатический тест клинически используется для выявления неадекватной реакции симпатической нервной системы на ортостаз [5].

Считается, что спектральный анализ вариабельности сердечного ритма предоставляет важную информацию о симпатовагальных взаимодействиях и применяется для оценки вегетативной функции при проведении АОП [6]. Сердечно-сосудистые реакции во время и после нагрузочного тестирования (частота сердечных сокращений (ЧСС), АД) предсказывают сердечно-сосудистое здоровье у лиц без явных сердечных заболеваний [7]. В регуляции сердечно-сосудистой реакции во время физической нагрузки участвуют несколько физиологических путей, включая вегетативную нервную систему, и вазоактивные вещества эндотелиального происхождения, но вклад генетических вариаций этих систем в межиндивидуальные реакции во время физических упражнений не так хорошо документирован [7].

Одним из медиаторов вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы является NO, синтезируемый

eNOS. Кроме того, ранее нами выявлены различия в обеспечении вегетативной регуляции сердца в зависимости от наличия полиморфизма -786T>C (rs2070744) гена *NOS3*. Таким образом, можно было бы ожидать, что у людей с различными генотипами по локусу *NOS3* также наблюдается изменённая вегетативная регуляция и различные характеристики кардиогемодинамики при проведении АОП.

**Цель исследования.** Изучение влияния генетического полиморфизма -786T>C (rs2070744) гена *NOS3* на основные показатели системной гемодинамики и вариабельности ритма сердца при выполнении АОП у мужчин-северян.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Одноцентровое выборочное наблюдательное поперечное исследование.

### Критерии соответствия

В исследование отбирали мужчин-европеоидов, являющихся постоянными жителями Магаданской области. Принадлежность к данному этносу оценивали на основе самоидентификации. В силу того, что геногеографические паттерны полиморфизмов зависят от этнической принадлежности, включение в выборку преимущественно европеоидов было необходимым условием для проведения исследования. Выборку формировали сплошным методом из числа жителей-северян, удовлетворяющих критериям включения.

Критерии включения: 1) мужской пол; 2) условно здоровые, относящиеся к 1–2-й группе здоровья; 3) неродственные мужчины, проживающие или рождённые на территории Магаданской области; 4) добровольное подписание формы информированного согласия на участие в исследовании.

Критерии невключения: 1) наличие подтверждённых хронических или инфекционных заболеваний; 2) наличие жалоб на состояние здоровья в период исследования.

### Описание медицинского вмешательства

В рамках исследования участникам измеряли основные характеристики состояния сердечно-сосудистой системы: систолическое (САД, мм рт.ст.) и диастолическое (ДАД, мм рт.ст.) АД, а также частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин) автоматическим тонометром *Nessei DS-1862* (Япония). Полученные показатели использовали для расчёта индексов функционального состояния сердечно-сосудистой системы: общего периферического сопротивления сосудов (ОПСС,  $\text{дин}^2 \times \text{с} \times \text{см}^{-5}$ ) по формуле Пуайзеля; ударный объём кровообращения (УОК, мл, по Старру), минутный объём кровообращения (МОК, л/мин) [8].



Анализ основных показателей variability сердечного ритма (BCP) проводили на основе методических рекомендаций группы Российских и иностранных экспертов с использованием прибора «Варикард» с дальнейшим анализом BCP на основе программного обеспечения VARICARD-KARDi.

Для оценки кардиогемодинамического ответа на функциональную нагрузку использовали АОП. Во время выполнения АОП испытуемый не менее 5 мин лежал на твёрдой кушетке (фон), затем по команде быстро встал. Во время фона и ортостаза проводили запись кардиоритма не менее 5 мин. При анализе показателей BCP значения R–R интервалов за первую минуту (переходный процесс) исключали. Показатели АД и расчётные гемодинамические индексы регистрировали и в положении лёжа (фон), и после выполнения АОП (на первой минуте).

Для проведения SNP-генотипирования у добровольцев брали кровь из локтевой вены в пробирки с консервантом (ЭДТА) в лаборатории ООО «Юнилаб-Хабаровск». Экстракцию геномной ДНК осуществляли с применением фенол-хлороформа. Для определения концентрации выделенной ДНК в образцах использовали спектрофотометр NanoDrop 2000c (Thermo Scientific, USA). Последующее генотипирование -786T>C (rs2070744) полиморфизма гена *NOS3* методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени осуществляли на базе лаборатории молекулярной генетики человека кафедры медико-биологических дисциплин НИУ БелГУ (руководитель — проф., д-р мед. наук М.И. Чурносков) с использованием набора реагентов «SNP-Скрин» («Синтол», Россия).

### Условия проведения и основные конечные точки исследования

Исследования проведены в осенне-зимний период 2022 г. В силу того, что на показатели BCP оказывает влияние множество различных факторов (режим двигательной активности, пол, возраст, приём лекарственных средств, сопутствующие заболевания и пр.), особое и тщательное внимание было уделено формированию репрезентативных выборок. Обследование добровольцев проводили в первой половине дня в помещении с комфортной температурой 19–21 °С; все лица, входящие в выборку, были постоянными жителями области и характеризовались сопоставимыми условиями жизни, в том числе одинаковым режимом двигательной активности. У всех обследуемых взяли письменное информированное согласие до включения в исследование, а также провели анкетирование, направленное на установление семейного анамнеза. Обследуемые, принимавшие лекарства, которые могут изменять ЧСС, употреблявшие никотин, алкоголь или любые другие запрещённые вещества, имеющие в анамнезе диабет, гипертонию, заболевания щитовидной железы, любые сердечные расстройства, а также заболевания, потенциально связанные с вегетативными расстройствами, были исключены из исследования.

В работе анализировали следующие показатели BCP: ЧСС (уд./мин); мода (Mo, мс) — наиболее часто встречающееся значение R–R интервала; variability кардиоритма — разность между его максимальным и минимальным значениям (MxDMn, мс); число пар кардиоинтервалов с разницей более 50 мс в процентах к общему числу кардиоинтервалов (pNN50, мс); квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD, мс); стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов (SDNN, мс); амплитуда моды при ширине класса 50 мс (AMo 50%, мс); индекс напряжения регуляторных систем (SI, усл. ед.); мощность спектра высокочастотного компонента BCP в диапазоне 0,4–0,15 Гц (HF, мс<sup>2</sup>); мощность спектра низкочастотного компонента BCP в диапазоне 0,15–0,04 Гц (LF, мс<sup>2</sup>); мощность спектра очень низкочастотного компонента BCP в диапазоне 0,04–0,015 Гц (VLF, мс<sup>2</sup>); TP (мс<sup>2</sup>) — суммарная мощность спектра временных значений R–R интервалов сердечного ритма без ультранизкочастотных составляющих, определяемая как сумма HF (мс<sup>2</sup>), LF (мс<sup>2</sup>) и VLF (мс<sup>2</sup>).

### Способы представления и обработки данных

Результаты подвергли статистической обработке с применением пакета прикладных программ «Statistica 7.0» (StatSoft, США). Проверку на нормальность распределения измеренных переменных осуществляли на основе теста Шапиро–Уилка. Результаты непараметрических методов обработки представлены в виде медианы (Me) и межквартильного диапазона [Q<sub>1</sub> 25%; Q<sub>3</sub> 75%], а параметрических — как среднее значение и его ошибка (M±m). В случае сравнения связанных выборок статистическую значимость различий определяли с помощью t-критерия Стьюдента для зависимых выборок с нормальным распределением и непараметрического критерия Уилкоксона для выборок с распределением, отличающимся от нормального. При сравнении несвязанных выборок статистическую значимость различий определяли с помощью t-критерия Стьюдента для независимых выборок с параметрическим распределением и непараметрического критерия Манна–Уитни для выборок с распределением, отличающимся от нормального. При этом критический уровень статистической значимости (p) принимали равным 0,05; 0,01; 0,001. Частоты генотипов и аллелей рассчитывали с использованием онлайн-калькулятора равновесия Харди–Вайнберга, представленного на сайте medstatistic.ru. Частоты генотипов сравнивали с применением критерия Пирсона  $\chi^2$  (при p > 0,05 равновесие выполняется).

### Соблюдение норм этики

Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом Научно-исследовательского центра «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук (заключение № 002/021 от 26.11.2021 г.). В соответствии с законом персональные данные были деперсонализованы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Участники исследования

Выборка участников состояла из 83 мужчин-европеоидов 21–47 лет (средний возраст — 33,5±1,5 года).

### Основные результаты исследования

На основании молекулярно-генетического тестирования локуса -786T>C (rs2070744) *NOS3* популяции мужчин-северян установлено следующее распределение генотипов: -786ТТ — 40,78%, -786ТС — 46,16% и -786СС — 13,06%. Данное распределение соответствует закону равновесия Харди–Вайнберга ( $\chi^2=0,01$ ;  $p=0,94$ ). В генофонде популяции жителей-северян в результате генотипирования были выявлены два аллельных варианта гена *NOS3* (rs2070744): *NOS3*\*Т и *NOS3*\*С. Аллельный вариант *NOS3*\*С являлся минорным и встречался с частотой 36,14%, как и гомозиготный генотип СС. Частота встречаемости аллельного варианта *NOS3*\*Т преобладала и составила 63,86%.

Для последующего анализа исследуемую когорту разделили на 2 группы в соответствии с наличием в генотипе аллельного варианта *NOS3*\*С: 1-я группа – гомозиготы ТТ ( $n=34$ ), 2-я группа – носители аллельного варианта *NOS3*\*С с генетически обусловленной сниженной продукцией NO эндотелием сосудов — генотипы ТС+СС ( $n=49$ ).

В табл. 1 представлены основные показатели сердечно-сосудистой системы в состоянии покоя

и при проведении АОП у мужчин-северян в группах исследования.

Следует отметить, что обследуемая выборка жителей-северян характеризуется более высокими показателями ОПСС, находящимися на верхней границе нормы как в состоянии покоя, так и после проведения функционального теста вне зависимости от генотипа, что, по мнению авторов, может являться региональной особенностью данного показателя. Кроме того, исследуемые группы значимо различаются практически по всем проанализированным показателям (за исключением ЧСС), причем во 2-й группе (гомозиготные и гетерозиготные носители аллеля *NOS3*\*С) значимо более высокие значения САД, ДАД, ОПСС с одновременно более низкими показателями УОК и МОК как в состоянии покоя, так и после АОП.

В табл. 2 приведены основные статистические и спектрально-волновые характеристики показателей ВСР в состоянии покоя и при выполнении АОП в группах исследования.

Полученные данные свидетельствуют о значимом межгрупповом различии двух обследованных групп мужчин-северян по всем показателям ВСР как в состоянии покоя, так и после активного ортостаза. При этом фоновые значения ВСР у мужчин 1-й группы (гомозиготы ТТ) свидетельствуют о большей парасимпатической активности вегетативной нервной системы (более высокие показатели мощности спектра TP, которые обеспечиваются более высоким уровнем всех компонентов спектра HF на фоне более высоких величин MxDMn, RMSSD, SDNN

**Таблица 1.** Показатели кардиогемодинамики в состоянии покоя и при выполнении активной ортостатической пробы у мужчин-северян в группах исследования, М±m

**Table 1.** Indicators of cardiohemodynamics at rest and during an active orthostatic test in male residents of the North across the studied groups, M±m

Анализируемые показатели Indicators	Группа 1 (ТТ) Group 1 (TT)	Группа 2 (ТС+СС) Group 2 (TC+CC)	<i>p</i>
<b>Фон   Baseline</b>			
САД, мм рт. ст.   SBP, mm Hg	119,2±1,0	121,8±0,9	0,043
ДАД, мм рт. ст.   DBP, mm Hg	67,7±0,7	73,6±0,9	<0,001
ЧСС, уд./мин   HR, bpm	60,1±0,9	62,6±1,1	0,071
УОК, мл   SV, ml	67,3±1,1	60,6±1,5	0,006
МОК, л/мин   CO, l/min	4071,9±96,4	3826,7±100,5	0,038
ОПСС, дин <sup>2</sup> ×с×см <sup>-5</sup>   TPR, din <sup>2</sup> ×с×см <sup>-5</sup>	1870,2±55,6	2157,6±57,5	0,007
<b>Активная ортостатическая проба   Active Orthostatic Test</b>			
САД, мм рт. ст.   SBP, mm Hg	125,5±1,6	130,4±1,4	0,028
ДАД, мм рт. ст.   DBP, mm Hg	76,8±0,7	84,4±0,9	<0,001
ЧСС, уд./мин   HR, bpm	72,0±1,2	73,7±1,3	0,350
УОК, мл   SV, ml	61,6±1,1	53,6±1,4	<0,001
МОК, л/мин   CO, l/min	4411,2±129,4	4005,0±142,8	0,033
ОПСС, дин <sup>2</sup> ×с×см <sup>-5</sup>   TPR, din <sup>2</sup> ×с×см <sup>-5</sup>	1928,1±68,4	2317,4±74,9	0,008

**Таблица 2.** Основные показатели variability сердечного ритма в состоянии покоя и при выполнении активной ортостатической пробы у мужчин-северян в группах исследования, Me [Q<sub>1</sub>25%; Q<sub>3</sub>75%]

**Table 2.** Main indicators of heart rate variability at rest and during an active orthostatic test (AOT) in male residents of the North across the studied groups, Me [Q<sub>1</sub>25%; Q<sub>3</sub>75%]

Анализируемые показатели Indicators	Группа 1 (ТТ) Group 1 (ТТ)	Группа 2 (ТС+СС) Group 2 (ТС+СС)	<i>P</i>
<b>Фон   Baseline</b>			
MxDMn, мс   MxDMn, ms	341,6 [236,0; 485,0]	273,0 [206,3; 346,0]	<0,001
RMSSD, мс   RMSSD, ms	59,5 [32,9; 82,8]	46,2 [26,8; 60,0]	0,009
pNN50, %   pNN50, %	29,8 [10,7; 51,3]	21,6 [4,0; 35,5]	0,006
SDNN, мс   SDNN, ms	65,6 [45,4; 93,4]	47,9 [37,7; 63,5]	<0,001
Mo, мс   Mo, ms	998,0 [916,0; 1091,0]	953,0 [834,0; 1070,8]	0,037
AMo 50%, мс   AMo50, ms	37,1 [26,3; 47,8]	45,0 [35,2; 61,0]	<0,001
SI, усл. ед.   SI, units	61,5 [27,0; 107,1]	124,0 [52,7; 162,7]	<0,001
TP, мс <sup>2</sup>   TP, ms <sup>2</sup>	3602,8 [1395,5; 5727,7]	2249,4 [1018,3; 3109,3]	<0,001
HF, мс <sup>2</sup>   HF, ms <sup>2</sup>	1317,0 [371,4; 2031,7]	1030,2 [489,2; 1458,2]	0,045
LF, мс <sup>2</sup>   LF, ms <sup>2</sup>	1576,9 [649,7; 1955,6]	782,4 [352,8; 944,5]	<0,001
VLF, мс <sup>2</sup>   VLF, ms <sup>2</sup>	784,2 [385,6; 928,1]	455,5 [212,8; 611,7]	<0,001
<b>Активная ортостатическая проба   Active Orthostatic Test</b>			
MxDMn, мс   MxDMn, ms	287,1 [230,0; 348,0]	247,8 [203,3; 279,5]	0,008
RMSSD, мс   RMSSD, ms	30,7 [20,7; 37,7]	26,1 [17,9; 30,1]	0,044
pNN50, %   pNN50, %	9,4 [2,2; 13,9]	6,4 [0,9; 7,2]	0,028
SDNN, мс   SDNN, ms	57,4 [45,3; 69,3]	47,8 [37,7; 58,3]	0,000
Mo, мс   Mo, ms	788,8 [712,0; 874,0]	777,7 [702,5; 841,3]	0,681
AMo 50%, мс   AMo50, ms	43,4 [29,2; 45,6]	50,7 [35,8; 64,9]	0,033
SI, усл. ед.   SI, units	161,1 [65,5; 196,5]	173,4 [98,7; 220,2]	0,702
TP, мс <sup>2</sup>   TP, ms <sup>2</sup>	2962,3 [1557,1; 3730,1]	1937,6 [834,1; 2646,6]	0,000
HF, мс <sup>2</sup>   HF, ms <sup>2</sup>	433,2 [158,5; 697,4]	304,8 [92,4; 339,2]	0,045
LF, мс <sup>2</sup>   LF, ms <sup>2</sup>	1568,9 [756,6; 1945,6]	1057,5 [393,0; 1358,1]	0,000
VLF, мс <sup>2</sup>   VLF, ms <sup>2</sup>	960,2 [357,3; 1106,8]	517,3 [265,9; 769,5]	0,000

и, напротив, более низкими показателями SI и AMo; все различия значимые).

Уровень значимости различий основных показателей кардиогемодинамики фон-АОП у мужчин-северян в выделенных группах представлен в табл. 3.

Полученные данные позволяют выделить особенности перестроек анализируемых показателей в зависимости от генотипа обследуемых лиц. Во-первых, в двух группах в ответ на ортостатические воздействия проявляются гипертензивные реакции, характеризующиеся значимым увеличением САД на 6% в 1-й группе (ТТ) и 7% — во 2-й (ТС+СС), ДАД на 13% — в 1-й группе (гомозиготы ТТ) и 15% — во 2-й (генотипы ТС+СС) и ЧСС на 20% в 1-й группе (гомозиготы ТТ) и 17% — во 2-й (генотипы ТС+СС). Во-вторых, важно отметить принципиально различный

характер ответных реакций системной гемодинамики у представителей различных обследованных групп в условиях ортостаза. Так, в ответ на АОП в 1-й группе (гомозиготы ТТ) значимо возростал показатель МОК — на 8% на фоне отсутствия статистически значимой динамики параметров ОПСС, тогда как у носителей аллеля NOS3\*С (2-я группа) наблюдалось значимое увеличение ОПСС (на 7%) при неизменной величине МОК.

Анализ показателей ВСП позволил установить, что в процессе АОП активность парасимпатического звена вегетативной нервной системы уменьшается у представителей двух групп, что проявляется статистически значимым снижением MxDMn (на 16% у ТТ и 9% у ТС+СС), RMSSD (на 48% у ТТ и 42% у ТС+СС), SDNN (на 13% только в группе ТТ), Mo (на 21% у ТТ и 18% у ТС+СС).

**Таблица 3.** Уровень значимости различий ( $p$ ) основных показателей кардиогемодинамики в состоянии покоя и при активной ортостатической пробе у мужчин-северян в группах исследования

**Table 3.** Level of significance ( $p$ ) of the differences and the degree of reactivity of main cardiohemodynamic indicators at baseline-AOT in male residents of the North across the studied groups

Анализируемые показатели Indicators	Группа 1 (ТТ) Group 1 (ТТ)	Группа 2 (ТС+СС) Group 2 (ТС+СС)
САД, мм рт. ст.   SBP, mm Hg	0,003	0,002
ДАД, мм рт. ст.   DBP, mm Hg	<0,001	<0,001
ЧСС, уд./мин   HR, bpm	<0,001	<0,001
УО, мл   SV, ml	<0,001	<0,001
МОК, л/мин   CO, l/min	0,037	0,231
ОПСС, $\text{дин}^2 \times \text{с} \times \text{см}^{-5}$ TPR, $\text{дин}^2 \times \text{с} \times \text{см}^{-5}$	0,650	0,044
МхДМп, мс   МхДМп, ms	0,005	0,028
RMSSD, мс   RMSSD, ms	<0,001	<0,001
pNN50, %   pNN50, %	<0,001	0,004
SDNN, мс   SDNN, ms	0,003	0,231
Мо, мс   Мо, ms	<0,001	<0,001
АМо50, мс   АМо50, ms	0,140	0,230
SI, усл. ед.   SI, units	0,004	0,002
TP, $\text{мс}^2$   TP, $\text{ms}^2$	0,038	0,162
HF, $\text{мс}^2$   HF, $\text{ms}^2$	<0,001	<0,001
LF, $\text{мс}^2$   LF, $\text{ms}^2$	1,000	0,002
VLF, $\text{мс}^2$   VLF, $\text{ms}^2$	0,033	0,271

Анализ вариабельности уровня TP показал, что его снижение на 18% в ответ на активный ортостаз наблюдается только в 1-й группе (гомозиготы ТТ), что обусловлено разнонаправленной динамикой компонентов спектра: на фоне снижения HF на 67% наблюдается значимое возрастание VLF-составляющей спектра на 22%. Тогда как во 2-й группе (генотипы ТС+СС) выявлено уменьшение мощности дыхательных высокочастотных волн (HF) на 70% с одновременным увеличением низкочастотной составляющей кардиоритма (LF) на 35%.

Необходимо указать на различную степень реактивности показателя SI в ответ на тестирующую нагрузку у представителей двух групп, величина которой составила 162% в 1-й группе (гомозиготы ТТ), тогда как во 2-й группе (генотипы ТС+СС) лишь 40%.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Вегетативная нервная система играет ключевую роль в гомеостазе АД. Как сердечная, так и сосудистая

вегетативные регуляции имеют важное значение для поддержания АД, следовательно, было бы физиологически значимым измерять сердечные и сосудистые вегетативные реакции отдельно и одновременно во время функционального теста в виде АОП [4]. Нарушение компенсаторных механизмов регуляции АД при изменении положения тела является фенотипом вариабельности АД и возникающим фактором риска сердечно-сосудистых исходов [9]. Показано, что при высоких резервах организма изменение ЧСС является ведущим механизмом в обеспечении адекватного уровня функционирования системы кровообращения, в меньшей мере изменяется АД [10]. Следует отметить, что ортостатическое повышение САД  $\geq 20$  мм рт.ст., расцениваемое в данный момент как повышенная ортостатическая прессорная реакция, а также ортостатическая гипертензия, определяемая как повышенная реакция ортостатического давления, связанная с САД не менее 140 мм рт.ст. в положении стоя [4], не была характерна для представителей двух анализируемых групп. При этом прессорная реакция по САД отмечена у 14% обследуемых гомозигот с генотипом ТТ и у 18% обследуемых во 2-й группе (генотипы ТС+СС), что значительно превышает аналогичную величину в исследованиях других авторов — 0,6–1,2% [11], 0,74% [4], а ортостатическая гипертензия фиксировалась у 15% и 16% в 1-й и 2-й группах соответственно.

