

# ЭКОЛОГИЯ

## Ч Е Л О В Е К А

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

12.2020

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северный государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Основан в 1994 году

Основным направлением деятельности журнала является публикация научных исследований, посвященных проблемам экологии человека и имеющих как фундаментальное, так и прикладное значение. В журнале публикуются оригинальные статьи, обзоры и краткие сообщения по всем аспектам экологии человека и общественного здоровья. Предназначен для публикации материалов кандидатских и докторских диссертаций.

**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** – Г. Б. Чецкая (Архангельск)

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

**Редактор** Н. С. Дурасова **Переводчик** О. В. Калашникова **Дизайн обложки и верстка** Г. Е. Волкова

Перепечатка текстов без разрешения журнала запрещена. При цитировании материалов ссылка на журнал обязательна

Адрес редакции и издателя: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, 51.

Тел. (8182) 20-65-63; e-mail: rio@nsmu.ru; rionsmu@yandex.ru

Адрес типографии:

ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51. Тел. (8182) 28-56-64, факс (8182) 20-61-90

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

Подписано в печать 15.12.20. Дата выхода в свет 22.12.20. Формат 60×90/8. Печать цифровая.

Уч.-изд. л. 7,8. Тираж 1000 экз., зак. 2308.

Индекс 20454. Цена свободная

© Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

# HUMAN

---

# E C O L O G Y

PEER-REVIEWED SCIENTIFIC JOURNAL

12.2020

**Publisher - Northern State Medical University**  
**In continuous publication since 1994**

Human Ecology is a peer-reviewed nationally and internationally circulated Russian journal with the main focus on research and practice in the fields of human ecology and public health. The Journal publishes original articles, reviews, short communications, educational materials and news. The primary audience of the Journal includes health professionals, environmental specialists, researchers and doctoral students. The journal is recommended by the Higher Attestation Committee of the Russian Federation for publication of materials from doctoral theses in health sciences.

**Editor-in-Chief** - A. M. Grijbovski (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** - G. B. Chetskaya (Arkhangelsk)

**Editorial Council:** I. N. Bolotov (Arkhangelsk), R. V. Buzinov (Arkhangelsk), P. Weihe (Faroe Islands), M. Gissler (Finland/Sweden), L. N. Gorbatova (Arkhangelsk), A. V. Griбанov (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. F. Kiku (Vladivostok), 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)

**Editor** N. S. Durasova **Translator** O. V. Kalashnikova **Cover design and make-up** G. E. Volkova

Editorial office: Troitsky Ave. 51, 163000 Arkhangelsk, Russia.

Tel. +7 (8182) 20 65 63; email: rio@nsmu.ru; rionsmu@yandex.ru

Publisher: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Northern State Medical University»  
of Ministry of Healthcare of Russian Federation

Troitsky Ave. 51, 163000 Arkhangelsk, Russia. Tel. +7 (8182) 28 56 64, fax +7 (8182) 20 61 90.

Registered by the Federal Supervision Agency for Information Technologies and Communications on 20.03.2020.

Registration number ПИ № ФС 77-78166.

Format 60×90/8. Digital printing. Index 20454. Free price

© Northern State Medical University, Arkhangelsk

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЦИРКУМПОЛЯРНАЯ МЕДИЦИНА

**Пряничников С. В.**

Психофизиологическое состояние организма в зависимости от длительности пребывания в высоких широтах Арктики ..... 4

### ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

**Чанчаева Е. А., Лапин В. С., Кузнецова О. В.,  
Куриленко Т. Н., Айзман Р. И.**

Анализ содержания тяжелых металлов в шерсти животных городской среды Республики Алтай ..... 11

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**Безкишкий Э. Н., Иванов А. О., Ерошенко А. Ю.,  
Барачевский Ю. Е., Шатов Д. В., Танова А. А.,  
Линченко С. Н., Groшилин С. М.**

Физиологическое обоснование выбора состава искусственных газовых сред, потенциально применимых для повышения пожаробезопасности обитаемых гермообъектов ..... 18