В последние годы ведутся активные дискуссии по поводу механизмов и особенностей формирования ответных реакций на АОП. Так, в исследованиях R.V. Torres и соавт. [12] показано, что повышенная реакция АД при активном ортостазе имеет клиническое значение, поскольку может быть связана с субклиническими цереброваскулярными заболеваниями и заболеваниями периферических артерий, а также со скрытой гипертензией и будущим развитием артериальной гипертензии [13]. В литературных источниках неоднозначно трактуется прогностическая значимость изменения АД в ответ на изменение положения тела. Некоторые исследователи установили, что неблагоприятные последствия для здоровья наиболее выражены у лиц, у которых АД снижается при АОП, результаты других же исследований свидетельствуют о том, что риск наиболее высок у лиц, у которых АД, напротив, повышается в ответ на перемещение положения тела при АОП [4, 13, 14], кроме того, имеются сведения, что у здоровых людей в ответ на ортостаз преобладает именно гипертонический тип реакции [15].

Следует отметить, что в наших исследованиях ортостатическая реакция САД на активный ортостаз, определяемая как разница между средним значением показателей САД в вертикальном положении и средним значением САД в положении лёжа, в 1-й группе (гомозиготы ТТ) составила 6,7 мм рт.ст, а во 2-й группе (генотипы ТС+СС) — 8,6 мм рт.ст. Как известно, увеличение АД более чем на 5 мм рт. ст. при изменении положения тела является повышенным риском развития гипертонии



в течение 8 лет, что характерно для обследуемых двух анализируемых групп. Согласно P. Palatini и соавт. [11], реакция ДАД не имеет достаточной прогностической ценности, однако отчетливое повышение ДАД примерно на 10 мм рт.ст. при АОП считается нормальной реакцией [16, 17], что в полной мере соответствует результатам наших исследований, полученных для представителей двух групп.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что у носителей аллельного варианта *NOS3\*С* (2-я группа) как в состоянии покоя, так и при АОП отмечены значимо более высокие показатели ОПСС с наличием значимой постуральной динамики данного показателя, отсутствующие в 1-й группе (гомозиготы ТТ). Важно отметить, что недостаточное увеличение периферического сопротивления в ответ на ортостатический стресс в 1-й группе (гомозиготы ТТ) не приводит к венозному депонированию в нижних конечностях, что свидетельствует об отсутствии снижения венозного возврата к сердцу (МОК), и, по-видимому, компенсируется за счёт возрастания ЧСС (на 20%) и не столь значительным снижением УОК (на 8%). Совершенно иной механизм ответных реакций на предъявление ортостатической нагрузки наблюдался в группе носителей аллельного варианта *NOS3\*С* (2-я группа). В данном случае отмечено значительное снижение УОК на 12%, при этом возрастание ЧСС на 1%, видимо, не компенсирует оптимальный уровень МОК, что наблюдается на фоне вазоконстрикторной реакции сосудистого сопротивления в виде увеличения ОПСС на 7%.

Изменение ЧСС после АОП незначительно и, по мнению ряда авторов [18, 19], действует только дополнительно для поддержания оптимального уровня АД. В наших исследованиях степень возрастания данного показателя составила 20% в 1-й группе и 17% во 2-й.

Результаты нашего исследования свидетельствуют о влиянии аллельного варианта *NOS3\*С* на позиционные изменения в перестройках показателей системной гемодинамики и вегетативного ответа в выборке мужчин-северян. В 1-й группе (гомозиготы ТТ) в ответ на АОП отмечалась умеренная гипертензивная реакция со стороны АД на фоне большего возрастания ЧСС, что обусловило, в свою очередь, увеличение МОК. Совершенно иная — парадоксальная — реакция в ответ на активный ортостаз наблюдалась в группе носителей аллельного варианта *NOS3\*С* (2-я группа), проявляющаяся вазоконстрикцией с одновременной умеренной гипертензивной перестройкой АД. Проведённые исследования позволили установить, что присутствие аллельного варианта *NOS3\*С* оказывает влияние на формирование периферической вазоконстрикции в ответ на активный ортостаз.

В целом, АОП клинически используется для выявления неадекватной реакции симпатической нервной системы на ортостаз [5]. При перемещении положения тела первоначальное падение АД инициирует компенсаторный вегетативный ответ, направленный на быстрое

восстановление АД в ответ на изменение активности барорецепторов, который может быть связан с увеличением симпатической и снижением парасимпатической активности [9]. При этом во время пробы наблюдается торможение вагусной активности и умеренно активируется симпатическое звено вегетативной регуляции, что направлено на предупреждение возможности развития негативных процессов в гемодинамике и снижение вероятности возникновения ортостатического коллапса. Необходимо подчеркнуть, что достаточное снижение парасимпатического звена вегетативной регуляции в ответ на вертикализацию положения тела является необходимой составляющей, направленной на обеспечение относительного увеличения симпатической активации, так как при АОП афферентация от барорецепторных зон магистральных артерий уменьшается, снижается их ингибирующее влияние на вазомоторный центр ствола мозга, что приводит к увеличению симпатической активности и снижению эфферентного тонуса блуждающих нервов, при этом основной функцией симпатической нервной системы остаётся поддержание адекватного кровообращения [20].

Симпатическая активация, повышение САД в сочетании с парасимпатическим снижением (снижение ВСР) интерпретируется как режим взаимной активации и рассматривается как мобилизация ресурсов при тестирующем воздействии на организм [21].

В наших исследованиях отмечается различная степень перестроек как парасимпатической, так и симпатической активности у мужчин в двух исследуемых группах. Независимо от носительства полиморфизма  $-786T>C$  гена *NOS3*, следует отметить практически схожий паттерн реагирования частотных характеристик ВСР у обследуемых двух групп, проявляющийся значимым снижением  $MxDMn$ ,  $RMSSD$ ,  $pNN50$  и  $Mo$ , а также спектральных показателей в виде уменьшения HF-составляющей общей вариабельности, наблюдаемой на фоне различной степени увеличения показателя SI, отражающего симпатический вегетативный сдвиг, который в большей степени характерен для обследуемых 1-й группы (гомозиготы ТТ). В целом уменьшение парасимпатической активности во время активного ортостаза у обследуемых мужчин с учётом основных положений теории акцентированного антагонизма [22] направлено на обеспечение адекватной симпатической активации для поддержания оптимального уровня кровообращения. В наших исследованиях в большей степени это характерно для обследуемых 1-й группы (гомозиготы ТТ), тогда как в выборке носителей полиморфизма *NOS3\*С* (2-я группа) некоторая симпатическая недостаточность при предъявлении ортостатической нагрузки обусловила незначительное компенсаторное возрастание ЧСС для увеличения МОК.

Одним из медиаторов вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы является NO, синтезируемый в эндотелии сосудов. Это происходит потому, что NO действует не только аутокринно в эндотелии,



но и паракринно, поскольку он диффундирует из эндотелия в близлежащие ткани, модулируя, например, периферические вегетативные рецепторы и центральные вегетативные нейроны. Кроме того, ген *NOS3* конститутивно экспрессируется в синусовом узле и кардиомиоцитах, где способствует автономной регуляции сердца. Следовательно, NO действует как симпатолитический агент, уменьшая центральный симпатический отток и ослабляя сердечный ответ на симпатическую стимуляцию, а также увеличивая активность центральных нейронов блуждающего нерва и усиливая сердечный ответ на стимуляцию блуждающего нерва [23].

Следует указать на значимо более высокие величины VLF-волн в спектре ВСП как в положении лёжа, так и на пике проведения АОП с наличием значимой динамики (на 22%) лишь в 1-й группе (гомозиготы ТТ), что даёт основание предположить о биомаркерной роли данного показателя эндотелиальной функции продукции окиси азота. Тогда как во 2-й группе (носители аллельного варианта *NOS3\*С*) выявлено увеличение низкочастотной составляющей кардиоритма (LF) на 35%. Показано, что волны LF в спектре ВСП в настоящее время рассматриваются в виде активатора колебаний ритма АД, реализуемого через барорефлекторные механизмы, которые возникают вследствие генерализованных всплесков симпатической вазомоторной активности подкоркового сосудистого центра [24], что в полной мере согласуется с вазоконстрикторной реакцией в виде возрастания ОПСС у обследуемых 2-й группы. При этом следует отметить, что увеличение низкочастотной составляющей общей ВСП некоторыми авторами рассматривается как парадоксальная реакция регуляторных систем на АОП и свидетельствует о сниженных резервах организма, а также вегетативной недостаточности [25].

Известно, что активность NO и его уровень в плазме крови генетически детерминированы. Установлено, что носители хотя бы одного аллеля *NOS3\*С* (rs2070744) имеют меньшее количество мРНК и сниженный уровень NO в крови по сравнению с носителями предкового аллеля *NOS3\*Т* (rs2070744) [26]. Из литературных данных известно, что продукция вазоактивных эндотелиальных факторов играет важнейшую роль в механизмах формирования тонуса периферических сосудов. Ключевую роль в системе локальных вазодилататоров/вазоконстрикторов играет соотношение NO и эндотелина-1. Снижение продукции NO приводит к изменению реологических свойств крови, нарушению NO-зависимого расслабления артерий, провоцируя тем самым формирование периферической вазоконстрикции [27]. Острая физическая нагрузка повышает активность эндотелиальной синтазы NO и его выработку, способствуя расширению сосудов скелетных мышц во время физической нагрузки [28].

Изучение взаимосвязи полиморфизма -786Т>С гена *NOS3*, особенностей гемодинамики и уровня производных NO в крови при действии аэробной нагрузки

показало, что у гомозигот ТТ наблюдается более высокий уровень NO в плазме крови в сравнении с лицами, имеющими генотип СС и гетерозиготами ТС [29]. Функциональные тесты увеличивают выработку, высвобождение и биодоступность NO, способствуя сохранению или снижению периферического сосудистого сопротивления, которое происходит во время и после физической нагрузки [30].

Анализ литературных данных позволяет сделать вывод о том, что механизм вазодилатации, опосредованной симпатoadреналовой системой, может быть частично обусловлен активацией продукции эндотелиальных сосудорасширяющих факторов, прежде всего NO. Данный эффект может реализовываться через различные подтипы адренорецепторов:  $\alpha$ -2,  $\beta$ -1,  $\beta$ -2 и  $\beta$ -3 [31].

Результаты нашей работы в полной мере согласуются с представлениями о NO как о второй после барорефлексов системе регуляторных механизмов [32], направленных на поддержание оптимального уровня АД путём воздействия на систему сосудистого сопротивления, при этом NO-зависимая регуляция артериального тонуса за счёт препятствия вазоконстрикции играет важную роль при проведении АОП.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выборке мужчин-северян мы исследовали взаимосвязь полиморфизма -786Т>С (rs2070744) гена *NOS3* и постурального изменения АД, показателей гемодинамики, variability сердечного ритма. Установлено, что паттерн перестроек показателей гемодинамики и variability сердечного ритма в ответ на активный ортостаз ассоциирован с носительством полиморфизма -786Т>С (rs2070744) гена *NOS3*. Наше исследование продемонстрировало, что вертикализация тела из положения лёжа вызвала значимое возрастание средних величин САД, ДАД, ЧСС на фоне снижения УОК в двух группах обследуемых мужчин, при этом значимые различия при дифференцировании выборки по генотипу позволили установить принципиальные отличия в постуральных перестройках, которые проявлялись увеличением МОК у мужчин 1-й группы (гомозиготы ТТ), а во 2-й группе (генотипы ТС+СС) значимым возрастанием ОПСС. Также необходимо отметить, что носители аллеля *NOS3\*С* (2-я группа) имели более выраженную степень реактивности САД, ДАД на фоне меньшего возрастания ЧСС, чем мужчины 1-й группы (гомозиготы ТТ), у которых более высокая степень увеличения ЧСС была направлена на более значимое увеличение МОК. Также полученные результаты свидетельствуют об отсутствии ортостатической прессорной реакции (ортостатической гипертензии) у обследуемых двух групп на фоне выявления ортостатической дисрегуляции АД, проявляющейся в возрастании САД на 6,7 мм рт. ст. в 1-й группе (гомозиготы ТТ) и на 8,6 мм рт. ст. — во 2-й (генотипы ТС+СС).

В целом у всех обследуемых мужчин 1-й группы (генотип ТТ) в момент проведения активного ортостаза выявлено достаточное снижение холинергической HF-составляющей сердечного ритма, позволяющее усилить активность симпатической системы, но при этом во 2-й группе (генотипы ТС+СС) на фоне аналогичного снижения парасимпатической активации симпатическая активность была выражена в меньшей степени (увеличение SI на 40% во 2-й группе против 162% в 1-й), что свидетельствует о симпатической недостаточности при предъявлении ортостатической нагрузки, что, в свою очередь, обуславливает незначительное компенсаторное возрастание ЧСС для увеличения МОК.

При этом в ответ на АОП снижение на 18% TP было характерно лишь для мужчин 1-й группы (гомозиготы ТТ), что обусловлено разнонаправленной динамикой компонентов спектра, где на фоне снижения HF на 67% отмечено значимое возрастание VLF-составляющей спектра на 22%, что подтверждает наше предположение о неинвазивной биомаркерной функции данного показателя эндотелиальной функции продукции NO. Тогда как во 2-й группе на фоне уменьшения мощности дыхательных высокочастотных волн (HF) зафиксировано увеличение низкочастотной составляющей кардиоритма (LF) на 35%, что на фоне возрастания ОПСС в ответ на ортостатическое тестирование подтверждает роль данного показателя как активатора колебаний ритма АД, реализуемого через барорефлекторные механизмы.

Таким образом, полученные результаты выявили влияние экспрессии гена *NOS3* на показатели кардиогемодинамики. Кроме того, SNP-генотипирование полиморфизма -786T>C (rs2070744) гена *NOS3* является достаточно информативным, а носительство данного полиморфизма можно рассматривать в качестве типизационного маркера при оценке состояния кардиогемодинамики и вегетативных перестроек при проведении функциональных тестов, в частности АОП.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Suvorava T., Metry S., Pick S., Kojda G. Alterations in endothelial nitric oxide synthase activity and their relevance to blood pressure // *Biochemical Pharmacology*. 2022. Vol. 205. P. 115256. doi: 10.1016/j.bcp.2022.115256
2. Бебякова Н.А., Феликсова О.М., Хромова А.В., Шабалина И.А. Роль полиморфизма -786T>C гена эндотелиальной NO-синтазы в формировании факторов риска развития артериальной гипертензии // *Экология человека*. 2018. Т. 25, № 4. С. 36–42. EDN: YXBKNE doi: 10.33396/1728-0869-2018-4-36-42
3. Johansson M., Fedorowski A., Jordan J., et al. Orthostatic blood pressure adaptations, aortic stiffness, and central hemodynamics in the general population: insights from the Malmö Offspring Study (MOS) // *Clinical Autonomic Research*. 2023. Vol. 33, N 1. P. 29–40. doi: 10.1007/s10286-022-00911-z
4. Jordan J., Biaggioni I., Kotsis V., et al. Consensus statement on the definition of orthostatic hypertension endorsed by the American Autonomic Society and the Japanese Society of Hypertension // *Hypertension Research*. 2023. Vol. 46, N 2. P. 291–294. doi: 10.1038/s41440-022-01074-0
5. Okamura S., Sairaku A., Tokuyama T., et al. Peripheral arterial tone during active standing // *Pflugers Archiv*. 2021. Vol. 473, N 12. P. 1939–1946. doi: 10.1007/s00424-021-02632-0
6. Kouakam C., Lacroix D., Zghal N., et al. Inadequate sympathovagal balance in response to orthostatism in patients with unexplained syncope and a positive head up tilt test // *Heart (British Cardiac Society)*. 1999. Vol. 82, N 3. P. 312–318. doi: 10.1136/hrt.82.3.312
7. Nunes R.A., Barroso L.P., Pereira Ada C., et al. Gender-related associations of genetic polymorphisms of  $\alpha$ -adrenergic receptors, endothelial nitric oxide synthase and bradykinin B2 receptor with treadmill exercise test responses // *Open Heart*. 2014. Vol. 1, N 1. P. e000132. doi: 10.1136/openhrt-2014-000132

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** И.В. Аверьянова — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи; И.Н. Безменова — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Источник финансирования.** Научное исследование проведено при поддержке Российского научного фонда (грант РНФ № 23-15-20001).

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

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

## ADDITIONAL INFORMATION

**Author contribution:** I.V. Averyanova — literature review, collection and analysis of literary sources, writing the text and editing the article; I.N. Bezmenova — literature review, collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the text of the article. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

**Funding source.** This work was supported by the Russian Research Foundation (grant № 23-15-20001).

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

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

8. Гуминский А.А., Леонтьева Н.Н., Маринова К.В. Руководство к лабораторным занятиям по общей и возрастной физиологии. М.: Просвещение, 1990. 239 с.
9. Cooper L.L., Rong J., Maillard P., et al. Relations of postural change in blood pressure with hypertension-mediated organ damage in middle-aged adults of the Framingham heart study: A cross-sectional study // *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2022. Vol. 9. P. 1013876. doi: 10.3389/fcvm.2022.1013876
10. Воронов Н.А. Ортостатическое тестирование в оценке функциональной готовности юных волейболисток // *Вестник Томского государственного педагогического университета*. 2009. № 8. С. 87–90. EDN JUZGUA.
11. Palatini P., Mos L., Rattazzi M., et al. Exaggerated blood pressure response to standing in young-to-middle-age subjects: prevalence and factors involved // *Clinical Autonomic Research*. 2023. Vol. 33, N 4. P. 391–399. doi: 10.1007/s10286-023-00942-0
12. Torres R.V., Elias M.F., Crichton G.E., et al. Systolic orthostatic hypotension is related to lowered cognitive function: findings from the Maine-Syracuse longitudinal study // *Journal of Clinical Hypertension (Greenwich)*. 2017. Vol. 19, N 12. P. 1357–1365. doi: 10.1111/jch.13095
13. Palatini P., Mos L., Saladini F., Rattazzi M. Blood pressure hyperreactivity to standing: a predictor of adverse outcome in young hypertensive patients // *Hypertension*. 2022. Vol. 79, N 5. P. 984–992. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.121.18579
14. Thomas R.J., Liu K., Jacobs D.R., et al. Positional change in blood pressure and 8-year risk of hypertension: the CARDIA Study // *Mayo Clinic Proceedings*. 2003. Vol. 78, N 8. P. 951–958. doi: 10.4065/78.8.951
15. Goldstein D., Eldadah B., Holmes C., et al. Neurocirculatory abnormalities in chronic orthostatic intolerance // *Circulation*. 2005. Vol. 111, N 7. P. 839–845. doi: 10.1161/01.CIR.0000155613.20376.CA
16. Smith J.J., Porth C.M., Erickson M. Hemodynamic response to the upright posture // *Journal of Clinical Pharmacology*. 1994. Vol. 34, N 5. P. 375–386. doi: 10.1002/j.1552-4604.1994.tb04977.x
17. Smit A.A., Halliwill J.R., Low P.A., Wieling W. Pathophysiological basis of orthostatic hypotension in autonomic failure // *The Journal of Physiology*. 1999. Vol. 519, Pt 1. P. 1–10. doi: 10.1111/j.1469-7793.1999.00010.x
18. Mar P.L., Raj S.R. Orthostatic hypotension for the cardiologist // *Current Opinion in Cardiology*. 2018. Vol. 33, N 1. P. 66–72. doi: 10.1097/HCO.0000000000000467
19. Magkas N., Tsioufis C., Thomopoulos C., et al. Orthostatic hypotension: from pathophysiology to clinical applications and therapeutic considerations // *Journal of Clinical Hypertension (Greenwich)*. 2019. Vol. 21, N 5. P. 546–554. doi: 10.1111/jch.13521
20. Мартынов И.Д. Ранняя диагностика нарушений регуляции гемодинамики в ортостазе // *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2016. Т. 1, № 5. С. 30–34. EDN WXBRLF
21. Hockey G.R.J., Gaillard A.W.K., Burov O., editors. *Operator Functional State. The Assessment and Prediction of Human Performance Degradation in Complex Tasks*. Amsterdam: IOS Press; 2003.
22. Levy M.N. Neural control of cardiac function // *Baillieres Clinical Neurology*. 1997. Vol. 6, N 2. P. 227–244.
23. Silva B.M., Barbosa T.C., Neves F.J., et al. eNOS gene haplotype is indirectly associated with the recovery of cardiovascular autonomic modulation from exercise // *Autonomic Neuroscience*. 2014. Vol. 186. P. 77–84. doi: 10.1016/j.autneu.2014.09.001
24. Malpas S.C. Sympathetic nervous system overactivity and its role in the development of cardiovascular disease // *Physiological Reviews*. 2010. Vol. 90, N 2. P. 513–557. doi: 10.1152/physrev.00007.2009
25. Шлык Н.И., Сапожникова Е.Н., Кириллова Т.Г., Жужгов А.П. Об особенностях ортостатической реакции у спортсменов с разными типами вегетативной регуляции // *Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле*. 2012. № 1. С. 114–125. EDN PAGNPZ
26. Barbosa A.M., Silva K.S.F., Lagares M.H., et al. Atherosclerosis: analysis of the eNOS (T786C) gene polymorphism // *Genetics and Molecular Research*. 2017. Vol. 16, N 3. P. gmr16039708. doi: 10.4238/gmr16039708
27. Хромова А.В., Феликсова О.М., Куба А.А., Бебякова Н.А. Анализ влияния структурной перестройки промотора гена NOS3 на продукцию вазоактивных эндотелиальных факторов // *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки*. 2015. № 4. С. 107–115. EDN: VNVVYJ doi: 10.17238/issn2308-3174.2015.4.107
28. Augeri A.L., Tsongalis G.J., Van Heest J.L., et al. The endothelial nitric oxide synthase -786 T>C polymorphism and the exercise-induced blood pressure and nitric oxide responses among men with elevated blood pressure // *Atherosclerosis*. 2009. Vol. 204, N 2. P. e28–e34. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2008.12.015
29. Zago A.S., Kokubun E., Fenty-Stewart N., et al. Efeito do exercício físico e do polimorfismo T-786C na pressão arterial e no fluxo sanguíneo de idosos [Effect of physical activity and t-786C polymorphism in blood pressure and blood flow in the elderly] // *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2010. Vol. 95, N 4. P. 510–516. doi: 10.1590/s0066-782x2010005000126
30. Olson K.M., Augeri A.L., Seip R.L., et al. Correlates of endothelial function and the peak systolic blood pressure response to a graded maximal exercise test // *Atherosclerosis*. 2012. Vol. 222, N 1. P. 202–207. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2012.01.027
31. Козловский В.И. Роль эндотелия в вазодилатации, опосредованной различными подтипами адренорецепторов // *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. 2010. № 1. С. 32–35. EDN QAVKED
32. Stauss H.M., Persson P.B. Role of nitric oxide in buffering short-term blood pressure fluctuations // *News Physiological Sciences*. 2000. Vol. 15. P. 229–233. doi: 10.1152/physiologyonline.2000.15.5.229

## REFERENCES

1. Suvorava T, Metry S, Pick S, Kojda G. Alterations in endothelial nitric oxide synthase activity and their relevance to blood pressure. *Biochemical Pharmacology*. 2022;205:115256. doi: 10.1016/j.bcp.2022.115256

2. Bebyakova NA, Feliksova OM, Khromova AV, Shabalina IA. Polymorphism -786T>C endothelial NO-synthase as a risk factor of arterial hypertension. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2018;25(4):36–42. EDN: YXBKNE  
doi: 10.33396/1728-0869-2018-4-36-42
3. Johansson M, Fedorowski A, Jordan J, et al. Orthostatic blood pressure adaptations, aortic stiffness, and central hemodynamics in the general population: insights from the Malmö Offspring Study (MOS). *Clinical Autonomic Research*. 2023;33(1):29–40.  
doi: 10.1007/s10286-022-00911-z
4. Jordan J, Biaggioni I, Kotsis V, et al. Consensus statement on the definition of orthostatic hypertension endorsed by the American Autonomic Society and the Japanese Society of Hypertension. *Hypertension Research*. 2023;46(2):291–294.  
doi: 10.1038/s41440-022-01074-0
5. Okamura S, Sairaku A, Tokuyama T, et al. Peripheral arterial tone during active standing. *Pflugers Archiv*. 2021;473(12):1939–1946.  
doi: 10.1007/s00424-021-02632-0
6. Kouakam C, Lacroix D, Zghal N, et al. Inadequate sympathovagal balance in response to orthostatism in patients with unexplained syncope and a positive head up tilt test. *Heart (British Cardiac Society)*. 1999;82(3):312–318. doi: 10.1136/hrt.82.3.312
7. Nunes RA, Barroso LP, Pereira Ada C, et al. Gender-related associations of genetic polymorphisms of  $\alpha$ -adrenergic receptors, endothelial nitric oxide synthase and bradykinin B2 receptor with treadmill exercise test responses. *Open Heart*. 2014;1(1):e000132.  
doi: 10.1136/openhrt-2014-000132
8. Guminsky AA, Leontyeva NN, Marinova KV. Guide to laboratory classes in general and developmental physiology. Moscow: Prosveshcheniye, 1990. (In Russ). 239 pp.
9. Cooper LL, Rong J, Maillard P, et al. Relations of postural change in blood pressure with hypertension-mediated organ damage in middle-aged adults of the Framingham heart study: A cross-sectional study. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2022;9:1013876. doi: 10.3389/fcvm.2022.1013876
10. Voronov NA. Ortostatic testing in evaluation of young female volleyball functional preparedness. *Tomsk State Pedagogical University Bulletin*. 2009;(8):87–90. EDN JUZGUA
11. Palatini P, Mos L, Rattazzi M, et al. Exaggerated blood pressure response to standing in young-to-middle-age subjects: prevalence and factors involved. *Clinical Autonomic Research*. 2023;33(4):391–399. doi: 10.1007/s10286-023-00942-0
12. Torres RV, Elias MF, Crichton GE, et al. Systolic orthostatic hypotension is related to lowered cognitive function: findings from the Maine-Syracuse longitudinal study. *Journal of Clinical Hypertension (Greenwich)*. 2017;19(12):1357–1365.  
doi: 10.1111/jch.13095
13. Palatini P, Mos L, Saladini F, Rattazzi M. Blood pressure hyperreactivity to standing: a predictor of adverse outcome in young hypertensive patients. *Hypertension*. 2022;79(5):984–992.  
doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.121.18579
14. Thomas RJ, Liu K, Jacobs DR, et al. Positional change in blood pressure and 8-year risk of hypertension: the CARDIA Study. *Mayo Clinic proceedings*. 2003;78(8):951–958. doi: 10.4065/78.8.951
15. Goldstein D, Eldadah B, Holmes C, et al. Neurocirculatory abnormalities in chronic orthostatic intolerance. *Circulation*. 2005;111(7):839–845. doi: 10.1161/01.CIR.0000155613.20376.CA
16. Smith JJ, Porth CM, Erickson M. Hemodynamic response to the upright posture. *Journal of Clinical Pharmacology*. 1994;34(5):375–386.  
doi: 10.1002/j.1552-4604.1994.tb04977.x
17. Smit AA, Halliwill JR, Low PA, Wieling W. Pathophysiological basis of orthostatic hypotension in autonomic failure. *The Journal of Physiology*. 1999;519(Pt 1):1–10.  
doi: 10.1111/j.1469-7793.1999.00010.x
18. Mar PL, Raj SR. Orthostatic hypotension for the cardiologist. *Current Opinion in Cardiology*. 2018;33(1):66–72.  
doi: 10.1097/HCO.0000000000000467
19. Magkas N, Tsioufis C, Thomopoulos C, et al. Orthostatic hypotension: from pathophysiology to clinical applications and therapeutic considerations. *Journal of Clinical Hypertension (Greenwich)*. 2019;21(5):546–554. doi: 10.1111/jch.13521
20. Martynov ID. Early diagnosis of hemodynamic regulation disorders in orthostasis. Bulletin of the East Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences. 2016;1(5):30–34. EDN WXBRFL
21. Hockey GRJ, Gaillard AWK, Burov O, editors. *Operator Functional State. The Assessment and Prediction of Human Performance Degradation in Complex Tasks*. Amsterdam: IOS Press; 2003.
22. Levy MN. Neural control of cardiac function. *Baillieres Clinical Neurology*. 1997;6(2):227–244.
23. Silva BM, Barbosa TC, Neves FJ, et al. eNOS gene haplotype is indirectly associated with the recovery of cardiovascular autonomic modulation from exercise. *Autonomic Neuroscience*. 2014;186:77–84. doi: 10.1016/j.autneu.2014.09.001
24. Malpas SC. Sympathetic nervous system overactivity and its role in the development of cardiovascular disease. *Physiological Reviews*. 2010;90(2):513–557.  
doi: 10.1152/physrev.00007.2009
25. Shlyk NI, Sapozhnikova EN, Kirillova TG, Zhuzhgov AP. About the peculiarities of orthostatic reaction of sportsmen with different types of vegetative regulation. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2012;(1):114–125.  
EDN PAGNPZ.
26. Barbosa AM, Silva KSF, Lagares MH, et al. Atherosclerosis: analysis of the eNOS (T786C) gene polymorphism. *Genetics and Molecular Research*. 2017;16(3):gmr16039708.  
doi: 10.4238/gmr16039708
27. Khromova AV, Feliksova OM, Kuba AA, Bebyakova NA. The effect of structural adjustment in NOS3 gene promoter on the production of endothelium-derived vasoactive factors. *Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Series "Medical and Biological Sciences"*. 2015;(4):107–115. EDN: VNVVYJ  
doi: 10.17238/issn2308-3174.2015.4.107
28. Augeri AL, Tsongalis GJ, Van Heest JL, et al. The endothelial nitric oxide synthase -786T>C polymorphism and the exercise-induced blood pressure and nitric oxide responses among men with elevated blood pressure. *Atherosclerosis*. 2009;204(2):e28–e34.  
doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2008.12.015
29. Zago AS, Kokubun E, Fenty-Stewart N, et al. Efeito do exercício físico e do polimorfismo T-786C na pressão arterial e no fluxo sanguíneo de idosos [Effect of physical activity and t-786C polymorphism in blood pressure and blood flow in the elderly]. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2010;95(4):510–516.  
doi: 10.1590/s0066-782x2010005000126



30. Olson KM, Augeri AL, Seip RL, et al. Correlates of endothelial function and the peak systolic blood pressure response to a graded maximal exercise test. *Atherosclerosis*. 2012;222(1):202–207. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2012.01.027
31. Kozlovski VI. The role of endothelium in vasodilation mediated by different subtypes of adrenoceptors. *Journal of the Grodno State Medical University*. 2010;(1):32–35. EDN QAVKED
32. Stauss HM, Persson PB. Role of nitric oxide in buffering short-term blood pressure fluctuations. *News physiological sciences*. 2000;15:229–233. doi: 10.1152/physiologyonline.2000.15.5.229

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**\*Безменова Ирина Николаевна**, канд. биол. наук, доцент;  
адрес: Россия, 685000, Магадан, пр. Карла Маркса, 24;  
ORCID: 0000-0003-3251-5159;  
eLibrary SPIN: 9123-7361;  
e-mail: lependina\_bel@mail.ru

**Аверьянова Инесса Владиславовна**, д-р биол. наук;  
ORCID: 0000-0002-4511-6782;  
eLibrary SPIN: 9402-0363;  
e-mail: inessa1382@mail.ru

## AUTHORS' INFO

**\*Irina N. Bezmenova**, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor;  
address: 24 avenue Karl Marx, Magadan, 685000, Russia;  
ORCID: 0000-0003-3251-5159;  
eLibrary SPIN: 9123-7361;  
e-mail: lependina\_bel@mail.ru

**Inessa V. Averyanova**, Dr. Sci. (Biology);  
ORCID: 0000-0002-4511-6782;  
eLibrary SPIN: 9402-0363;  
e-mail: inessa1382@mail.ru

\*Автор, ответственный за переписку / \*Corresponding author



DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco623879>

# Половозрастные особенности спектра ритмов обращаемости в службу скорой медицинской помощи населения Ханты-Мансийска в зависимости от эпидемиологической обстановки

О.Н. Рагозин<sup>1,3</sup>, А.Б. Гудков<sup>2</sup>, Е.Ю. Шаламова<sup>1</sup>, И.А. Погонышева<sup>3</sup>,  
Э.Р. Рагозина<sup>1</sup>, Д.А. Погонышев<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup> Нижневартковский государственный университет, Нижневартковск, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Обращаемость в службу скорой медицинской помощи является объективным показателем срыва адаптации и нарушения здоровья в дискомфортных условиях северного региона и при изменении эпидемиологической обстановки, что определило актуальность данной работы.

**Цель.** По данным многолетнего мониторинга оценить половозрастные особенности обращаемости в службу скорой медицинской помощи населения Ханты-Мансийска в периоды с различной эпидемиологической обстановкой.

**Материал и методы.** Обращения отбирали из электронной базы данных с 2015 по 2021 г. в среднем за сутки и стратифицировали по полу и возрасту. Статистическую обработку проводили при помощи вейвлет-анализа.

**Результаты.** При оценке межполовых различий в период пандемии коэффициент, отражающий соотношение количества вызовов к женщинам/мужчинам, снижается вследствие роста обращаемости мужчин. Структура обращаемости по возрасту характеризуется наличием двух групп риска – раннее детство и второй зрелый возраст. В период пандемии структура обращаемости не претерпевает качественных изменений. Выделены несколько сценариев индуцированного пандемией COVID-19 десинхроноза. У новорождённых – дезорганизация постоянного ритма в период пандемии. У детей грудного возраста изменение эпидемиологической обстановки не влияет на регистрируемые постоянные ритмы. Смена постоянного окологодного ритма на многолетние и вставочные внутригодовые ритмы наблюдается в группах раннего, первого, второго детства и у юношества. У подростков и в выборке первого зрелого возраста изменение эпидемиологической обстановки выступает в роли синхронизатора. В старших возрастных группах на протяжении всего периода сохраняется превалирующий окологодный ритм; время пандемии характеризуется присоединением ритмов с меньшим периодом.

**Заключение.** Структура обращаемости по возрасту характеризуется наличием двух групп риска – раннее детство и второй зрелый возраст. В период пандемии структура обращаемости не претерпевает качественных изменений. Присутствие COVID-19 является десинхронизирующим фактором временной структуры нарушений здоровья, который разрушает многолетние и окологодные ритмы и индуцирует вставочные внутригодовые.

**Ключевые слова:** ритмы; нарушение здоровья; пол; возраст; Север; эпидемиологическая обстановка.

## Как цитировать:

Рагозин О.Н., Гудков А.Б., Шаламова Е.Ю., Погонышева И.А., Рагозина Э.Р., Погонышев Д.А. Половозрастные особенности спектра ритмов обращаемости в службу скорой медицинской помощи населения Ханты-Мансийска в зависимости от эпидемиологической обстановки // Экология человека. 2023. Т. 30, № 11. С. 847–856. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco623879>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco623879>

# Gender- and age-specific patterns of ambulance calls in Khanty-Mansiysk depending on the epidemiological situation

Oleg N. Ragozin<sup>1,3</sup>, Andrej B. Gudkov<sup>2</sup>, Elena Yu. Shalamova<sup>1</sup>, Irina A. Pogonysheva<sup>3</sup>,  
Elina R. Ragozina<sup>1</sup>, Denis A. Pogonyshv<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup> Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** The number of ambulance calls serves as an objective indicator of the disruption in population health associated with maladaptation or an increase in health disorders in harsh conditions of the North. This becomes especially apparent when the epidemiological situation shifts, highlighting the importance of this issue.

**AIM:** To study the gender- and age-specific patterns of emergency calls for ambulance services in the population of Khanty-Mansiysk during varying epidemiological conditions using long-term monitoring data.

**MATERIAL AND METHODS:** Data on daily counts of ambulance calls was obtained from the for the period from 2015 to 2021 stratified by age and gender. The data were analyzed using wavelet analysis.

**RESULTS:** When analyzing gender disparities during a pandemic, the coefficient representing the ratio of calls made by women to men decreased as the number of calls made by men increased. The distribution of calls by age revealed two distinct risk groups: young children and older adults. During the pandemic, there were no significant qualitative changes in the distribution of calls. Several scenarios of desynchronization induced by the COVID-19 pandemic were identified. In infants, the changes in the epidemiological situation did not affect constant rhythms. The changes in the constant circadian rhythms to long-term and intercalary intra-annual rhythms were observed among children and youth. In adolescents and young adults, the pandemic acted as a synchronizer. In older age-groups, the circadian rhythms were maintained throughout the entire period. The period of the pandemic was characterized by addition of rhythms with a shorter period.

**CONCLUSION:** The distribution of ambulance calls across age-groups is characterized by the presence of two distinct risk groups — early childhood and the 2<sup>nd</sup> adult age. During the pandemic, the structure of calls did not demonstrate qualitative changes. The COVID-19 pandemic was a desynchronizing factor in the temporal structure of health disorders affecting long-term and near-annual rhythms and inducing the intercalary intra-annual rhythms.

**Keywords:** rhythms; health disorders; gender; age; North; epidemiological situation.

## To cite this article:

Ragozin ON, Gudkov AB, Shalamova EYu, Pogonysheva IA, Ragozina ER, Pogonyshv DA. Gender- and age-specific patterns of ambulance calls in Khanty-Mansiysk depending on the epidemiological situation. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(11):847–856.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco623879>

Received: 27.11.2023

Accepted: 28.03.2024

Published online: 09.04.2024

## ВВЕДЕНИЕ

Территория России из-за обширности чрезвычайно неоднородна по природным условиям, по влиянию которых на разные стороны жизнедеятельности, включая продолжительность жизни и работоспособность населения, страна может быть разделена на зоны степени комфортности/дискомфортности [1]. В результате интегральной оценки по восьми показателям можно выделить пять природных зон, из которых только две относительно и умеренно благоприятны для проживания. Именно поэтому проблема сохранения здоровья населения северных регионов с гипокомфортными и экстремальными климатогеофизическими условиями остается актуальной [2, 3]. Кроме перманентного климатического прессинга, необходимо учитывать высокую миграционную активность трудоспособного населения как одну из особенностей производственного цикла (например, вахтовый труд), а также миграцию вследствие социально-экономических причин, в том числе и жителей республик СНГ [4–6]. Кратковременные зимние туристические перелёты (десинхроноз) и пенсионно-возрастная миграция жителей из дискомфортных зон также влияют на здоровье населения. Влияние экстремальных погодных условий на Севере усугубляется гелиогеомагнитной обстановкой, характерной для циркумполярных областей, оказывающей влияние на здоровье человека как самостоятельно [7], так и через модуляцию погодных факторов [8].

Для территории России, отличающейся исключительным разнообразием внешней среды, географическая и экологическая патология имеет важное значение [9–13]. Тем более что условия жизни в обширных зонах Арктики и Субарктики предъявляют значительные требования к приспособляемости человеческого организма. В этих природных или природно-антропогенных экстремальных зонах нередко встречаются своеобразные реакции организма на среду и необычные формы клинического течения соматической патологии [2, 5, 7, 14, 15]. В первую очередь это касается болезней дыхательной и сердечно-сосудистой систем [16–20], инфекционных заболеваний [21]. Одинаково дискомфортно влияние полярных и белых ночей на возникновение и обострение психических расстройств, в частности депрессий [22]. Показатель обращаемости в службу скорой медицинской помощи (СМП) является объективным показателем срыва адаптации и нарушения здоровья [8, 19, 23–25], что и определило актуальность данной работы.

**Цель исследования.** По данным ежедневного многолетнего мониторинга оценить половозрастные особенности обращаемости в службу СМП населения Ханты-Мансийска в периоды с различной эпидемиологической обстановкой.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обращения в Ханты-Мансийскую городскую клиническую станцию СМП отбирали из электронной базы данных вызовов в среднем за сутки за период с 01.01.2015 по 31.12.2021 г. Продолжительность временного ряда — 2555 измерений. Показатель обращаемости стратифицировали в общей выборке по полу и возрасту. Возраст определяли согласно схеме возрастной периодизации постнатального онтогенеза человека, принятой на Всеобщей конференции по возрастной морфологии, физиологии и биохимии АПН РСФСР [26].

Статистическую обработку полученных в исследовании данных проводили с помощью программы, использующей вейвлет-анализ [27]. 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 [28]. По этой причине при рассмотрении всего периода наблюдений необходимо отслеживать наблюдается постоянный ритм или кратковременная ритмическая активность (вставочный ритм) на фоне постоянного ритма или при его отсутствии [29]. Определили средний уровень показателя (мезор,  $M \pm m$ ), энергии (амплитуда, усл. ед.) и периоды постоянных и вставочных (квантованных) ритмов (годы, месяцы, сутки) обращаемости в службу СМП обследованных разных возрастных групп (рис. 1). Значимость ритмов оценивали путём многократной (5000) случайной перестановки уровней исходного временного ряда. Приведённая в работе  $p$  показывает долю случаев, когда энергия выделенной частотной составляющей в исходном ряду превышала соответствующую энергию в случайной перестановке.

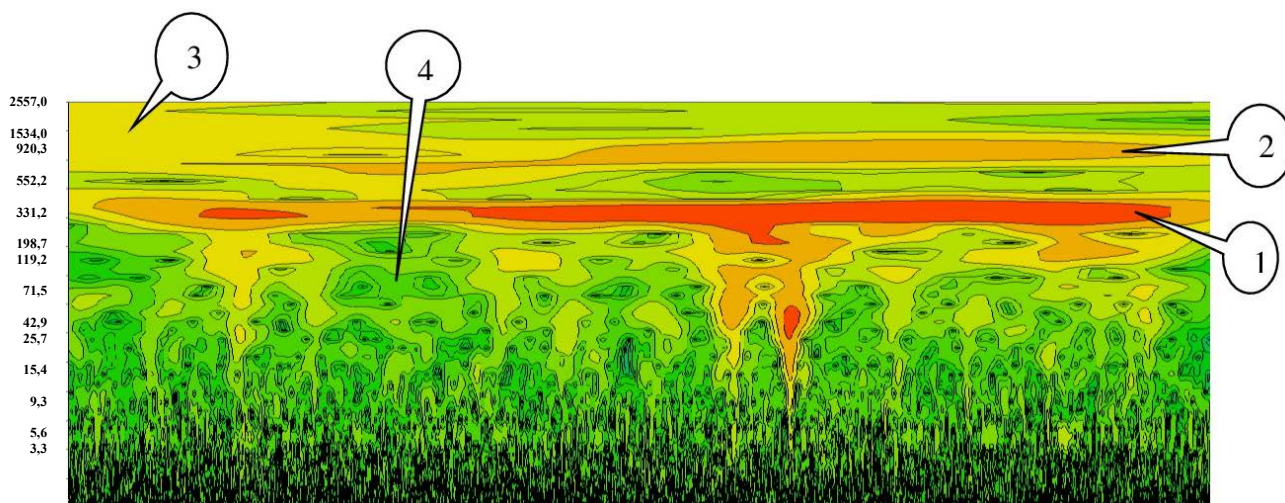
## РЕЗУЛЬТАТЫ

Прирост обращаемости в СМП превышает темпы увеличения городского населения (Ханты-Мансийск), особенно в период пандемии COVID-19. В табл. 1 показано, что в период пандемии (2020–2021 гг.) коэффициент, отражающий соотношение количества вызовов женщинами/мужчинами, снижается вследствие роста обращаемости мужчин. Структура обращаемости по возрастным группам выглядит так, как представлено на рис. 2. Среднесуточное количество вызовов СМП (мезор) нарастает от новорождённых до детей раннего детства (первый пик) и снижается до минимума у подростков. С юношеского возраста идёт формирование второго пика, максимум которого приходится на второй зрелый возраст. Далее наблюдается снижение обращаемости в пожилом и старческом возрасте с минимумом (но не нулевым уровнем) у долгожителей. Следует отметить, что в период пандемии в 2020–2021 гг.