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

**Бочаров М. И., Шилов А. С.**

Организация биоэлектрических процессов сердца при разной степени острой нормобарической гипоксии у здоровых людей ..... 28

**Панкова Н. Б., Карганов М. Ю.**

Сезонная и секулярная вариабельность индикаторов сердечно-сосудистой системы у детей 7–11 лет ..... 37

**Васильева И. В., Дерягина Л. Е., Чуманов Ю. В.**

Психосемантическое исследование представлений студентов о дистанционном образовании в период пандемии COVID-19 ..... 45

### СОЦИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ

**Блинова Т. В., Вяльшина А. А., Русановский В. А.**

Отношение сельского населения к своему здоровью и доступности медицинской помощи ..... 52

### МЕНТАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ

**Сидоренко В. А., Сухоруков А. Л., Ичитовкина Е. Г.,  
Соловьев А. Г., Богдасаров Ю. В.**

Комплекс мер междисциплинарного взаимодействия по профилактике суицидального поведения в органах внутренних дел ..... 59

УДК[159.91+612.017](481-922.1)

DOI: 10.33396/1728-0869-2020-12-4-10

## ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРЕБЫВАНИЯ В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ АРКТИКИ

© 2020 г. С. В. Пряничников

Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем, ФГБУН «Кольский научный центр Российской академии наук», г. Апатиты

*Цель работы* – оценка психофизиологического состояния организма человека с учетом длительности пребывания в поселке Баренцбург, архипелаг Шпицберген. *Методы.* Обследованы 112 человек в возрасте 35–43 лет: 60 проживали в поселке не более 6 месяцев (группа 1), 52 – более полугодя (группа 2). Психоэмоциональное состояние изучалось с помощью методики ситуативной и личностной тревожности (ЛТ) Ч. Д. Спилбергера и теста дифференцированной самооценки функционального состояния. Вариабельность сердечного ритма (ВСР) оценивалась с применением комплекса «Омега-М». Показатели ВСР ранжированы по типам регуляции сердечного ритма. Данные представлены в виде средней арифметической и стандартной ошибки среднеквадратичного отклонения. Для выявления значимости межгрупповых различий был применён U-критерий Манна – Уитни. Значимость различий считалась достоверной при уровне  $p \leq 0,05$ . *Результаты.* Данные спектрального анализа в диапазоне HF,  $ms^2$ , LF,  $ms^2$ , TP,  $ms^2$  и в нормализованных единицах ниже нормативных величин. В группе 1 показатели самочувствия ( $U = 200,5$ ,  $p = 0,032$ ) и настроения ( $U = 207,0$ ,  $p = 0,043$ ) в пределах нормативных значений, но недостаточные для комфортного состояния. В группе 2 – уровень ЛТ выше ( $U = 245,0$ ,  $p = 0,002$ ), проявляется в постоянной готовности к неблагоприятному развитию событий. В группе с умеренным преобладанием центральной регуляции уровень LF,  $ms^2$  спектра мощности выше в группе 1 ( $U = 9,0$ ,  $p = 0,006$ ). В группе 2 с выраженным преобладанием центрального контура регуляции, при высоких показателях SI, у. е. ( $U = 49,0$ ,  $p = 0,027$ ), уровень RMSSD ( $U = 27,0$ ,  $p = 0,001$ ) и SDNN ( $U = 48,0$ ,  $p = 0,023$ ) ниже. В группе с умеренным преобладанием автономной регуляции – выше SI, у. е. ( $U = 226,0$ ,  $p = 0,029$ ) в группе 1 и высокие показатели TP,  $ms^2$  ( $U = 218,0$ ,  $p = 0,020$ ), VLF,  $ms^2$  ( $U = 216,0$ ,  $p = 0,018$ ) в группе 2. *Выводы.* На фоне общего снижения как временных, так и частотных показателей ВСР у исследуемых наблюдается усиление парасимпатических влияний с более низкими показателями дифференцированной оценки состояния у проживающих не более 6 месяцев и преобладание симпатического тонуса с высоким уровнем личностной тревожности у проживающих более полугодя, выражающееся в гипердадаптивном состоянии мобилизации энергетических и метаболических резервов.