**Таблица 1.** Прирост населения Ханты-Мансийска и межполовые особенности обращаемости в скорую медицинскую помощь в 2015–2021 гг.

**Table 1.** Population growth in the city of Khanty-Mansiysk and number of ambulance calls by gender for the period from 2015 to 2021

Прирост населения и обращаемость в скорую медицинскую помощь Population growth and calls for the EMS	Период наблюдения, годы Observation period (years)						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Прирост населения, тыс. человек Population growth (thsd)	95,3	96,9	98,7	98,5	99,3	101,4	103,1
Количество вызовов в сутки Number of calls (calls/day)	63,8	66,41	62,37	68,11	71,35	78,88	88,51
Обращаемость женщин, вызов/сут Number of women (calls/day)	40,77	42,49	37,33	40,73	41,82	46,15	50,54
Обращаемость мужчин, вызов/сут Number of men (calls/day)	23,02	23,92	24,97	27,38	29,53	32,73	37,11
Коэффициент обращаемости Ж/М, усл. ед. Coefficient of F/M calls (c.u.)	1,77	1,77	1,49	1,48	1,41	1,41	1,36



**Рис. 1.** Вейвлет-спектрограмма постоянных и вставочных ритмов обращаемости населения Ханты-Мансийска в скорую медицинскую помощь в 2015–2021 гг.: 1 — окологодовой ритм (постоянный); 2 — двухлетний ритм (постоянный); 3 — трёхлетний ритм (вставочный); 4 — трёхмесячный (вставочный).

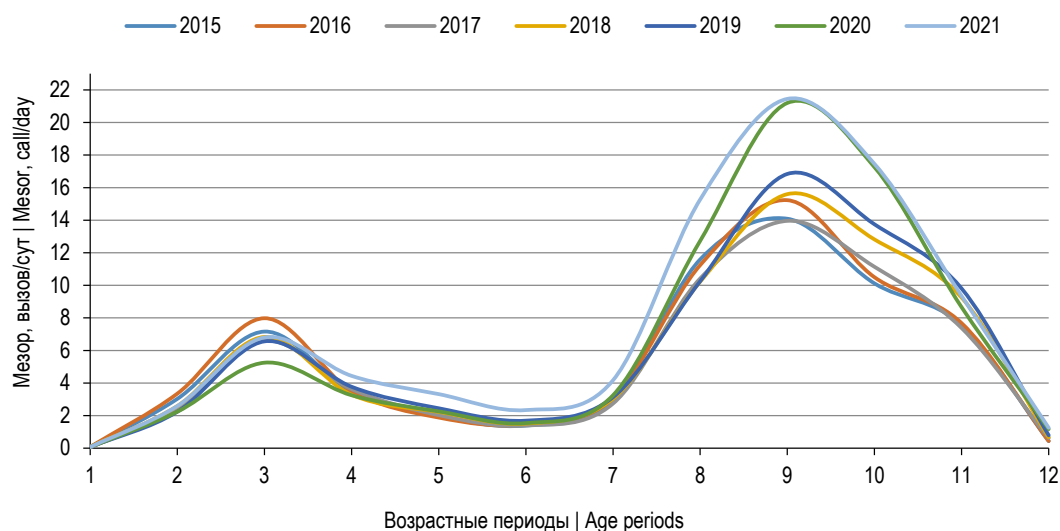
**Fig. 1.** Wavelet spectrogram of constant and intercalary rhythms of calls of the population of Khanty-Mansiysk for the EMS for the period from 2015 to 2021: 1 — circumannual rhythm (constant); 2 — two-year rhythm (constant); 3 — three-year rhythm (intercalary); 4 — three-month (intercalary).

структура обращаемости не претерпевает качественных изменений, но наблюдается количественное увеличение обращаемости в старших возрастных группах (первый зрелый, второй зрелый, пожилой возраст). При вейвлет-анализе всего периода наблюдений (с 2015 по 2021 г.) в рассматриваемых возрастных и половых группах обнаруживаются значимые внутригодовые, окологодовые и многолетние ритмы. Выявляются особенности в расположении на временной оси и в продолжительности ритмических колебаний в зависимости от возраста и эпидемиологической обстановки. Самый высокоамплитудный значимый (51,50 усл. ед.) ритм обращаемости в общей выборке населения Ханты-Мансийска — окологодовой (360,4 сут;  $p=0,001$ ), который характеризуется устойчивостью на протяжении всего семилетнего периода.

Межполовых различий по приоритетным ритмам не обнаружили (М — 360,4 сут / 27,45 усл. ед. /  $p=0,001$ ; Ж — 360,4 сут / 53,07 усл. ед. /  $p=0,001$ ). Здесь и далее в скобках — период / энергия / значимость ритма.

Согласно результатам исследования, выявлены особенности ритмов в разные возрастные периоды (рис. 3). У новорождённых наблюдается двухлетний ритм (613,9 сут / 6,37 усл. ед. / 0,001) в течение пяти лет (2015–2019 гг.) с его исчезновением в 2020–2021 гг. У детей грудного возраста в течение всего периода наблюдений сохраняется окологодовой ритм (360,4 сут / 14,70 усл. ед. / 0,001) с дополнительным вставочным ритмом с периодом около трёх лет – с 2016 по 2018 г. (1108,0 сут / 5,48 усл. ед. / 0,001). В группе детей раннего детства во все годы наблюдения (с 2015 по 2020 г.)





**Рис. 2.** Динамика среднесуточного уровня обращаемости населения Ханты-Мансийска в скорую медицинскую помощь по возрастным группам в 2015–2021 гг.: 1 — новорождённые; 2 — грудные; 3 — раннее детство; 4 — первое детство; 5 — второе детство; 6 — подростковый возраст; 7 — юношеский возраст; 8 — первый зрелый возраст; 9 — второй зрелый возраст; 10 — пожилой возраст; 11 — старческий возраст; 12 — долгожители.

**Fig. 2.** Average daily counts of ambulance calls in Khanty-Mansiysk by age groups for the period from 2015 to 2021: 1 — newborns; 2 — infants; 3 — early childhood; 4 — first childhood; 5 — second childhood; 6 — adolescence; 7 — youth; 8 — the first adult age; 9 — the second adult age; 10 — elderly; 11 — senile; 12 — centenarians.

превалирует окологодовой ритм (360,4 сут / 45,77 усл. ед. / 0,001); в 2020–2021 гг. происходит дезорганизация постоянного ритма и появляются кратковременные вставочные ритмы (1108,0 сут / 6,87 усл. ед. / 0,001; 631,9 сут / 5,07 усл. ед. / 0,001; 134,9 сут / 2,07 усл. ед. / 0,043; 50,5 сут / 0,66 усл. ед. / 0,021). Аналогичная картина с незначительными колебаниями периодов ритмов наблюдается в группах детей первого и второго детства. У подростков другой сценарий: обнаруживается десинхронизация в 2015–2019 гг. включительно и появляется целый спектр (многолетний, годовой и внутригодовые) значимых ритмов в 2020 и 2021 гг. В юношеском возрасте обращаемость в СМП в течение всего периода подчиняется окологодовому ритму (360,4 сут / 15,16 усл. ед. / 0,001), при присоединении многолетних (962,9 сут / 5,68 усл. ед. / 0,001; 549,2 сут / 2,27 усл. ед. / 0,001) и большого количества внутригодовых (205,6; 117,2; 76,9; 43,9 сут) значимых ритмов в 2020 и 2021 гг. В первом периоде зрелого возраста с 2015 по 2020 г. нет значимой ритмической активности; 2020 и 2021 гг. характеризуются организацией двухлетней (549,2 сут / 12,86 усл. ед. / 0,001) и трёхлетней (962,9 сут / 8,64 усл. ед. / 0,001) ритмической активности. В группе пациентов второго зрелого возраста за период наблюдений обнаруживается годовой ритм (360,4 сут / 14,47 усл. ед. / 0,001); время пандемии характеризуется присоединением трёхлетнего (836,8 сут / 4,85 усл. ед. / 0,001) и внутригодовых (178,6 сут / 1,96 усл. ед. / 0,001; 117,2 сут / 3,29 усл. ед. / 0,001; 58,1 сут / 1,28 усл. ед. / 0,001) ритмов. Обращаемость в СМП лиц пожилого, старческого возраста и долгожителей имеет такой же ритмический рисунок, как и во втором периоде зрелого возраста.

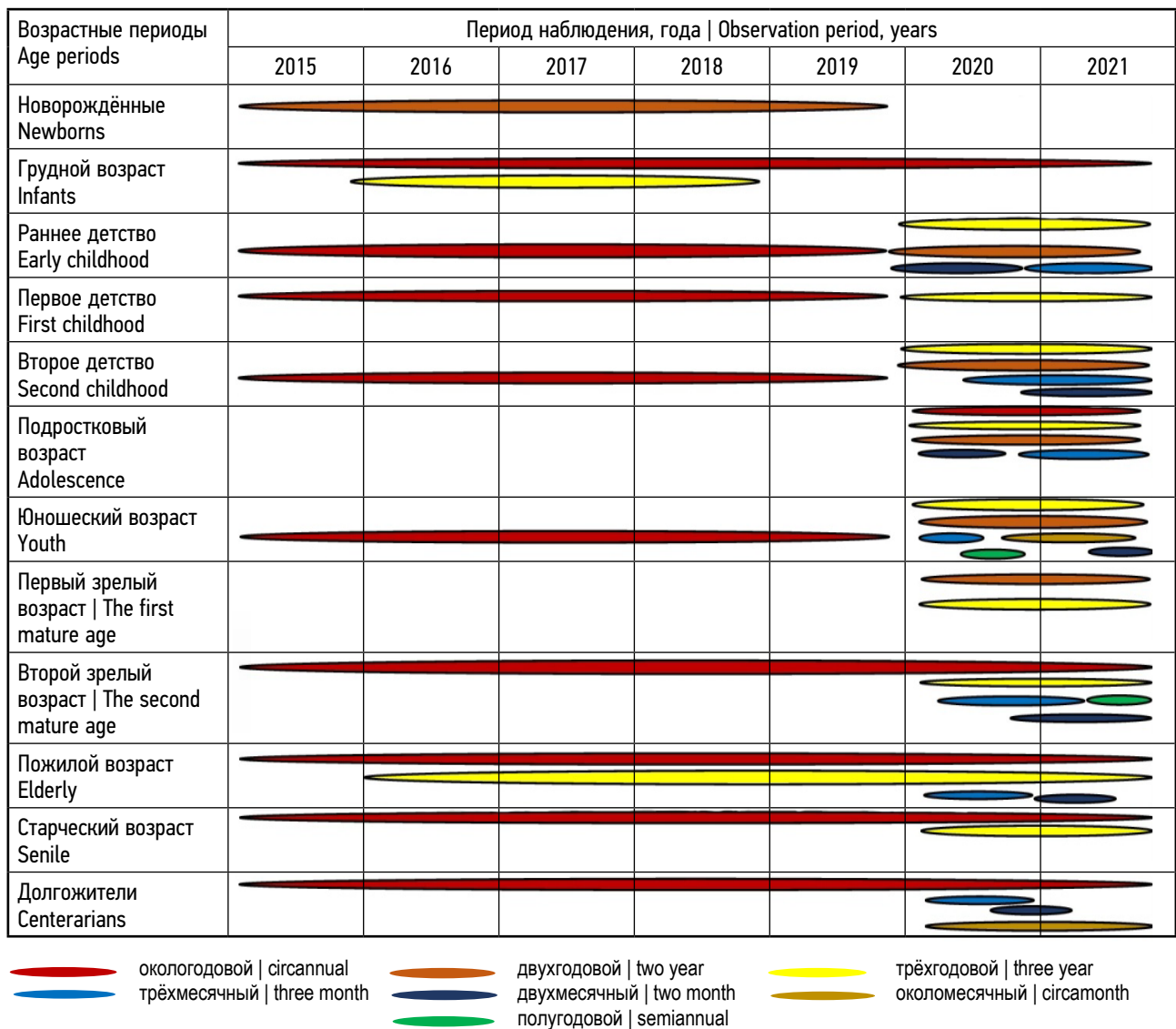
## ОБСУЖДЕНИЕ

Структура обращаемости по возрасту характеризуется наличием двух групп риска по нарушениям здоровья — это раннее детство и второй зрелый возраст. Следует отметить, что в период пандемии (2020–2021 гг.) структура обращаемости не претерпевает качественных изменений, наблюдается только количественное увеличение обращаемости в старших возрастных группах (первый зрелый, второй зрелый, пожилой возраст). При оценке межполовых значений обращаемости в СМП с 2015 по 2019 г. отмечается так называемый гендерный парадокс, суть которого сводится к простой формуле: «женщины болеют чаще, мужчины умирают раньше» [28]. Межполовые различия характеризуются тем, что в период пандемии коэффициент, отражающий соотношение количества вызовов к женщинам/мужчинам, снижается вследствие роста обращаемости мужчин.

При анализе временных рядов обращаемости в СМП с 2015 по 2021 г. в рассматриваемых группах обнаруживаются значимые внутригодовые, окологодовые и многолетние ритмы с различиями в расположении на временной оси и в продолжительности ритмических колебаний в зависимости от возраста и эпидемиологической обстановки, что можно расценить как проявления возрастного десинхронизации, связанного с сезонными колебаниями экзогенных факторов и модуляцией ритмов вследствие присоединения коронавирусной инфекции.

По результатам исследования можно выделить несколько сценариев возрастного индуцированного пандемией COVID-19 десинхронизации. Первый вариант наблюдается у новорождённых: ему свойственна дезорганизация





**Рис. 3.** Распределение постоянных и вставочных (квантованных) ритмов показателя обращаемости в скорую медицинскую помощь Ханты-Мансийска в 2015–2021 гг. в зависимости от возраста: расположение обозначений ритмов в ячейке по вертикали характеризует динамику энергии (амплитуды) ритма от максимума к минимуму.

**Fig. 3.** Distribution of constant and insertion (quantized) rhythms of the indicator of the ambulance calls in Khanty-Mansiysk in the period from 2015 to 2021 across age-groups. Placement of the rhythm symbols in the cell along the vertical characterizes the dynamics of the energy (amplitude) of the rhythm from maximum to minimum.

постоянного (двухгодичного) ритма в период пандемии и отсутствие любых значимых ритмов. У детей грудного возраста изменение эпидемиологической обстановки не влияет на регистрируемые постоянные (окологодичной и трёхгодичной) ритмы. Достаточно распространённый сценарий смены постоянного окологодичного ритма на многолетние и вставочные внутригодовые ритмы наблюдается в группах раннего, первого, второго детства и у юношества. Оригинальный вариант, когда изменение эпидемиологической обстановки выступает в роли синхронизатора, а именно отсутствие значимых ритмов у подростков и представителей первого зрелого возраста в период наблюдения с 2015 по 2019 г. сменяется значимыми ритмами, регистрируемыми в 2020–2021 гг. со спектром от двух лет до трёх месяцев. У представителей

старших возрастных групп (второй зрелый возраст, пожилой, старческий возраст и долгожители) на протяжении всего наблюдаемого периода (2015–2021 гг.) сохраняется преобладающий окологодичный ритм; время пандемии характеризуется присоединением многолетних и внутригодовых значимых ритмов с меньшей амплитудой.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В своём большинстве присутствие COVID-19 является десинхронизирующим фактором в структуре ритмов нарушения здоровья, разрушая многолетние и окологодичные ритмы и индуцируя вставочные внутригодовые. Эта закономерность касается практически всех возрастных групп

с выраженными межполовыми различиями. Применение вейвлет-анализа адекватно для анализа протяжённых временных рядов и выявления индуцированного десинхроноза с учетом возраста.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

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

**Источник финансирования.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и правительства ХМАО-Югры № 22–15–20023, <https://rscf.ru/project/22-15-20023/>

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

## ADDITIONAL INFORMATION

**Author contribution.** O.N. Ragozin — a significant contribution to the concept and design of the study, editing and final approval of the manuscript; A.B. Gudkov — a significant contribution to the concept and design of the study, editing the first version of the article; I.A. Pogonysheva — data analysis, compilation of the electronic database of the study; E.Y. Shalamova — a set of primary material, preparation of the first version of the article; E.R. Ragozina — a set of primary material. D.A. Pogonyshv — 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).

**Funding source.** The study was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation and the Government of Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra No. 22-15-20023, <https://rscf.ru/project/22-15-20023/>

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Мулик А.Б., Улесикова И.В., Мулик И.Г., и др. Комфортность и эстетичность среды обитания в становлении фенотипического и социального статуса человека // Экология человека. 2019. Т. 26, № 2. С. 31–38. EDN: XLUNZE doi: 10.33396/1728-0869-2019-2-31-38
- Карпин В.А. Медицинская экология Севера: актуальность, достижения и перспективы (обзор литературы) // Экология человека. 2021. Т. 28, № 8. С. 4–11. EDN: NHMWOK doi: 10.33396/1728-0869-2021-8-4-11
- Литовченко О.Г., Багнетова Е.А., Тостановский А.В. Эколого-физиологические аспекты здоровьесбережения молодого населения Югры // Современные вопросы биомедицины. 2022. Т. 6, № 1. Статья 18. EDN: L XKPNH doi: 10.51871/2588-0500\_2022\_06\_01\_18
- Никанов А.Н., Чащин В.П., Гудков А.Б., и др. Медико-демографические показатели и формирование трудового потенциала в Арктике (на примере Мурманской области) // Экология человека. 2018. Т. 25, № 1. С. 15–19. EDN: YKUZMC doi: 10.33396/1728-0869-2018-1-15-19
- Рейс Ж., Зайцева Н.В., Спенсер П. Современные внешнесредовые угрозы и вызовы здоровью населения арктических и субарктических регионов // Анализ риска здоровью. 2022. № 3. С. 21–38. EDN: X DANLM doi: 10.21668/health.risk/2022.3.02
- Колпаков В.В., Томилова Е.А., Беспалова Т.В., Рыбцова Т.Н. Типологическая вариабельность компенсаторно-приспособительных реакций организма при челночных перемещениях в условия Арктики // Экология человека. 2021. Т. 28, № 12. С. 30–40. EDN: PWQZPM doi: 10.33396/1728-0869-2021-12-30-40
- Карпин В.А., Гудков А.Б., Усынин А.Ф., Столяров В.В. Анализ влияния гелиогеомагнитных аномалий на жителей северной урбанизированной территории // Экология человека. 2018. Т. 25, № 11. С. 10–15. EDN: YNWBTV doi: 10.33396/1728-0869-2018-11-10-15
- Рагозин О.Н., Погonyшева И.А., Шаламова Е.Ю., и др. Вариабельность гелиоклиматических факторов и обращаемость в службу «Скорая медицинская помощь» населения северного региона // Вестник Нижневарттовского государственного университета. 2022. № 4. С. 89–97. EDN: WBF RFP doi: 10.36906/2311-4444/22-4/09
- Королёва Е.Г., Рахимбек С.К., Тупов С.С. Медико-географические аспекты мониторинга заболеваемости населения // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 11. С. 1285–1295. EDN: RHZUVA doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-11-1285-1295
- Луговая Е.А., Аверьянова И.В. Оценка коэффициента напряжения адаптационных резервов организма при хроническом воздействии факторов Севера // Анализ риска здоровью. 2020. № 2. С. 101–109. EDN: XTIDIM doi: 10.21668/health.risk/2020.2.11
- Петров И.М., Дьячкова Э.Э., Гудков А.Б., и др. Сравнительный анализ методов оценки коморбидной патологии населения Ханты-Мансийского автономного округа // Экология человека. 2019. Т. 26, № 3. С. 10–16. EDN: GOILKE doi: 10.33396/1728-0869-2019-3-10-16
- Гудков А.Б., Дегтева Г.Н., Шепелева О.А. Эколого-гигиенические проблемы на Арктических территориях интенсивной промышленной деятельности (обзор) // Общественное здоровье. 2021. Т. 1, № 4. С. 49–55. EDN: SMOJCE doi: 10.21045/2782-1676-2021-1-4-49-55
- Рахманин Ю.А., Бобровницкий И.П. Научные и организационно-методологические основы медицины окружающей среды как нового направления профилактического здравоохранения

- ния // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96, № 10. С. 917–921. EDN: ZWSROX doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-10-917-921
14. Лебедева-Несевря Н.А., Барг А.О., Чечкин В.М. Природно-климатические и антропогенные факторы риска для здоровья в субъективных оценках жителей городов Крайнего Севера // Здоровье населения и среда обитания — ЗНиСО. 2020. № 7. С. 8–13. EDN: JJXFMH doi: 10.35627/2219-5238/2020-328-7-8-13
  15. Севостьянова Е.В., Николаев Ю.А., Митрофанов И.М., Поляков В.Я. Региональные особенности влияния факторов риска хронических неинфекционных заболеваний на формирование полиморбидной патологии у мужчин // Экология человека. 2019. Т. 26, № 3. С. 38–45. EDN: IICAKJ doi: 10.33396/1728-0869-2019-3-38-45
  16. Мироновская А.В., Бузинов Р.В., Гудков А.Б. Прогнозная оценка неотложной сердечно-сосудистой патологии у населения северной урбанизированной территории // Здравоохранение Российской Федерации. 2011. № 5. С. 66–67. EDN: OFWSOL
  17. Ветошкин А.С., Шуркевич Н.П., Гапон Л.И., и др. Повышенное артериальное давление и атеросклероз в условиях северной вахты // Артериальная гипертензия. 2018. Т. 24, № 5. С. 548–555. EDN: SWBPCC doi: 10.18705/1607-419X-2018-24-5-548-555
  18. Шур П.З., Кирьянов Д.А., Камалудинов М.Р., Хасанова А.А. К оценке риска для здоровья населения, обусловленного влиянием климатических факторов в условиях Крайнего Севера // Анализ риска здоровью. 2022. № 3. С. 53–62. EDN: USJNAG doi: 10.21668/health.risk/2022.3.04
  19. Рагозин О.Н., Радыш И.В., Шаламова Е.Ю., и др. Климат — здоровье — демография: ритмы вокруг нас: результаты многолетнего исследования в ХМАО-Югре. М.: РУДН, 2021. EDN: ZOFPII
  20. Верижникова Л.Н., Арямкина О.Л., Терентьева Н.Н. Соматическая патология у жителей Ханты-Мансийского автономного округа — Югры // Бюллетень сибирской медицины. 2020. Т. 19, № 2. С. 13–19. EDN: ZRLKZC doi: 10.20538/1682-0363-2020-2-13-19
  21. Мищенко В.А., Ладыгин О.В., Быков И.П., и др. Заболеваемость клещевым вирусным энцефалитом в ряде субъектов Уральского федерального округа с прогнозной оценкой эпидемической ситуации на краткосрочный период // Анализ риска здоровью. 2019. № 1. С. 68–77. EDN: ITAHWM doi: 10.21668/health.risk/2019.1.07
  22. Кот Т.Л. Хронобиологическая характеристика структуры обострений и терапии депрессий в условиях северного региона // Психиатрия, психотерапия и клиническая психология. 2017. Т. 8, № 2. С. 216–220. EDN: YQRFPP
  23. Беляева В.А. Влияние факторов космической и земной погоды на частоту вызовов скорой медицинской помощи к пациентам с острым нарушением мозгового кровообращения // Анализ риска здоровью. 2017. № 4. С. 76–82. EDN: YLTYVK doi: 10.21668/health.risk/2017.4.08
  24. Салтыкова М.М., Бобровницкий И.П., Яковлев М.Ю., Банченко А.Д. Влияние погоды на пациентов с болезнями системы кровообращения: главные направления исследований и основные проблемы // Экология человека. 2018. Т. 25, № 6. С. 43–51. EDN: USVQWC doi: 10.33396/1728-0869-2018-6-43-51
  25. Белов Г.В., Умурзакова Г.И. Влияние текущей погоды на обращаемость жителей Бишкека и Оша за неотложной помощью по поводу сердечно-сосудистых заболеваний // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2021. Т. 98, № 1. С. 15–21. EDN: LTNTCZ doi: 10.17116/kurort20219801115
  26. Схема возрастной периодизации. В кн.: Материалы VII Всесоюзной конференции по возрастной морфологии, физиологии и биохимии. М.: Научно-исследовательский институт возрастной физиологии и физического воспитания Акад. пед. наук РСФСР, 1965.
  27. Рагозин О.Н., Бочкарёв М.В., Косарев А.Н., и др. Программа исследования биологических ритмов методом вейвлет-анализа. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2014611398 от 03.02.2014.
  28. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. М.: СОЛОН-Пресс, 2008. EDN: SUGDAH
  29. Рагозин О.Н., Татаринцев П.Б., Погонишева И.А., и др. Поправки при анализе временных рядов с учётом географических различий фотопериода // Экология человека. 2023. Т. 30, № 2. С. 139–149. EDN: VVYOJA doi: 10.17816/humeco117532

## REFERENCES

1. Mulik AB, Ulesikova IV, Mulik IG, et al. Comfort and aesthetics of the living environment as a determinant of an individual's phenotypic and social status. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2019;26(2):31–38. EDN: XLUHZE doi: 10.33396/1728-0869-2019-2-31-38
2. Karpin VA. Medical ecology of the Russian North: a systematic review of the relevance, achievements and perspectives. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2021;28(8):4–11. EDN: NHMWOK doi: 10.33396/1728-0869-2021-8-4-11
3. Litovchenko OG, Bagnetova AV, Tostanovskij EA. Ecological and physiological aspects of health protection of the young Yugra population. *Modern Issues of Biomedicine*. 2022;6(1):18. EDN: LXKPNH doi: 10.51871/2588-0500\_2022\_06\_01\_18
4. Nikanov AN, Chashchin VP, Gudkov AB, et al. Medico-demographic indicators and formation of labor potential in the Russian Arctic (in the context of Murmansk region). *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2018;25(1):15–19. EDN: YKUZMC doi: 10.33396/1728-0869-2018-1-15-19
5. Reis J, Zaitseva NV, Spencer P. Specific environmental health concerns and medical challenges in Arctic and Sub-Arctic regions. *Health Risk Analysis*. 2022;(3):21–38. EDN: XDANLM doi: 10.21668/health.risk/2022.3.03.eng
6. Kolpakov VV, Tomilova EA, Bepalova TV, Rybtsova TN. Compensatory and Adaptive Body Reactions on Shuttle Travel from and to the Arctic. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2021;28(12):30–40. EDN: PWQZPM doi: 10.33396/1728-0869-2021-12-30-40
7. Karpin VA, Gudkov AB, Usinin AF, Stolyarov VV. Analysis of the heliogeomagnetic anomaly influence on the inhabitants of the northern urbanized area. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2018;25(11):10–15. EDN: YNWBTW doi: 10.33396/1728-0869-2018-11-10-15

8. Ragozin ON, Pogonysheva IA, Shalamova EYu, et al. Variability of Helioclimate factors and applicability to the emergency service population of the Northern. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*. 2022;(4):89–97. EDN: WBFRRP doi: 10.36906/2311-4444/22-4/09
9. Koroleva EG, Rakhimbek SK, Tupov SS. Medical and geographical aspects of monitoring of population morbidity. *Hygiene and Sanitation*. 2019;98(11):1285–1295. EDN: RHZUVA doi: 10.47470/0016-9900-2019-98-11-1285-1295
10. Lugovaya EA, Aver'yanova IV. Assessing tension coefficient of body adaptation reserves under chronic exposure to factors existing in polar regions. *Health Risk Analysis*. 2020;(2):101–109. EDN: XTIDIM doi: 10.21668/health.risk/2020.2.11.eng
11. Petrov IM, Dyachkova EE, Gudkov AB, Ragozin RO, Popova ON. Comparative analysis of the assessment methods of comorbid pathology of the population of the Khanty-Mansiysk autonomous district. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2019;26(3):10–16. EDN: GOILKE doi: 10.33396/1728-0869-2019-3-10-16
12. Gudkov AB, Degteva GN, Shepeleva OA. Ecological and hygienic problems in the Arctic territories of intensive industrial activity (review). *Public Health*. 2021;1(4):49–55. EDN: SMOJCE doi: 10.21045/2782-1676-2021-1-4-49-55
13. Rakhmanin YuA, Bobrovnikskiy IP. Scientific and organizational-methodological bases of environmental medicine as the integrative direction of medical science and practical health care. *Hygiene and Sanitation*. 2017;96(10):917–921. EDN: ZWSROX doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-10-917-921
14. Lebedeva-Nesevria NA, Barg AO, Chechkin VM. Perception of environmental, climatic and anthropogenic health risk factors by the urban population of the Russian Far North. *Public Health and Life Environment — PH&LE*. 2020;(7):8–13. EDN: JJXFMH doi: 10.35627/2219-5238/2020-328-7-8-13
15. Sevostyanova EV, Nikolaev YA, Mitrofanov IM, Polyakov VY. Regional features of influence of risk factors for chronic non-communicable diseases on formation of polymorbid pathology. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2019;26(3):38–45. EDN: IICAKJ doi:10.33396/1728-0869-2019-3-38-45
16. Mironovskaya AV, Buzinov RV, Gudkov AB. Prognostic evaluation of urgent cardiovascular disease in the population of a northern urbanized area. *Public Health of the Russian Federation*. 2011;(5):66–67. (In Russ.) EDN: OFWSOL
17. Vetoshkin AS, Shurkevich NP, Gapon LI, et al. Atherosclerosis and high blood pressure in the Northern watch. *Arterial Hypertension*. 2018;24(5):548–555. EDN: SWBPCC doi: 10.18705/1607-419X-2018-24-5-548-555
18. Shur PZ, Kiryanov DA, KamaltdinovMR, Khasanova AA. Assessing health risks caused by exposure to climatic factors for people living in the Far North. *Health Risk Analysis*. 2022;(3):53–62. EDN: USJNAG doi: 10.21668/health.risk/2022.3.04
19. Ragozin ON, Radysh IV, Shalamova EYu, et al. Climate — health — demography: rhythms around us: results of a long-term study in KhMAO–Yugra. Moscow: RUDN Publ, 2021. (In Russ.) EDN: ZOPPII
20. Verizhnikova LN, Aryamkina OL, Terentyeva NN. Somatic pathology in residents of KhantyMansi Autonomous Okrug – Yugra. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2020;19(2):13–19. EDN: ZRLKZC doi:10.20538/1682-0363-2020-2-13-19
21. Mishchenko VA, Ladygin OV, Bykov IP, et al. Morbidity with tick-borne viral encephalitis in some regions in uralskiy federal district with predictive estimate of short-term epidemiologic situation. *Health Risk Analysis*. 2019;(1):68–77. EDN: ITAHWM doi: 10.21668/health.risk/2019.1.07
22. Kot TL. Chronobiological characterization of the structure of exacerbations and treatment of depression in the northern region. *Psychiatry, Psychotherapy and Clinicalpsychology*. 2017;(2):216–220. EDN: YQRFRP
23. Belyaeva VA. Influence exerted by risk factors of space and erath weather on frequency of emergency calls from patients with acute cerebral circulation disorders. *Health Risk Analysis*. 2017;(4):76–82. EDN: YLTYVK doi: 10.21668/health.risk/2017.4.08
24. Saltykova MM, Bobrovnikskiy IP, Yakovlev MYu, Banchenko AD. Effect of weather conditions on patients with cardiovascular diseases: main directions of research and major issues. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2018;25(6):43–51. EDN: USVQWC doi: 10.33396/1728-0869-2018-6-43-51
25. Belov GV, Umurzakova GI. Influence of present weather conditions on the appeal of Bishkek and Osh residents for emergency care because of cardiovascular diseases. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2021;98(1):15–21. EDN: LTNTCZ doi: 10.17116/ kurort20219801115
26. The scheme of age periodization. In: *Materialy VII Vsesoyuznoi konferentsii po vozrastnoi morfologii, fiziologii i biokhimii*. Moscow: Nauchno-issledovatel'skii I nstitut vozrastnoi fiziologii i fizicheskogo vospitaniya Akad. ped. nauk RSFSR, 1965. (In Russ.)
27. Ragozin ON, Bochkarev MV, Kosarev AN, et al. A program for the study of biological rhythms by the method of wavelet analysis. Certificate of state registration of a computer program № 2014611398 from 03.02.2014. (In Russ.)
28. Dyakonov VP. Wavelets. From theory to practice. Moscow: SOLON-Press, 2008. (In Russ.) EDN: SUGDAH
29. Ragozin ON, Tatarinzev PB, Pogonysheva IA, et al. Corrections for geographical differences in photoperiod in time-series analysis. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(2):139–149. EDN: VVYOJA doi: 10.17816/humeco117532

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**\*Рагозин Олег Николаевич**, д-р мед. наук, профессор;  
адрес: Россия, 628011, Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40;  
ORCID: 0000-0002-5318-9623;  
eLibrary SPIN: 7132-3844;  
e-mail: oragozin@mail.ru

**Гудков Андрей Борисович**, д-р мед. наук, профессор;  
ORCID: 0000-0001-5923-0941;  
eLibrary SPIN: 4369-3372;  
e-mail: gudkovab@nsmu.ru

**Шаламова Елена Юрьевна**, д-р биол. наук, доцент;  
ORCID: 0000-0001-5201-4496;  
eLibrary SPIN: 8125-9359;  
e-mail: selenzik@mail.ru

**Погоньшева Ирина Александровна**, канд. биол. наук, доцент;  
ORCID: 0000-0002-5759-0270;  
eLibrary SPIN: 6095-8392;  
e-mail: severina.i@bk.ru

**Рагозина Элина Разифовна**, аспирант;  
ORCID: 0000-0003-0199-2948;  
e-mail: elinka1000@yandex.ru

**Погоньшев Денис Александрович**, канд. биол. наук, доцент;  
ORCID: 0000-0001-8815-1556;  
eLibrary SPIN: 1179-9674;  
e-mail: d.pogonyshhev@mail.ru

## AUTHORS' INFO

**\*Oleg N. Ragozin**, MD, Dr. Sci. (Medicine), professor;  
address: 40 Mira str., Hanty-Mansijsk, 628011, Russia;  
ORCID: 0000-0002-5318-9623;  
eLibrary SPIN: 7132-3844;  
e-mail: oragozin@mail.ru

**Andrej B. Gudkov**, MD, Dr. Sci. (Medicine), professor;  
ORCID: 0000-0001-5923-0941;  
eLibrary SPIN: 4369-3372;  
e-mail: gudkovab@nsmu.ru

**Elena Yu. Shalamova**, Dr. Sci. (Biology), associate professor;  
ORCID: 0000-0001-5201-4496;  
eLibrary SPIN: 8125-9359;  
e-mail: selenzik@mail.ru

**Irina A. Pogonysheva**, Cand. Sci. (Biology), associate professor;  
ORCID: 0000-0002-5759-0270;  
eLibrary SPIN: 6095-8392;  
e-mail: severina.i@bk.ru

**Elina R. Ragozina**, postgraduate student;  
ORCID: 0000-0003-0199-2948;  
e-mail: elinka1000@yandex.ru

**Denis A. Pogonyshhev**, Cand. Sci. (Biology), associate professor;  
ORCID: 0000-0001-8815-1556;  
eLibrary SPIN: 1179-9674;  
e-mail: d.pogonyshhev@mail.ru

\*Автор, ответственный за переписку / \*Corresponding author:



DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624207>

# Адаптивный иммунный ответ у женщин Арктического региона России после COVID-19

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

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

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Население, проживающее в Арктическом регионе, имеет особенно высокие показатели заболеваемости и смертности от COVID-19. Экстремальные климатические и экологические условия Арктического региона препятствуют развитию процессов саморегуляции, что приводит к активации и напряжению клеточного и гуморального иммунитета, то есть к снижению резервных возможностей организма. В настоящее время очень мало исследований, специально изучающих, как ведет себя адаптивный иммунный ответ лиц, перенесших COVID-19, в экстремальных климатических условиях Европейского Севера Российской Федерации.

**Цель.** Исследование соотношения иммунокомпетентных клеток в адаптивном иммунном ответе, сформировавшемся после COVID-19, у женщин Арктического региона России.

**Материал и методы.** Обследовано 29 женщин 20–40 лет, проживающих в Архангельске. Комплексное иммунологическое исследование включало определение лейкоцитов, лимфоцитов, их фенотипов (CD5<sup>+</sup>, CD8<sup>+</sup>, CD10<sup>+</sup>, CD95<sup>+</sup>), фагоцитарной активности и фагоцитарного числа.

**Результаты.** Клеточный адаптивный иммунный ответ у обследуемых лиц через 6 мес. после перенесённого заболевания COVID-19 средней степени тяжести характеризуется крайне низкой концентрацией Т-клеток (CD5<sup>+</sup>) в 100% случаев, лимфоцитов CD10<sup>+</sup> (44,83%) на фоне высокого содержания цитотоксических лимфоцитов (CD8<sup>+</sup>) — в 48,27%, лимфоцитов с рецепторами к апоптозу (CD95<sup>+</sup>) — в 51,72% с относительно высокой фагоцитарной активностью (в пределах 90–100%). Выявлена корреляционная связь у 11,29% женщин между низким содержанием клеток CD10<sup>+</sup> и CD95<sup>+</sup> с активностью фагоцитоза. У 40,00% лиц с высокой фагоцитарной активностью концентрации цитотоксических клеток (CD8<sup>+</sup>) фиксировали на минимальном уровне.

**Заключение.** Наименьшие концентрации цитотоксических клеток выявлены у лиц с высокой фагоцитарной активностью, что может быть положительным прогнозом снижения риска развития осложнений. Клеточный иммунитет предопределяет развитие лёгкой формы инфекции COVID-19 у лиц с исходно значительной фагоцитарной активностью.

**Ключевые слова:** Арктика; COVID-19; цитотоксические Т-лимфоциты; апоптоз; лимфопролиферация; клеточный иммунитет; фагоцитарная активность.

## Как цитировать:

Щёголева Л.С., Шашкова Е.Ю., Филиппова О.Е., Поповская Е.В., Сергеева Т.Б. Адаптивный иммунный ответ у женщин Арктического региона России после COVID-19 // Экология человека. 2023. Т. 30, № 11. С. 857–863. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624207>

Статья поступила: 04.12.2023

Статья одобрена: 26.03.2024

Опубликована online: 22.04.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624207>

# Adaptive immune response in women from the Russian Arctic region after COVID-19 infection

Lyubov S. Shchegoleva, Elizaveta Yu. Shashkova, Oksana E. Filippova, Ekaterina V. Popovskaya, Tatyana B. Sergeeva

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

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** The Arctic region of Russia is characterized by disproportionately high rates of morbidity and mortality from COVID-19 during the pandemic. The harsh climatic and environmental conditions in this area impede the development of self-regulation processes resulting in activation and strain of both cellular and humoral immunity. This leads to a depletion of the body's reserve capacities. At present, there is lack of research examining how individuals who have recovered from COVID-19 are affected by the extreme conditions of Arctic Russia.

**AIM:** To study the ratio of immunocompetent cells involved in the adaptive immune response following COVID-19 infection.

**MATERIAL AND METHODS:** A total of 29 women aged 20 – 40 years were examined in Arkhangelsk as part of a comprehensive immunological study. This study involved assessment of the number of leukocytes, lymphocytes, and their phenotypes (CD5+, CD8+, CD10+, CD95+), as well as determination of phagocytic activity and phagocytic number.

**RESULTS:** The cellular adaptive immune response in observed individuals 6 months after experiencing moderate COVID-19 disease was characterized by a very low concentration of T cells (CD5+) in all cases, CD10+ lymphocytes (44.83%) alongside with a high concentration of cytotoxic lymphocytes (CD8+) in 48.27% of individuals and lymphocytes with receptors for apoptosis (CD95+) in 51.72%, with relatively high phagocytic activity ranging from 90 to 100%. A correlation was found in 11.29% of women between the low content of CD10+ and CD95+ cells with the activity of phagocytosis. In 40% of women with high phagocytic activity, the concentrations of cytotoxic cells (CD8+) were found to be at a minimum level.

**CONCLUSIONS:** Women with high phagocytic activity were found to have the lowest concentrations of cytotoxic cells, suggesting a potentially positive prognosis for reducing the risk of complications. This indicates that cellular immunity may play a role in determining the severity of COVID-19 infection in individuals with high phagocytic activity.

**Keywords:** Arctic; COVID-19; cytotoxic T lymphocytes; apoptosis; lymphoproliferation; cellular immunity; phagocytic activity.

## To cite this article:

Shchegoleva LS, Shashkova EYu, Filippova OE, Popovskaya EV, Sergeeva TB. Adaptive immune response in women from the Russian Arctic region after COVID-19 infection. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(11):857–863. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco624207>

Received: 04.12.2023

Accepted: 26.03.2024

Published online: 22.04.2024

## ВВЕДЕНИЕ

Население, проживающее в Арктическом регионе, имеет непропорционально высокие показатели заболеваемости и смертности от COVID-19. Усугубляющими факторами могут быть географическая отдаленность населенного пункта от медучреждения, а также высокая распространённость наличия в анамнезе заболеваний, таких как диабет, ожирение, респираторные инфекции и другая хроническая патология [1].

Экстремальные климатические и экологические условия Арктического региона препятствуют развитию процессов саморегуляции, возвращающих системы организма к оптимальному режиму функционирования, что приводит к активации и напряжению клеточного и гуморального иммунитета и, в конечном итоге, к снижению резервных возможностей организма [2].

Новая коронавирусная инфекция SARS-CoV-2 вызывает развитие острого инфекционного заболевания дыхательных путей с классическими катаральными симптомами, которые клинически могут проявляться как ОРВИ. У 80% больных состояние протекает в среднетяжёлой форме и обычно заканчивается спонтанным выздоровлением [3].

COVID-19 поразил более 5 млн человек, умерли по меньшей мере 500 тыс. в более чем 200 странах в период 2020–2022 гг. Бессимптомное течение заболевания может прогрессировать до тяжёлой вирусной пневмонии, острого респираторного синдрома и сепсиса, миокардита и почечной недостаточности [4]. Основные публикации по-прежнему содержат ограниченную информацию и основаны на сравнениях с ранее существовавшими вирусными инфекциями и их участием в развитии заболевания [5].

В настоящее время неясно, какие долгосрочные последствия ждут тех, кто перенёс этот воспалительный процесс в той или иной форме, как он изменит здоровье многочисленных систем организма, включая иммунную систему. В литературе часто обсуждаются методы лечения, особенно у лиц с сопутствующими или хроническими заболеваниями в анамнезе [6, 7].

Поскольку ожидается, что для восстановления иммунитета после естественной инфекции потребуется время в зависимости от тяжести заболевания, реактивация иммунных ответов из-за новой инфекции или вакцины в этот период может вызвать осложнения [8].

В настоящее время очень мало исследований, специально изучающих, как ведёт себя адаптивный иммунный ответ лиц, перенесших COVID-19, в экстремальных климатических условиях Европейского Севера Российской Федерации.

Целью данной работы является исследование соотношения иммунокомпетентных клеток в адаптивном иммунном ответе, сформировавшемся после COVID-19, у женщин Арктического региона России.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В апреле–мае 2022 г. прошли обследование 29 женщин 20–40 лет из Архангельска с выпиской установленного клинического диагноза и подтверждением диагноза методом ПЦР. С момента болезни до обследования прошло 6 мес. В исследование включили только пациентов, добровольно подписавших форму информированного согласия. Протокол исследования одобрен в локальном этическом комитете Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики Уральского отделения РАН (№9 от 31.03.2022).

Комплексное иммунологическое обследование, включающее общий анализ крови, исследование содержания лимфоцитарных фенотипов (CD5<sup>+</sup>, CD8<sup>+</sup>, CD10<sup>+</sup>, CD95<sup>+</sup>) в периферической крови, фагоцитарной активности и фагоцитарного числа, выполняли в лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики Уральского отделения РАН.

Кровь для исследования в объёме 6 мл брали натощак утром из локтевой вены. Общий анализ крови выполняли на гематологическом анализаторе Horiba ABX Pentra 60, дифференциальное определение лейкоцитов проводили в мазках крови после окраски по Романовскому–Гимзе. Абсолютное содержание субпопуляций Т-лимфоцитов определяли методом непрямой иммунопероксидазной реакции с использованием моноклональных антител («МедБиоСпектр», Москва) на препаратах лимфоцитов типа «высушенная капля», подсчет проводили на микроскопе Nikon Eclipse 50i. Фагоцитарную активность и количество определяли путём инкубации крови с частицами латекса в течение 30 мин при температуре 37 °С, затем окрашивали по Романовскому–Гимзе.

Статистический анализ данных проводили с использованием программного обеспечения Microsoft Excel и Statistica 6.0 (StatSoft, США). Результаты представили как математическое среднее и средняя ошибка ( $M \pm m$ ). Корреляционный анализ выполняли с определением непараметрического коэффициента ранговой корреляции Спирмена ( $r$ ) и оценкой его значимости ( $p$ ). Статистически значимыми считали корреляционные связи при  $p < 0,05$ .

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 22-25-20143, <https://rscf.ru/project/22-25-20143/>).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Защитные реакции развиваются в ответ на инфекцию SARS-CoV-2 за счёт активации врождённого и приобретённого иммунитета, направленного против вируса. Однако иммунопатогенез COVID-19 связан с формированием несбалансированного иммунного ответа, что в особо тяжёлых случаях приводит к нарушению функции лёгких [9, 10].

Представляло интерес оценить клеточный адаптивный иммунный ответ у молодых женщин через 6 мес. после перенесённого заболевания средней степени тяжести.

В результате исследования установлено, что средняя концентрация лейкоцитов, лимфоцитов и нейтрофилов у обследованных женщин через 6 мес. после COVID-19 находится в пределах общепринятых физиологических референсных интервалов:  $5,55 \pm 0,01$ ;  $2,81 \pm 0,02$ ;  $1,99 \pm 0,02 \times 10^9$  кл/л соответственно (табл. 1). Однако содержание лимфоцитов оказалось ближе к верхней границе референсного интервала, а соотношение нейтрофилов/лимфоцитов было обратным.

Уровень содержания в общей популяции всех Т-клеток (CD5<sup>+</sup>) крайне низкий, в 3 раза ниже нижнего предела установленной физиологической нормы ( $1,5-2,5 \times 10^9$  кл/л), в среднем  $0,45 \pm 0,01 \times 10^9$  кл/л.

Концентрация цитотоксических клеток (CD8<sup>+</sup>) сравнительно высокая, в среднем  $0,42 \pm 0,03 \times 10^9$  кл/л (общепринятая норма  $0,2-0,4 \times 10^9$  кл/л).

Важно подчеркнуть, что средняя концентрация Т-лимфоцитов с маркёром CD10<sup>+</sup> ( $0,43 \pm 0,04 \times 10^9$  кл/л), отражающих лимфопролиферативную активность, выявляется ниже физиологического референсного интервала ( $0,5-0,6 \times 10^9$  кл/л).

Было отмечено, что через 6 мес. после COVID-19 количество лимфоцитов с маркёром CD95<sup>+</sup>, представляющим апоптотический процесс, у обследованных молодых женщин довольно высокое —  $0,60 \pm 0,05 \times 10^9$  кл/л (при нормальном значении  $0,45-0,55 \times 10^9$  кл/л).

Таким образом, через 6 мес. после COVID-19 количество Т-клеток у обследованных крайне низкое, за исключением цитотоксических лимфоцитов (CD8<sup>+</sup>) и лимфоцитов с апоптотическими рецепторами (CD95<sup>+</sup>).

Наибольшие значения корреляции обнаружены между клетками CD8<sup>+</sup> и CD95<sup>+</sup> ( $r=0,81$ ;  $p < 0,001$ ).

Содержание фагоцитарного числа и уровень фагоцитарной активности находятся в пределах физиологической нормы: в среднем фагоцитарное число у обследованных женщин составляет  $6,00 \pm 0,20$ , а фагоцитарная активность регистрируется на уровне  $50,40 \pm 1,12\%$ , что находится на нижней границе нормы и референсных значений.

Частота встречаемости иммунологических нарушений у обследованных лиц велика и вызывает особую озабоченность. В нашем исследовании лейкопения встречалась примерно в 5 раз реже, чем лейкоцитоз ( $10,34$  и  $48,27\%$  молодых женщин соответственно).

Выявлено, что ни в одном случае не было лимфопении и нейтропении. Напротив, у  $13,79\%$  обследованных добровольцев наблюдался умеренный лимфоцитоз, а у  $10,34\%$  — незначительное увеличение общего количества нейтрофилов. При этом концентрация цитотоксических клеток устанавливалась на уровне минимум  $0,20-0,22 \times 10^9$  кл/л у  $41,38\%$  лиц с относительно высокой фагоцитарной активностью (в пределах  $90-100\%$ ).

В  $100\%$  изученных случаев имелся дефицит концентрации общей популяции Т-клеток (CD5<sup>+</sup>). Важно отметить, что низкое содержание Т-клеток было связано с низким уровнем клеток CD10<sup>+</sup>, представляющих процессы лимфопролиферации ( $r=0,78$ ;  $p > 0,001$ ).

При этом высокий уровень цитотоксической активности (CD8<sup>+</sup>), наблюдавшийся у  $48,27\%$  обследованных, обратно коррелирует с фагоцитарной активностью ( $r=-0,77$ ;  $p > 0,001$ ), а также высоко коррелирует с клетками, экспрессирующими апоптотические рецепторы (CD95<sup>+</sup>);  $r=0,78$ ;  $p > 0,001$ .

## ОБСУЖДЕНИЕ

По литературным данным [10], у переболевших COVID-19 людей наблюдается высокий и низкий клеточный

**Таблица 1.** Иммунный статус женщин 20–40 лет ( $n=29$ ), проживающих в Архангельске, через 6 мес. после COVID-19

**Table 1.** Immune status of women aged 20–40 years ( $n=29$ ) living in Arkhangelsk, 6 months after COVID-19 infection

Показатели Indicators	Средние данные (M±m) Average values (M±m)	Референсные значения Reference values	Частота регистрации дисбалансов, % Proportion of abnormal findings, %	
			Низкий Low	Высокий High
Лейкоциты, $\times 10^9$ кл/л   Leucocytes, $\times 10^9$ cells/l	$5,55 \pm 0,13$	4,0–10,0	10,34	48,27
Лимфоциты, $\times 10^9$ кл/л   Lymphocytes, $\times 10^9$ cells/l	$2,81 \pm 0,08$	1,5–3,5	–	13,79
Нейтрофилы, $\times 10^9$ кл/л   Neutrophils, $\times 10^9$ cell/l	$1,99 \pm 0,06$	1,5–5,5	–	10,34
CD5 <sup>+</sup> , $\times 10^9$ кл/л   CD5 <sup>+</sup> , $\times 10^9$ cell/l	$0,45 \pm 0,01$	1,5–2,5	100,00	–
CD8 <sup>+</sup> , $\times 10^9$ кл/л   CD8 <sup>+</sup> , $\times 10^9$ cell/l	$0,42 \pm 0,03$	0,2–0,4	–	48,27
CD10 <sup>+</sup> , $\times 10^9$ кл/л   CD10 <sup>+</sup> , $\times 10^9$ cell/l	$0,43 \pm 0,04$	0,5–0,6	44,83	6,90
CD95 <sup>+</sup> , $\times 10^9$ кл/л   CD95 <sup>+</sup> , $\times 10^9$ cell/l	$0,60 \pm 0,05$	0,45–0,55	20,69	51,72
Фагоцитарное число   Phagocytic count	$6,00 \pm 0,20$	1,0–8,0	–	27,59
Активные фагоциты, %   Active phagocytes, %	$50,40 \pm 1,12$	>50,0	37,93	–

иммунитет в соотношении 50 на 50%. Согласно аналогичным результатам, представленным в работах [11, 12], уровень специфического клеточного ответа у выздоравливающих пациентов с COVID-19 варьирует в зависимости от функциональных систем пациента и их способности, что зависит от тяжести заболевания. Противовирусная цитотоксическая активность низкая при лёгкой или бессимптомной степени тяжести заболевания. Это согласуется с результатами, полученными в данном исследовании, особенно с учётом того, что почти у 40% обследованных наблюдали снижение фагоцитарной активности на фоне относительно низкого содержания нейтрофилов, а также увеличение частоты регистрации высоких концентраций цитотоксических клеток (CD8<sup>+</sup>) и экспрессии рецепторов апоптоза (CD95<sup>+</sup>).

В работе [13] показано, что специфические CD4<sup>+</sup> Т-хелперы и CD8<sup>+</sup> цитотоксические Т-лимфоциты к COVID-19 обнаруживаются в периферической крови у 100% и 70% выздоровевших пациентов после COVID-19 соответственно в течение 20–35 дней после выздоровления. Однако цитотоксические лимфоциты CD8<sup>+</sup> несут прямую ответственность за элиминацию инфицированных вирусом клеток.

Возможно, это является причиной повышенного уровня цитотоксических Т-лимфоцитов и усиления апоптоза. Следовательно, можно предположить, что через 6 мес. после выздоровления процесс аттенуации клеток, участвовавших в противовирусном ответе при инфекции, путем экспрессии рецептора (CD95<sup>+</sup>) и запуска апоптоза все еще продолжается.

Более того, в исследованиях [14, 15] показано, что снижение экспрессии CD5<sup>+</sup> способствует увеличению концентрации лимфоцитов с маркером CD8<sup>+</sup> и активации апоптоза. Это позволяет предположить, что снижение концентрации рецептора CD5<sup>+</sup> может объяснить увеличение содержания цитотоксических клеток. В то же время он запускает гиперактивацию процесса лимфопролиферации, что противоречит наблюдаемому в наших исследованиях увеличению частоты регистрации низких уровней клеток с маркером CD10<sup>+</sup>, представляющим процесс лимфопролиферации. Следует предположить, что после перенесённой инфекции COVID-19 низкая активность лимфопролиферации является следствием усилий иммунной системы по восстановлению своих резервных возможностей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что через 6 мес. после лёгкой формы COVID-19 адаптивный иммунный ответ у молодых женщин характеризуется низким уровнем всей популяции Т-клеток (CD5<sup>+</sup>), низким уровнем процессов лимфопролиферации (CD10<sup>+</sup>), незначительным повышением общего уровня лейкоцитов на фоне высокой цитотоксической активности (CD8<sup>+</sup>) и активности процессов апоптоза (CD95<sup>+</sup>).

Наиболее высокие концентрации цитотоксических клеток (CD8<sup>+</sup>) и клеток с маркером апоптоза (CD95<sup>+</sup>) выявлены у 48,27% лиц с выраженным дефицитом фагоцитарной активности, что, на наш взгляд, может служить неблагоприятным прогнозом отдалённого развития постковидного осложнения.

Наименьшие концентрации цитотоксических клеток выявлены у 41,38% лиц с высокой фагоцитарной активностью, что, по нашему мнению, имеет положительный прогноз и снижает риск развития осложнений.

Следует предположить, что клеточный иммунитет предопределяет развитие лёгкой формы инфекции COVID-19 у лиц с исходно значительной фагоцитарной активностью, что требует дополнительного изучения и уточнения у людей со среднетяжёлым и тяжёлым развитием заболевания.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Л.С. Щёголева — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи; Е.Ю. Шашкова — обзор литературы, сбор и обработка данных, анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; О.Е. Филиппова — сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; Е.В. Поповская — сбор и обработка данных, анализ литературных источников, написание текста; Т.Б. Сергеева — сбор и обработка данных, анализ литературных источников, написание текста. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Источник финансирования.** Научное исследование проведено при поддержке Российского научного фонда (грант РНФ 22-25-20143, <https://rscf.ru/project/22-25-20143/>).

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

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

## ADDITIONAL INFORMATION

**Author contribution.** L.S. Shchegoleva — literature review, collection and analysis of literary sources, writing and editing of the article; E.Y. Shashkova — literature review, collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the text of the article; O.E. Filippova — collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the text of the article; E.V. Popovskaya — collection and analysis of literary sources, writing of the text; T.B. Sergeeva — data collection and processing, analysis of literary sources, text writing. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and



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

**Funding source.** This work was supported by the Research Foundation Flanders (grant 22-25-20143, <https://rscf.ru/project/22-25-20143/>)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Hathaway E.D. American Indian and Alaska native people: Social vulnerability and COVID-19 // *The Journal of Rural Health*. 2021. Vol. 37, N 1. P. 256–259. doi: 10.1111/jrh.12505
- Donaldson S., Adlard B., Odland J.Ø. Overview of human health in the Arctic: conclusions and recommendations // *International Journal of Circumpolar Health*. 2016. Vol. 75. P. 33807. doi: 10.3402/ijch.v75.33807
- Акимкин В.Г., Попова А.Ю., Плоскирева А.А., и др. COVID-19: эволюция пандемии в России. сообщение I: проявления эпидемического процесса COVID-19 // *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2022. Т. 99, № 3. С. 269–286. EDN: ZXGTFD doi:10.36233/0372-9311-276
- Трошина Е.А., Мельниченко Г.А., Сенюшкина Е.С., Мокрышева Н.Г. Адаптация гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой систем к новому инфекционному заболеванию — COVID-19 в условиях развития COVID-19-пневмонии и/или цитокинового шторма // *Клиническая и экспериментальная тиреоидология*. 2020. Т. 16, № 1. С. 21–27. EDN: ISXSTK doi:10.14341/ket12461
- Kaufmann S.H., Dorhoi A., Hotchkiss R.S., Bartenschlager R. Host-directed therapies for bacterial and viral infections // *Nature Reviews Drug Discovery*. 2018. Vol. 17, N 1. P. 35–56. doi: 10.1038/nrd.2017.162
- Shanmugaraj B., Siriwananon K., Wangkanont K., Phoolcharoen W. Perspectives on monoclonal antibody therapy as potential therapeutic intervention for Coronavirus disease-19 (COVID-19) // *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology*. 2020. Vol. 38, N 1. P. 10–18. doi: 10.12932/AP-200220-0773
- Knyazev S., Chhugani K., Sarwal V., et al. Unlocking capacities of genomics for the COVID-19 response and future pandemics // *Nature Methods*. 2022. Vol. 19, N 4. P. 374–380. doi: 10.1038/s41592-022-01444-z
- Van Damme W., Dahake R., Delamou A., et al. The COVID-19 pandemic: diverse contexts; different epidemics — how and why? // *BMJ Global Health*. 2020. Vol. 5, N 7. P. e003098. doi: 10.1136/bmjgh-2020-003098
- Смирнов В.С., Тотолян А.А. Врожденный иммунитет при коронавирусной инфекции // *Инфекция и иммунитет*. 2020. Т. 10, № 2. С. 259–268. EDN: WZIDLN doi: 10.15789/2220-7619-III-1440
- Топтыгина А.П., Семикина Е.Л., Закиров Р.Ш., Афридонова З.З. Сопоставление гуморального и клеточного иммунитета у переболевших COVID-19 // *Инфекция и иммунитет*. 2022. Т. 12, № 3. С. 495–504. EDN: UJQPUV 5 doi: 10.15789/2220-7619-COT-1809
- Dan J.M., Mateus J., Kato Y., et al. Immunological memory to SARS-CoV-2 assessed for up to 8 months after infection // *Science*. 2021. Vol. 371, N 6529. P. eabf4063. doi: 10.1126/science.abf4063
- Stephens D.S., McElrath M.J. COVID-19 and the path to immunity // *Jama*. 2020. Vol. 324, N 13. P. 1279–1281. doi: 10.1001/jama.2020.16656
- Grifoni A., Weiskopf D., Ramirez S. I., et al. Targets of T cell responses to SARS-CoV-2 coronavirus in humans with COVID-19 disease and unexposed individuals // *Cell*. 2020. Vol. 181, N 7. P. 1489–1501. doi: 10.1016/j.cell.2020.05.015
- Alotaibi F., Rytelowski M., Figueredo R., et al. CD5 blockade enhances ex vivo CD8<sup>+</sup> T cell activation and tumour cell cytotoxicity // *European Journal of Immunology*. 2020. Vol. 50, N 5. P. 695–704. doi: 10.1002/eji.201948309
- Freitas C.M.T., Johnson D.K., Weber K.S. T cell calcium signaling regulation by the co-receptor CD5 // *International Journal of Molecular Sciences*. 2018. Vol. 19, N 5. P. 1295. doi: 10.3390/ijms19051295

## REFERENCES

- Hathaway ED. American Indian and Alaska native people: Social vulnerability and COVID-19. *The Journal of Rural Health*. 2021;37(1):256–259. doi: 10.1111/jrh.12505
- Donaldson S, Adlard B, Odland JØ. Overview of human health in the Arctic: conclusions and recommendations. *International Journal of Circumpolar Health*. 2016;75:33807. doi: 10.3402/ijch.v75.33807
- Akimkin VG, Popova AY, Ploskireva AA, et al. COVID-19: the evolution of the pandemic in Russia. Report I: manifestations of the COVID-19 epidemic process. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*. 2022;99(3):269–286. EDN: ZXGTFD doi: 10.36233/0372-9311-276
- Troshina EA, Melnichenko GA, Senyushkina ES, Mokrysheva NG. Adaptation of the hypothalamo-pituitary-thyroid and hypothalamo-pituitary-adrenal systems to a new infectious disease — COVID-19 in the development of COVID-19 pneumonia and/or cytokine storm. *Clinical and Experimental Thyroidology*. 2020;16(1):21–27. EDN: ISXSTK doi: 10.14341/ket12461
- Kaufmann SH, Dorhoi A, Hotchkiss RS, Bartenschlager R. Host-directed therapies for bacterial and viral infections. *Nature Reviews Drug Discovery*. 2018;17(1):35–56. doi: 10.1038/nrd.2017.162
- Shanmugaraj B, Siriwananon K, Wangkanont K, Phoolcharoen W. Perspectives on monoclonal antibody therapy as potential therapeutic intervention for Coronavirus disease-19 (COVID-19). *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology*. 2020;38(1):10–18. doi: 10.12932/AP-200220-0773
- Knyazev S, Chhugani K, Sarwal V, et al. Unlocking capacities of genomics for the COVID-19 response and future pandemics. *Nature Methods*. 2022;19(4):374–380. doi: 10.1038/s41592-022-01444-z

8. Van Damme W, Dahake R, Delamou A, et al. The COVID-19 pandemic: diverse contexts; different epidemics — how and why? *BMJ Global Health*. 2020;5(7):e003098. doi: 10.1136/bmjgh-2020-003098
9. Smirnov VS, Totolyan AA. Innate immunity during coronavirus infection. *Russian Journal of Infection and Immunity*. 2020;10(2): 259–268. EDN: WZIDLN doi: 10.15789/2220-7619-III-1440
10. Toptygina AP, Semikina EL, Zakirov RSh, Afridonova ZE. Comparison of the humoral and cellular immunity in COVID-19 convalescents. *Russian Journal of Infection and Immunity*. 2022;12(3):495–504. EDN: UJQPUV doi: 10.15789/2220-7619-COT-1809
11. Dan JM, Mateus J, Kato Y, et al. Immunological memory to SARS-CoV-2 assessed for up to 8 months after infection. *Science*. 2021;371(6529):eabf4063. doi: 10.1126/science.abf4063
12. Stephens DS, McElrath MJ. COVID-19 and the path to immunity. *Jama*. 2020;324(13):1279–1281. doi: 10.1001/jama.2020.16656
13. Grifoni A, Weiskopf D, Ramirez SI, et al. Targets of T cell responses to SARS-CoV-2 coronavirus in humans with COVID-19 disease and unexposed individuals. *Cell*. 2020;181(7):1489–1501. doi: 10.1016/j.cell.2020.05.015
14. Alotaibi F, Rytelowski M, Figueredo R, et al. CD5 blockade enhances ex vivo CD8<sup>+</sup> T cell activation and tumour cell cytotoxicity. *European Journal of Immunology*. 2020;50(5):695–704. doi: 10.1002/eji.201948309
15. Freitas CMT, Johnson DK, Weber KS. T cell calcium signaling regulation by the co-receptor CD5. *International Journal of Molecular Sciences*. 2018;19(5):1295. doi: 10.3390/ijms19051295

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

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

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

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

**Сергеева Татьяна Борисовна**, канд. биол. наук;  
ORCID: 0000-0003-0745-3099;  
eLibrary SPIN: 6139-1758;  
e-mail: tanya--86@mail.ru

## AUTHORS' INFO

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

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

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

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

**Tatyana B. Sergeeva**, Cand. Sci. (Biology);  
ORCID: 0000-0003-0745-3099;  
eLibrary SPIN: 6139-1758;  
e-mail: tanya--86@mail.ru

\*Автор, ответственный за переписку / \*Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626008>

# Особенности пространственного распределения параметров слуховых когнитивных вызванных потенциалов Р300 у молодых людей с миопией

Р.Н. Зеленцов<sup>1</sup>, И.С. Кожевникова<sup>2,3</sup>, Л.В. Поскотинова<sup>2</sup><sup>1</sup> Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия;<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лавёрова Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, Россия;<sup>3</sup> Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Наибольшая доля лиц с впервые выявленной миопией у взрослых приходится на возраст 18–29 лет как у женщин (35,0%), так и у мужчин (59,9%). Нарушение аккомодации и рефракции у современных людей из-за высокой нагрузки на зрительную сенсорную систему в связи с цифровизацией многих сфер жизни ведет к риску развития изменений корковых процессов восприятия, переработки информации и, как следствие, когнитивных нарушений.

**Цель.** Изучить различия в характеристиках вызванных потенциалов Р300 у людей 21–23 лет с миопией и без офтальмопатологии.

**Материал и методы.** Выполнили офтальмологическое обследование 54 человек (34 девушек и 20 юношей) 21–23 лет (средний возраст — 22,3±0,1 года) из числа студентов вузов Архангельска. Участникам определяли некорригированную и максимально корригированную остроту зрения, величину клинической рефракции (в диоптриях), оценивали качественные изменения, а также запас относительной аккомодации (в диоптриях). Выявили, что в исследуемой выборке 32 участника без офтальмопатологии и 22 с установленным диагнозом «миопия». Провели запись параметров когнитивного вызванного слухового потенциала Р300 с использованием электроэнцефалографа «НейронСпектр-4/ВПМ» («Нейрософт», Россия). Полученные результаты обрабатывали с помощью статистического пакета программ SPSS.

**Результаты.** По данным слуховых вызванных потенциалов Р300, у лиц с миопией, в сравнении со здоровыми людьми, более удлиненное время принятия решения в височных, срединно-лобной и левой лобной областях головного мозга, а также сглажен переднезатылочный градиент амплитуды Р300 с относительно высокой амплитудой Р300 в левом затылочном отделе головного мозга.

**Заключение.** При изучении миопии следует большее внимание уделять функциональному состоянию коры головного мозга, так как увеличение времени обработки слуховой информации и задействованность левого и правого полушария с вовлечением затылочных областей головного мозга при обработке новой слуховой информации у людей с миопией могут быть связаны с функциональной переорганизацией коры головного мозга.

**Ключевые слова:** молодые люди; миопия; вызванные потенциалы Р300; обработка информации; зрительная кора; слуховая кора; головной мозг.

## Как цитировать:

Зеленцов Р.Н., Кожевникова И.С., Поскотинова Л.В. Особенности пространственного распределения параметров слуховых когнитивных вызванных потенциалов Р300 у молодых людей с миопией // Экология человека. 2023. Т. 30, № 11. С. 865–874. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626008>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626008>

# Spatial distribution of parameters of auditory cognitive evoked potentials P300 in young adults with myopia

Roman N. Zelentsov<sup>1</sup>, Irina S. Kozhevnikova<sup>2, 3</sup>, Liliya V. Poskotinova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia;

<sup>2</sup> N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia;

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

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Myopia typically presents itself between the ages of 18 and 29, affecting both women (35%) and men (59.9%). The prevalence of impaired accommodation and refraction in modern individuals can be attributed to the increased strain on visual sensory systems resulting from the widespread digitalization of various aspects of human life. This increased strain poses a potential risk for alterations in cortical processes related to perception and information processing, increasing the risk of cognitive impairment.

**AIMS:** To study the differences in the characteristics of evoked potentials P300 in 21–23 years old individuals with myopia compared to those without ophthalmic pathology.

**MATERIAL AND METHODS:** An ophthalmological examination was conducted on a group of young individuals aged 21–23 years (average age  $22.3 \pm 0.1$  years) residing in the city of Arkhangelsk. The participants were university students, totaling 54 individuals of both genders (34 females and 20 males). During the examination, uncorrected visual acuity, best-corrected visual acuity, and clinical refraction value (in diopters) were assessed for each participant, along with qualitative changes. Additionally, the reserve of relative accommodation (in diopters) was estimated based on the results of the accommodation study. The study sample consisted of 32 participants without ophthalmic pathology and 22 individuals diagnosed with myopia. The parameters of cognitive evoked auditory potential P300 were measured using an electroencephalograph «NeuronSpectrum-4/VPM» (Neurosoft, Russia) in both groups. The data were analyzed using the SPSS statistical software package.

**RESULTS:** Students with myopia had longer decision-making times compared to individuals with normal vision, as indicated by auditory evoked potentials P300. This effect was observed in the temporal, mid-frontal, and left frontal regions of the brain. Additionally, the anterior-occipital gradient of P300 amplitude was attenuated, with a high amplitude P300 in the left occipital region.

**CONCLUSION:** Assessment of myopia should be complemented with an examination of the functional status of the cerebral cortex. Extended auditory processing time, activation of both hemispheres and involvement of the occipital regions during the processing of auditory information may be a result of functional reorganization of the cerebral cortex in individuals with myopia.

**Keywords:** young people; myopia; P300 evoked potentials; information processing; visual cortex; auditory cortex; brain.

## To cite this article:

Zelentsov RN, Kozhevnikova IS, Poskotinova LV. Spatial distribution of parameters of auditory cognitive evoked potentials P300 in young adults with myopia. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(11):865–874. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626008>

Received: 25.01.2024

Accepted: 01.04.2024

Published online: 18.04.2024

## ВВЕДЕНИЕ

С появлением большого количества электронных носителей информации современному человеку стало важно фиксировать изображение, расположенное максимально близко, в лучшем случае на расстоянии вытянутой руки. Гаджеты сопровождают и детей, и взрослых на протяжении всего дня: на интерактивных уроках, дистанционной работе или учёбе, во время подготовки домашних заданий, проектов, отдыха и развлечений. Такая ситуация неминуемо ведёт к увеличению роста заболеваемости миопией (от 7 до 50% за последние сто лет). Манифестация симптоматики приходится на возраст 7–11 лет, независимо от пола ребёнка. Выраженное увеличение удельного веса случаев с впервые выявленной миопией со средней и высокой степенью приходится на возраст 10–14 лет, а в возрасте 15–17 лет в половине всех случаев выявленная миопия определяется уже в высокой степени. В подростковом возрасте периоды статической рефракции приближаются к эметропии, в результате чего создаются оптимальные условия для деятельности динамической рефракции. Вместе с тем усиленный рост организма в этом возрасте, а также адинамия могут оказывать неблагоприятное воздействие на цилиарную мышцу, способствуя её спастическому состоянию. Следствием этого является не только возникновение, но и прогрессирование миопии [1].

Сегодня близорукость — одна из самых распространённых причин потери зрения, при этом некорригированная миопия является основной причиной снижения остроты зрения вдаль. Выявленный рост близорукости высокой степени у населения с 2000 г. с прогнозом на период до 2050 г. [2] свидетельствует о выраженном прогнозируемом росте её распространения в глобальном масштабе. Так, в Восточной Азии наблюдается высокая распространённость миопии (от 80 до 90%) среди молодых людей, а миопия является основной причиной слепоты и слабовидения у жителей в данном регионе [3]. На территории Российской Федерации близорукость занимает второе место в структуре детской инвалидности и третье место — в инвалидности всего населения [4]. Миопия высокой степени является причиной 12,0% случаев слепоты и слабовидения, в 26,4% случаев приводит к инвалидности у детей и в 19,0% — у взрослых [5].

На примере Архангельской области показано, что наибольшая доля лиц с впервые выявленной миопией у взрослых приходится на возраст 18–29 лет как у женщин (35,0%), так и у мужчин (59,9%). Нарушение аккомодации и рефракции у современных людей из-за высокой нагрузки на зрительную сенсорную систему в связи с цифровизацией многих сфер жизни человека ведёт к риску развития изменений корковых процессов восприятия, переработки информации и, как следствие, когнитивных нарушений [6].

Исследователями показано, что объём кратковременной зрительной памяти у школьников 14–15 лет с миопией

несколько ниже по сравнению с лицами с нормальной остротой зрения. Более высокие показатели устойчивости и переключения внимания у подростков без нарушения рефракции. Скорость переключения внимания у школьников с аномалией рефракции в течение учебного года достоверно снижалась, в то время как у других подростков наблюдалась тенденция к её увеличению [6]. С таким офтальмологическим статусом в дальнейшем молодые люди поступают в вуз (в 17–18 лет), где зрительная нагрузка продолжает оставаться высокой. Компьютерный зрительный синдром со снижением остроты зрения наблюдается у студентов в связи с дистанционной формой обучения и цифровизацией образовательного процесса [7–9]. Не секрет, что без должных лечебных мероприятий явления компьютерно-зрительного синдрома ведут к развитию миопической рефракции во всех возрастных группах [10, 11]. Свой вклад в формирование миопии, в том числе вторичной, делает симпатикотония вследствие стресса [12, 13], в том числе связанного с образовательной деятельностью, сменой социально-экономического уклада жизни у студентов, прибывших на обучение из других регионов. Высокая миопия может обусловить развитие когнитивных нарушений разной степени и даже деменции. В последние годы изменилось представление о патогенезе миопии как заболевании, связанном не только с повреждением сетчатки, но и с нарушением функции головного мозга (повреждение системы «глаз–мозг») [14].

Электронейрофизиологический метод оценки показателей когнитивных вызванных потенциалов (ВП) P300 традиционно используется у лиц со сниженной функцией зрения с помощью зрительного афферентного канала. Параметры зрительного ВП P300 могут использоваться как дополнительный метод для оценки остроты зрения, представленный как «когнитивная» острота зрения [15, 16]. Метод когнитивных ВП с использованием слуховой сенсорной системы (время принятия решения при распознавании значимых акустических сигналов) позволит не только нивелировать возможные погрешности восприятия зрительной информации, которые могут повлиять на результаты тестирования, но и выявить новые нейрофизиологические компенсаторные возможности мозга при обработке сенсорной информации в условиях снижения зрительной функции. Феномен кросс-модальной пластичности мозга в зрительных и слуховых центрах коры мозга, который показан на слепых животных, обуславливает усиление функций обработки слуховой информации в зрительной коре. Показано, что нейронные связи билатеральной зрительной коры бинокулярно слепых макаков могут быть реорганизованы для обработки слуховых стимулов после зрительной депривации, и этот эффект более очевиден в правой, чем в левой зрительной коре [17]. С учётом того, что роль слуховой сенсорной системы у лиц с миопией повышается, предполагается, что при снижении зрения корковые представительства обработки когнитивной информации, полученной по слуховому каналу,



будут расширены — не только в теменных, височных (сенсорная обработка информации), центральных (двигательная реакция при принятии решения с нажатием кнопки) и лобных (программа принятие решения), но и в затылочных областях. Таким образом, представляется важным оценить пространственное церебральное распределение параметров слухового когнитивного ВП Р300 у молодых людей с миопией.

**Цель исследования.** Изучить различия в характеристиках ВП Р300 у людей 21–23 лет с миопией и без офтальмопатологии.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

**Дизайн:** поперечное исследование случайной выборки. Выполнили офтальмологическое обследование 54 человек (34 девушек и 20 юношей) 21–23 лет (средний возраст —  $22,3 \pm 0,1$  года) из числа студентов вузов Архангельска. Исследование проведено на базе консультативно-диагностической поликлиники Северного государственного медицинского университета.

**Критерии включения участников в исследование:** возраст 21–23 года, наличие подписанного информированного согласия на участие в исследовании, соответствие критериям 1-й и 2-й групп здоровья диспансерного наблюдения по классам, группам болезней, отдельным нозологическим формам, за исключением рефракционных нарушений.

**Критерии невключения в выборку:** психические (наличие выставленного диагноза по МКБ-10 F00–F99 — психические расстройства и расстройства поведения), неврологические (острое нарушение мозгового кровообращения и черепно-мозговые травмы в анамнезе), офтальмологические (наличие выставленного диагноза по МКБ-10 H00–H59 — болезни глаза и его придаточного аппарата, за исключением H52 — нарушения рефракции и аккомодации) заболевания, снижение слуха менее чем на уровне 25 дБ, симптомы острых инфекций или обострения хронических заболеваний (гипертонический криз, лихорадка, болевой синдром любой этиологии и т.д.) накануне или непосредственно перед обследованием.

В ходе исследования участникам определяли некорригированную остроту зрения (НКОЗ) и максимально корригированную остроту зрения (МКОЗ), величину клинической рефракции (в диоптриях), оценивали качественные изменения, а также по результатам исследования аккомодации — запас относительной аккомодации (в диоптриях).

На основании данных офтальмологического обследования участников исследования разделили на две группы: 1-я — офтальмологически здоровые (не имеющие заболеваний органа зрения); 2-я — пациенты с миопической рефракцией (слабой, средней и высокой степени), код по МКБ-10 — H52.1.

Поскольку половых различий между группами не выявлено, сформировали две группы (32 и 22 человека в каждой).

Все испытуемые были людьми с ведущей правой рукой.

Всем участникам исследования провели запись параметров когнитивного вызванного слухового потенциала Р300 с использованием электроэнцефалографа «Нейрон-Спектр-4/ВПМ» («Нейрософт», Россия).

Обследуемые находились в положении сидя с закрытыми глазами. Частота квантования сигнала ЭЭГ составляла 500 Гц, в полосе регистрации 0,5–35,0 Гц; сопротивление электродов — до 10 кОм; подача в случайной последовательности через наушники серии двух слуховых стимулов, среди которых есть частые (незначимые) и редкие (значимые); при появлении значимого стимула испытуемому необходимо было нажать на кнопку; условия стимуляции — бинауральная, длительность стимула — 50 мс, интенсивность — 80 дБ, период между стимулами — 1 с, частота тона — 2000 Гц (значимый стимул) и 1000 Гц (незначимый стимул); вероятность предъявления значимого стимула — 30% общего количества стимулов с числом усреднений до 25 для значимых стимулов и исключением сигналов, превышающих амплитуду 100 мкВ; оценивается амплитуда от пика до пика N2-P300 и латентность Р300 в ЭЭГ-отведениях согласно международной схеме «10–20» [18].

Оценивали распределение признака на нормальность. Для выявления различий между показателями у сравниваемых групп использовали критерий Манна-Уитни, для описательной статистики признаков — медиану (Me) и интервал значений от первого (Q1) до третьего (Q3) квартиля, абсолютное и процентное отношение. Критический уровень значимости ( $p$ ) при проверке статистических гипотез в исследовании принимали равным 0,05. Полученные результаты обрабатывали с помощью статистического пакета программ SPSS.

Исследование проводили с соблюдением всех требований Хельсинкской декларации, все участники дали добровольное информированное письменное согласие на участие в исследовании. Исследование одобрено локальным этическим комитетом (протокол № 06/09-23 от 27.09.2023).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Распределение обследованных лиц по видам миопии и по полу в случайной выборке представлено в табл. 1. Преобладали лица с миопией слабой степени (29,6% случаев).

При анализе основных показателей выявлено статистически значимое снижение показателя ( $p=0,001$ ) НКОЗ как при сравнении с группой без офтальмопатологии, так и при сравнении групп с миопической рефракцией в зависимости от увеличения степени близорукости. Так,

**Таблица 1.** Распределение участников исследования по видам миопии и полу при офтальмологическом обследовании**Table 1.** Distribution of ophthalmological study participants by type of myopia and by sex

Пол Gender	Без патологии глаз, абс. (%) Without eye pathology, abs. (%)	Миопия слабой степени, абс. (%) Mild myopia, abs. (%)	Миопия средней степени, абс. (%) Medium myopia, abs. (%)	Миопия высокой степени, абс. (%) Severe myopia, abs. (%)
Мужской   Male	12 (22,2)	6 (11,1)	1 (1,9)	1 (1,9)
Женский   Female	20 (37,0)	10 (18,5)	4 (7,4)	0 (0,0)
Всего   Total	32 (59,3)	16 (29,6)	5 (9,3)	1 (1,9)

в среднем острота зрения без коррекции в группе без офтальмопатологии составила 1,0; в группе с миопической рефракцией слабой степени (от -0,5 до -3,0 дптр) — 0,1, средней степени (от -3,25 до -6,0 дптр) — 0,1, высокой степени (свыше -6,25 дптр) — 0,01.

В группах с различной степенью близорукости оценивали МКОЗ. Статистически значимых отличий в группе с МКОЗ при сравнении групп со слабой, средней и высокой степенью миопии не выявили ( $p=0,400$ ).

На практике в ходе офтальмологического приёма, как правило, оценивается запас относительной аккомодации (положительная часть объёма аккомодации). При оценке данного показателя выявлено уменьшение положительной части объёма аккомодации. Так, при отсутствии офтальмопатологии данный показатель оставил в среднем -4,43 дптр. При сравнении групп с различной степенью миопии также было выявлено снижение данного показателя. При слабой степени близорукости положительная часть объёма аккомодации составила в среднем -3,6 дптр, при средней и высокой степенях — -3,2 дптр и -2,0 дптр соответственно. Отличия были статистически значимы ( $p=0,0037$ ).

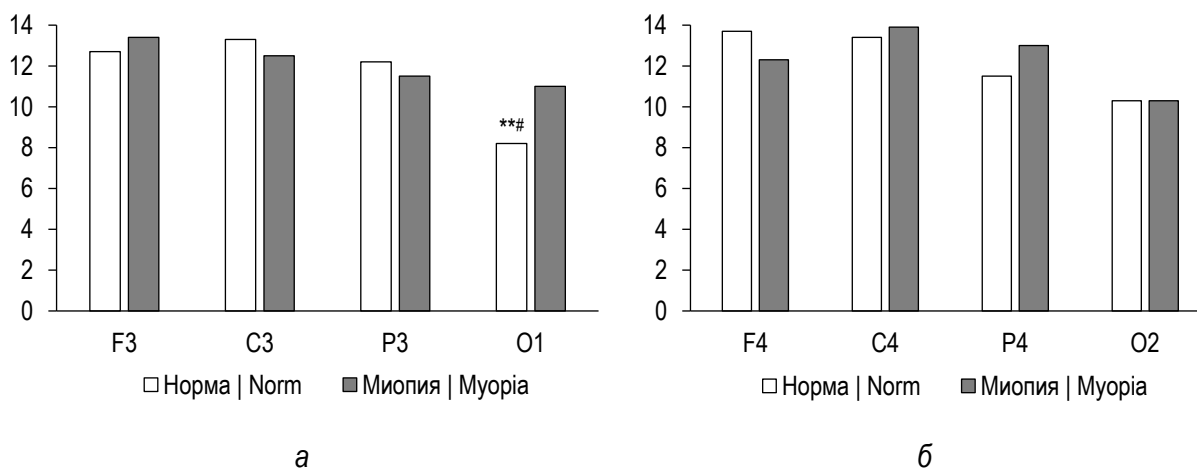
Полученные в результате исследования слуховых когнитивных ВП Р300 значения латентности и амплитуды

пиков ВП Р300 в группах участников без офтальмопатологии и с установленным диагнозом «миопия» представлены в табл. 2.

У лиц с миопической рефракцией, в сравнении с группой офтальмологически здоровых людей, фиксируется тенденция удлинения времени принятия решения (латентность Р300) при распознавании значимого слухового стимула во всех отведениях, но статистически значимо в передневисочных (F7, F8), средневисочных (T3, T4), левом лобном (F3) и лобно-срединном (Fz) отделах головного мозга.

Статистически значимых различий амплитуд ВП Р300 в каждом изучаемом отведении ЭЭГ между группами не выявлено. Однако были обозначены различия переднезаднего градиента распределения величин амплитуд ВП Р300 в группах здоровых лиц и с миопией (рис. 1).

У здоровых лиц выражен переднезатылочный градиент амплитуд Р300 в виде более низкой амплитуды в затылочном отведении ЭЭГ в сравнении с передними отделами, но статистически значимо — в левом полушарии головного мозга. Так, в затылочном отведении слева амплитуда Р300 была значимо меньше, чем в лобном ( $p=0,009$ ), центральном ( $p=0,008$ ) и теменном ( $p=0,04$ ) отделах головного мозга. Как у здоровых, так и у лиц



**Рис. 1.** Распределение показателей переднезатылочного градиента по амплитуде (мкВ) Р300 вызванных потенциалов Р300 у здоровых людей и у людей с миопией (мкВ): а — левое полушарие; б — правое полушарие (\*\* $p < 0,01$  между O1 и F3, O1 и C3; # $p < 0,05$  между O1 и P3).

**Fig. 1.** Distribution of antero-occipital gradient indices by amplitude (mcV) P300 evoked potentials P300 in healthy people and in people with myopia (mcV): а — left hemisphere; б — the right hemisphere (\*\* $p < 0,01$  between O1 and F3, O1 and C3; # $p < 0,05$  between O1 and P3).

**Таблица 2.** Показатели латентности и амплитуды P300 у молодых людей 21–23 лет с нормальным зрением и миопией, Me (Q1; Q3)  
**Table 2.** Indicators of latency and amplitude of P300 in young people aged 21–23 years without ophthalmopathy and with myopia, Me (Q1; Q3)

Параметр Parameter	Группа без офтальмопатологии (n=32) Group without ophthalmopathy (n=32)	Группа с миопией (n=22) Group with myopia (n=22)	p
<b>Латентность, мс   Latency, ms</b>			
F3	286,1 (268,0; 300,0)	301,7 (283,0; 323,4)	0,046
F4	286,0 (274,8; 304,1)	300,8 (291,0; 315,5)	0,052
C3	289,0 (269,0; 300,8)	297,0 (270,9; 314,1)	0,284
C4	282,1 (270,0; 302,8)	296,0 (268,1; 306,1)	0,540
P3	280,0 (262,0; 300,2)	292,2 (266,1; 307,5)	0,500
P4	277,0 (266,0; 295,0)	287,0 (265,8; 300,2)	0,389
F7	285,8 (260,3; 312,8)	308,8 (288,8; 326,1)	0,038
F8	285,8 (260,2; 312,8)	302,8 (288,8; 316,1)	0,042
T3	285,8 (263,0; 305,5)	302,8 (288,8; 316,1)	0,035
T4	281,0 (268,1; 296,1)	298,8 (282,5; 308,8)	0,048
T5	283,8 (264,0; 321,4)	292,2 (276,0; 315,5)	0,500
T6	281,0 (266,5; 304,8)	288,0 (278,5; 304,8)	0,366
Fz	284,0 (272,0; 305,5)	305,5 (292,0; 318,8)	0,016
Cz	278,9 (263,5; 296,1)	295,0 (268,9; 302,1)	0,240
Pz	270,0 (254,8; 288,1)	288,0 (262,0; 301,5)	0,240
O1	272,9 (254,0; 289,0)	284,0 (256,0; 297,1)	0,285
O2	269,0 (252,4; 289,1)	286,0 (265,1; 299,7)	0,193
<b>Амплитуда, мкВ   Amplitude, <math>\mu</math>V</b>			
F3	12,7 (9,8; 16,0)	13,4 (9,3; 16,3)	0,950
F4	13,7 (10,2; 18,0)	12,3 (10,0; 13,9)	0,464
C3	13,3 (8,53; 15,2)	12,5 (8,15; 14,6)	0,660
C4	13,4 (7,7; 17,4)	13,9 (9,5; 16,5)	0,900
P3	12,2 (8,4; 14,2)	11,6 (8,2; 15,0)	0,916
P4	11,5 (9,4; 14,7)	13,0 (8,0; 13,9)	0,477
F7	9,3 (7,1; 12,0)	8,4 (6,5; 11,9)	0,645
F8	10,3 (7,7; 15,8)	9,2 (7,6; 10,9)	0,477
T3	9,7 (7,5; 13,0)	9,6 (7,0; 12,5)	0,867
T4	10,0 (8,2; 15,5)	9,3 (7,3; 12,5)	0,286
T5	7,7 (5,2; 11,0)	8,0 (6,0; 10,9)	0,544
T6	8,3 (5,9; 12,8)	9,2 (6,4; 11,9)	0,706
Fz	13,7 (9,7; 16,2)	13,6 (10,5; 15,9)	0,949
Cz	14,3 (9,2; 17,2)	11,8 (9,3; 18,6)	0,645
Pz	11,8 (9,13; 15,3)	10,9 (9,3; 15,1)	0,767
O1	8,22 (6,6; 10,9)	11,0 (7,4; 13,5)	0,132
O2	10,3 (8,0; 14,3)	10,3 (7,8; 12,0)	0,544

с миопией была тенденция снижения амплитуды P300 в затылочном отведении ЭЭГ в правом полушарии мозга. Однако у лиц с миопией в левом полушарии амплитуда P300 в затылочном отведении ЭЭГ оставалась выраженной статистически на уровне передних отделов головного мозга.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Используемая нами методика когнитивных ВП P300 со значимыми акустическими, а не зрительными сигналами позволила установить влияние миопической рефракции у участников исследования на скорость и особенность обработки поступающей информации: по данным слуховых ВП P300, у лиц с миопией, в сравнении со здоровыми людьми, более удлиненное время принятия решения в височных, срединно-лобной и левой лобной областях головного мозга, а также сглажен переднезатылочный градиент амплитуды P300 с относительно высокой амплитудой P300 в левом затылочном отделе головного мозга.

Основой целенаправленной деятельности человека является функциональная система достижения результата [19]. Принятие решения как основа когнитивной деятельности с участием акцептора действия происходит как результат афферентного синтеза, обработки афферентной информации всех модальностей, но в большей степени зрительной [15, 20]. На фоне близорукости происходит значительное снижение вклада зрительной афферентной информации, повышение значимости получения информации от других каналов, в том числе слухового, что может быть основой относительного удлинения времени принятия решения у лиц с миопической рефракцией [21].

Зрительная кора головного мозга принимает участие в окончательном формировании и восприятии зрительного образа. С помощью электрофизиологических исследований показано, что у людей с миопией обнаруживается аномальное церебральное зрение, которое отражает изменение функции всей зрительной нервной системы, начиная с сетчатки и заканчивая зрительной корой (зрительный сигнал, генерируемый глазом, получающим внешнюю световую стимуляцию, по зрительному пути достигает зрительного центра, обрабатывается и интегрируется зрительным центром, формируя субъективное ощущение, называемое мозговым зрением), по всей видимости, изменяется механизм нейронной регуляции восприятия и обработки информации на церебральном уровне у лиц с близорукостью [18, 21].

В ходе исследования распределения слуховых ВП P300 выявили изменение пространственной локализации данных потенциалов, что даёт повод говорить о пластичности мозговой деятельности и возможности её изменения на фоне снижения зрительных функций. В основе данных изменений, вероятно, лежат процессы функциональной реорганизации нервной системы в ответ на снижение внешнего (зрительного) стимула [22]. Данные изменения

могут происходить путём преобразования структуры, функций или связей в тканях головного мозга [23].

Поскольку все испытуемые в нашем исследовании были с ведущей правой рукой, можно говорить о том, что обработка моторной информации при нажатии кнопки правой рукой у лиц с миопией не даёт той десинхронизации биоэлектрической активности мозга на контралатеральной стороне моторной активности, по сравнению со здоровыми людьми.

Таким образом, у лиц с миопией фиксируется особый характер пространственного церебрального распределения латентности и амплитуд ERPs, а именно — относительное увеличение времени принятия решения в зонах мозга, особенно связанных с медиобазальными структурами головного мозга (височные отделы) и в левой лобной области. Выявлены различия в распределении латентностей P300 с межполушарной асимметрией, что может говорить о новой функциональной адаптации коры головного мозга у людей со сниженным зрением и включением процессов нейропластичности [17]. Отсутствие достоверных различий амплитуд P300 между затылочными и передними областями мозга, как в левом, так и в правом полушариях, вероятно, может свидетельствовать о задействовании всей коры у лиц с миопией при обработке поступающей информации [18].

Вероятно, на фоне близорукости происходит значительное снижение вклада зрительной афферентной информации, повышение значимости получения информации от других каналов, в том числе слухового, что может быть основой относительного удлинения времени принятия решения у лиц с миопией.

Полученные результаты привели нас к пониманию того, что механизмы, регулирующие пластичность, не только более изменчивы, чем считалось ранее, но могут формироваться и в зрелом мозге. Хотя пластичность сенсорных систем наиболее высока в ограниченные по времени периоды раннего развития, регуляторами пластичности во взрослом мозге можно рассматривать воздействие различных нейромодуляторов, оказывающих влияние на обработку сенсорной информации. Ухудшение сенсорных входных сигналов может вызывать пластичность первичной сенсорной коры, возможно, в результате адаптивного механизма, способствующего перестройке кортикальной связи, похожие результаты были получены и другими исследователями. P. Voss и соавт. высказали идею о том, что механизмы пластичности могут действовать на протяжении всей жизни. Данная идея предполагает, что многие функциональные свойства сенсорных нейронов могут быть изменены [24]. Вышеописанные механизмы можно рассматривать как нейрофизиологическую основу высокой амплитуды слуховых ВП P300 в зоне зрительной коры у миопов.

Известно, что при обработке новой когнитивной информации задействовано в большей степени правое полушарие головного мозга. В свою очередь, когда

информация приобретает рутинный характер, приоритет в её обработке смещается в область левого полушария [25]. Полученные результаты свидетельствуют об увеличении активности нейронов левого полушария головного мозга, участвующих в формировании слуховых ВП Р300, у лиц с близорукостью, что свидетельствует об адаптации коры головного мозга к изменениям восприятия сенсорной информации. Приоритет представленной информации слева отражает длительность, сформированность и закрепление данного процесса.

Исходя из полученных данных, представляется важным проведение исследования слуховых когнитивных ВП Р300 у лиц с миопией с целью выявления возможных предикторов когнитивных нарушений у данной группы пациентов. Выраженное замедление времени обработки информации, по данным ВП Р300, на фоне сглаживания переднезатылочного градиента амплитуды ВП Р300 у лиц с миопией можно также рассматривать в качестве скрининговых предикторов в оценке риска когнитивных нарушений. Данные предикторы могут быть основанием для рекомендации к углубленному обследованию когнитивных функций у лиц с миопией с помощью методов нейропсихологического тестирования.

С учётом масштаба распространённости миопии в мире [2, 3, 6] и неуклонного роста цифровизации современного пространства и образовательной среды [9] актуально изучение вопросов профилактики и ранней диагностики когнитивных нарушений у лиц, страдающих близорукостью.

Ограничения исследования связаны с небольшим объёмом выборки, что не позволило провести анализ параметров слуховых когнитивных ВП Р300 с учётом различной степени близорукости. Перспектива дальнейших исследований предполагает более дифференцированный подход в оценке нейрофизиологических коррелятов риска развития когнитивных нарушений с учётом степени выраженности миопии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным слуховых когнитивных ВП Р300, у лиц с миопией, в сравнении со здоровыми людьми, более

удлиненное время принятия решения в височной, срединно-лобной и левой лобной областях головного мозга, а также сглажен переднезатылочный градиент амплитуды Р300 с относительно высокой амплитудой Р300 в левом затылочном отделе головного мозга. Увеличение времени обработки слуховой информации у молодых людей с миопией может быть связано с функциональной реорганизацией коры головного мозга, а именно задействованности как левого, так и правого полушария с вовлечением затылочных областей при обработке новой слуховой информации.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

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

**Источник финансирования.** Работа выполнена в рамках научного проекта № 23–75–01072 «Электронейрофизиологические механизмы риска когнитивных дисфункций у лиц с миопией», поддержанного Российским научным фондом.

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

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

## ADDITIONAL INFORMATION

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

**Funding source.** The work is a part of the project No. 23–75–01072 “Electroneurophysiological mechanisms of the risk of cognitive dysfunction in persons with myopia” supported by the Russian Science Foundation.

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

**Patients’ consent.** Written consent was obtained from all the study participants according to the study protocol, which was approved by the local ethic committee.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Новикова Е.И., Надежкина Е.Ю., Мужиченко М.В. Влияние миопии на когнитивные функции учащихся пубертатного возраста // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2016. Т. 13, № 3. С. 41–43. EDN: WMIDVD doi: 1994-9480/article/view/118995
- Holden B.A., Fricke T.R., Wilson D.A., et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050 // *Ophthalmology*. 2016. Vol. 123, N 5. P. 1036–1042. doi: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006
- Wu P.C., Huang H.M., Yu H.J., et al. Epidemiology of myopia // *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2016. Vol. 5, N 6. P. 386–393. doi: 10.1097/APO.0000000000000236
- Какорина Е.П. Заболеваемость населения по субъектам РФ по данным на 2007 г.: доклад / Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации, Департамент развития медицинской помощи и курортного дела и ФГУ «ЦНИИОИЗ Минздравсоцразвития России». М., 2008.
- Либман Е.С., Шахова Е.В. Слепота и инвалидность вследствие патологии органа зрения в России // Вестник офтальмологии. 2006. Т. 122, № 1. С. 35–37. EDN: UBPWZB
- Зеленцов Р.Н., Унгурияну Т.Н., Поскотинова Л.В. Возрастные аспекты заболеваемости миопией на европейском севере России // *Экология человека*. 2022. Т. 29, № 1. С. 19–26. EDN: IHPCKF doi: 10.17816/humeco84128



7. Шершнёва К.С., Эйман Д.О. Распространенность компьютерного зрительного синдрома среди студентов в связи с дистанционной формой обучения // *Scientist (Russia)*. 2022. № 1. С. 22–24. EDN: JVVQYK
8. Шубочкина Е.И., Блинова Е.Г., Иванов В.Ю., Айзятова М.В. Безопасность цифровой образовательной среды для здоровья старшеклассников и студентов вуза при дистанционном обучении // *Санитарный врач*. 2023. № 4. С. 233–241. EDN: XWITUF doi: 10.33920/med-08-2304-04
9. Лангуев К.А., Богомолова Е.С. Гигиенические проблемы цифровой образовательной среды и пути их разрешения (обзор) // *Санитарный врач*. 2022. № 7. С. 483–491. EDN: QBJASL doi: 10.33920/med-08-2207-05
10. Wu P.C., Chen C.T., Lin K.K., et al. Myopia prevention and outdoor light intensity in a school-based cluster randomized trial // *Ophthalmology*. 2018. Vol. 125, N 8. P. 1239–1250. doi: 10.1016/j.ophtha.2017.12.011
11. Трубилин В.Н., Юдин В.Е., Овечкин И.Г., и др. Современные аспекты компьютерного зрительного синдрома // *Клиническая практика*. 2021. Т. 12, № 3. С. 43–50. EDN: GMQMIХ doi: 10.17816/clinpract71366
12. Lin S., Zhu B., Wang T., et al. Sympathetic nervous system activity is associated with choroidal thickness and axial length in school-aged children // *Br J Ophthalmol*. 2024. Vol. 108, N 3. P. 405–410. doi: 10.1136/bjo-2022-322165
13. Сетко Н.П., Булычева Е.В., Ясин И.А., Апрелев А.Е. Сравнительная характеристика функционального состояния вегетативной и центральной нервной систем у учащихся в зависимости от наличия и степени миопии // *Гигиена и санитария*. 2020. Т. 99, № 4. С. 394–398. EDN: BCZORQ doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-4-394-398
14. Li K., Wang Q., Wang L., Huang Y. Cognitive dysfunctions in high myopia: An overview of potential neural morpho-functional mechanisms // *Front Neurol*. 2022. Vol. 13. P. 1022944. doi: 10.3389/fneur.2022.1022944
15. Heinrich S.P., Marhöfer D., Bach M. «Cognitive» visual acuity estimation based on the event-related potential P300 component // *Clin Neurophysiol*. 2010. Vol. 121, N 9. P. 1464–1472. doi: 10.1016/j.clinph.2010.03.030
16. Beusterien M.L., Heinrich S.P. P300-based acuity estimation in imitated amblyopia // *Doc Ophthalmol*. 2018. Vol. 136, N 1. P. 69–74. doi: 10.1007/s10633-017-9617-7
17. Wang R., Wu L., Tang Z., et al. Visual cortex and auditory cortex activation in early binocularly blind macaques: A BOLD-fMRI study using auditory stimuli // *Biochem Biophys Res Commun*. 2017. Vol. 485, N 4. P. 796–801. doi: 10.1016/j.bbrc.2017.02.133
18. Гнездицкий В.В., Корепина О.С., Чацкая А.В., Клочкова О.И. Память, когнитивность и эндогенные вызванные потенциалы мозга: оценка нарушения когнитивных функций и объёма оперативной памяти без психологического тестирования // *Успехи физиологических наук*. 2017. Т. 48, № 1. С. 3–23. EDN: YKVECХ
19. Лапкин М.М., Кирюшин В.А., Козеевская Н.А. П.К. Анохин — создатель теории функциональной системы (к 120-летию со дня рождения академика Петра Кузьмича Анохина) // *Российский медико-биологический вестник им. акад. И.П. Павлова*. 2018. Т. 26, № 1. С. 47–58. EDN: YVOZAA doi: 10.23888/PAVLOVJ201826147-58
20. Vázquez-Marrufo M., Del Barco-Gavala A., Galvao-Carmona A., Martín-Clemente R. Reliability analysis of individual visual P1 and N1 maps indicates the heterogeneous topographies involved in early visual processing among human subjects // *Behav Brain Res*. 2021. Vol. 397. P. 112930. doi: 10.1016/j.bbr.2020.112930
21. Sheng G., Ailing B.I., Hongsheng B.I. Research status and prospect on the cerebral vision in myopic patients // *Chinese Journal of Experimental Ophthalmology*. 2023. Vol. 41, N 8. P. 812–817. doi: 10.3760/cma.j.cn115989-20220204-00035
22. Mateos-Aparicio P., Rodríguez-Moreno A. The impact of studying brain plasticity // *Front Cell Neurosci*. 2019. Vol. 13. P. 66. doi: 10.3389/fncel.2019.00066
23. Puderbaugh M., Emmady P.D. *Neuroplasticity* // StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
24. Voss P., Thomas M.E., Cisneros-Franco J.M., de Villiers-Sidani É. Dynamic brains and the changing rules of neuroplasticity: implications for learning and recovery // *Front Psychol*. 2017. Vol. 8. P. 1657. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01657
25. Turnbull O. The executive brain: frontal lobes and the civilized mind // *Neuropsychoanalysis*. 2002. Vol. 4, N 2. P. 206–208. doi: 10.1080/15294145.2002.10773402

## REFERENCES

1. Novikova EI, Nadezhkina EYu, Muzhichenko MV. Effects of myopia on cognitive functions of students during puberty. *Journal of Volgograd State Medical University*. 2016;13(3):41–43. EDN: WMIDVD doi: 1994-9480/article/view/118995
2. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*. 2016;123(5):1036–1042. doi: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006
3. Wu PC, Huang HM, Yu HJ, et al. Epidemiology of myopia. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2016;5(6):386–393. doi: 10.1097/APO.0000000000000236
4. Kakorina EP. Morbidity of the population in the subjects of the Russian Federation according to data for 2007: report. Moscow, 2008. (In Russ.).
5. Libman ES, Shakhova EV. Blindness and disability due to pathology of the organ of vision in Russia. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2006;122(1):35–37. EDN: UBPWZB
6. Zelentsov RN, Unguryanu TN, Poskotinova LV. Age-related aspects of myopia incidence in the European North of Russia. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(1):19–26. EDN: IHPCKF doi: 10.17816/humeco84128
7. Shershneva KS, Eichman DO. Prevalence of computer vision syndrome among students due to distance learning. *Scientist (Russia)*. 2022;(1):22–24. EDN: JVVQYK
8. Shubochkina EI, Blinova EG, Ivanov VYu, Aizyatova MV. Safety of digital learning environment for the health of high school and university students in distance learning. *Sanitary Doctor*. 2023;(4):233–241. EDN: XWITUF doi: 10.33920/med-08-2304-04
9. Languev KA, Bogomolova ES. Hygienic problems of the digital educational environment and ways to solve them (review). *Sanitary Doctor*. 2022;(7):483–491. EDN: QBJASL doi: 10.33920/med-08-2207-05

10. Wu PC, Chen CT, Lin KK, et al. Myopia prevention and outdoor light intensity in a school-based cluster randomized trial. *Ophthalmology*. 2018;125(8):1239–1250. doi: 10.1016/j.ophtha.2017.12.011
11. Trubilin VN, Yudin VE, Ovechkin IG, et al. Modern aspects of computer visual syndrome. *Journal of Clinical Practice*. 2021;12(3):43–50. EDN: GMQMIX doi: 10.17816/clinpract71366
12. Lin S, Zhu B, Wang T, et al. Sympathetic nervous system activity is associated with choroidal thickness and axial length in school-aged children. *Br J Ophthalmol*. 2024;108(3):405–410. doi: 10.1136/bjo-2022-322165
13. Setko NP, Bulycheva EV, Yasin IA, Aprelev AE. Comparative characteristics of the functional state of the autonomous and central nervous systems depending on the presence and degree of myopia in students. *Hygiene and Sanitation*. 2020;99(4):394–398. EDN: BCZORQ doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-4-394-398
14. Li K, Wang Q, Wang L, Huang Y. Cognitive dysfunctions in high myopia: An overview of potential neural morpho-functional mechanisms. *Front Neurol*. 2022;13:1022944. doi: 10.3389/fneur.2022.1022944
15. Heinrich SP, Marhöfer D, Bach M. «Cognitive» visual acuity estimation based on the event-related potential P300 component. *Clin Neurophysiol*. 2010;121(9):1464–1472. doi: 10.1016/j.clinph.2010.03.030
16. Beusterien ML, Heinrich SP. P300-based acuity estimation in imitated amblyopia. *Doc Ophthalmol*. 2018;136(1):69–74. doi: 10.1007/s10633-017-9617-7
17. Wang R, Wu L, Tang Z, et al. Visual cortex and auditory cortex activation in early binocularly blind macaques: A BOLD-fMRI study using auditory stimuli. *Biochem Biophys Res Commun*. 2017;485(4):796–801. doi: 10.1016/j.bbrc.2017.02.133
18. Gnezditskiy VV, Korepina OS, Chatskaya AV, Klochkova OI. Memory, cognition and the endogenous evoked potentials of the brain: the estimation of the disturbance of cognitive functions and capacity of working memory without the psychological testing. *Progress in Physiological Science*. 2017;48(1):3–23. EDN: YKVECX
19. Lapkin MM, Kiryushin VA, Kozeevskaya NA. P.K. Anokhin is the founder of theory of functional systems (to 120th birthday anniversary of academician Pyotr Kuzmich Anokhin). *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2018;26(1):47–58. EDN: YVOZAA doi: 10.23888/PAVLOVJ201826147-58
20. Vázquez-Marrufo M, Del Barco-Gavala A, Galvao-Carmona A, Martín-Clemente R. Reliability analysis of individual visual P1 and N1 maps indicates the heterogeneous topographies involved in early visual processing among human subjects. *Behavioural Brain Research*. 2021;397:112930. doi: 10.1016/j.bbr.2020.112930
21. Sheng G, Ailing BI, Hongsheng BI. Research status and prospect on the cerebral vision in myopic patients. *Chinese Journal of Experimental Ophthalmology*. 2023;41(8):812–817. doi: 10.3760/cma.j.cn115989-20220204-00035
22. Mateos-Aparicio P, Rodríguez-Moreno A. The impact of studying brain plasticity. *Front Cell Neurosci*. 2019;13:66. doi: 10.3389/fncel.2019.00066
23. Puderbaugh M, Emmady PD. Neuroplasticity. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
24. Voss P, Thomas ME, Cisneros-Franco JM, de Villers-Sidani É. Dynamic brains and the changing rules of neuroplasticity: implications for learning and recovery. *Front Psychol*. 2017;8:1657. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01657
25. Turnbull O. The executive brain: frontal lobes and the civilized mind. *Neuropsychanalysis*. 2002;4(2):206–208. doi: 10.1080/15294145.2002.10773402

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**\*Зеленцов Роман Николаевич**, канд. мед. наук, доцент;  
адрес: Россия, 163000, Архангельск, пр. Троицкий, 51;  
ORCID: 0000-0002-4875-0535;  
eLibrary SPIN: 9312-3211;  
e-mail: zelentsovrn@gmail.com

**Кожевникова Ирина Сергеевна**, канд. биол. наук;  
ORCID: 0000-0001-7194-9465;  
eLibrary SPIN: 2441-2363;  
e-mail: kogechnikovais@yandex.ru

**Поскотинова Лилия Владимировна**, д-р биол. наук,  
канд. мед. наук, доцент;  
ORCID: 0000-0002-7537-0837;  
eLibrary SPIN: 3148-6180;  
e-mail: liliya200572@mail.ru

## AUTHORS' INFO

**\*Roman N. Zelentsov**, MD, Cand. Sci. (Medicine),  
Associate Professor;  
address: 51 Troitskiy ave., Arkhangelsk, 163000, Russia;  
ORCID: 0000-0002-4875-0535;  
eLibrary SPIN: 9312-3211;  
e-mail: zelentsovrn@gmail.com

**Irina S. Kozhevnikova**, Cand. Sci. (Biology);  
ORCID: 0000-0001-7194-9465;  
eLibrary SPIN: 2441-2363;  
e-mail: kogechnikovais@yandex.ru

**Liliya V. Poskotinova**, Dr. Sci. (Biology), MD, Cand. Sci. (Medicine),  
Associated Professor;  
ORCID: 0000-0002-7537-0837;  
eLibrary SPIN: 3148-6180;  
e-mail: liliya200572@mail.ru

\*Автор, ответственный за переписку / \*Corresponding author