**Ключевые слова:** вариабельность сердечного ритма, самочувствие, активность, настроение, ситуативная, личностная тревожность

## ASSOCIATIONS BETWEEN HUMAN PSYCHOPHYSIOLOGICAL CONDITIONS AND DURATION OF STAY IN HIGH ARCTIC

S. V. Pryanichnikov

Research Center for Biomedical Problems, Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

*The aim* of the study was to assess associations between psychophysiological- and physiological state of the human body and the duration of stay in high Arctic. Barentsburg, the Spitsbergen archipelago. *Methods.* Altogether, 112 people aged 35-43 years from Barentsburg (Spitsbergen or Svalbard) were examined. By duration of stay they were dichotomized into two groups:  $\leq 6$  months (group 1,  $n = 60$ ) and  $> 6$  months (group 2,  $n = 52$ ). Psychoemotional state was studied using Spielberger anxiety scale and the differentiated self-assessment of the functional state (SAN) test. Heart rate variability (HRV) was assessed using the «Omega-M» complex. The two groups were compared using Mann-Whitney U-tests. *Results.* Spectral analysis data in the range of HF,  $ms^2$ , LF,  $ms^2$ , and TP,  $ms^2$  and in normalized units were below the standard values. In group 1 there was a decrease in well-being ( $U = 200.5$ ,  $p = 0.032$ ) and mood ( $U = 207.0$ ,  $p = 0.043$ ). In group 2 there was an increase in the level of personal anxiety ( $U = 245.0$ ,  $p = 0.002$ ). In the group with a moderate predominance of central regulation an increase in LF,  $ms^2$  power spectrum was found in group 1 ( $U = 9.0$ ,  $p = 0.006$ ). In group 2 we observed a decrease in RMSSD ( $U = 27.0$ ,  $p = 0.001$ ) and SDNN ( $U = 48.0$ ,  $p = 0.023$ ) combined with an increase in SI ( $U = 49.0$ ,  $p = 0.027$ ) in the group with a pronounced predominance of the central contour of regulation. In a group with a moderate predominance of autonomous regulation we found an increase in SI ( $U = 226.0$ ,  $p = 0.029$ ) in group 1 while high TR i,  $ms^2$  ( $U = 218.0$ ,  $p = 0.020$ ), VLF,  $ms^2$  ( $U = 216.0$ ,  $p = 0.018$ ) were observed in group 2. *Conclusions.* Our study demonstrated a complex effect of stay in the High Arctic on the psycho-emotional state and HRV in both newcomers and long-term residents.

**Key words:** heart rate variability, well-being, activity, mood, situational anxiety, personal anxiety

### Библиографическая ссылка:

Пряничников С. В. Психофизиологическое состояние организма в зависимости от длительности пребывания в высоких широтах Арктики // Экология человека. 2020. №12. С. 4–10.

### For citing:

Pryanichnikov S. V. Associations between Psychophysiological State and Duration of Stay in High Arctic. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 12, pp. 4-10.

Жизнедеятельность человека в условиях Арктической зоны сопряжена с влиянием комплекса суровых климатогеографических и психофизиологических факторов. Специфические условия проживания в пос. Баренцбург, архипелаг Шпицберген, обусловлены его

географическим расположением, вариациями геомагнитного поля, характеристиками солнечной активности, низким температурным режимом, специфическим фотопериодизмом и изолированной средой проживания. Весь этот комплекс факторов оказывает влияние на

организм человека и приводит к ответному напряжению его различных функциональных систем [18, 25, 26, 29].

Хроническое и интенсивное воздействие сложного комплекса климатогеографических, метео- и геофизических агентов «на функциональную активность систем организма в высоких широтах способствует возникновению «синдрома полярного напряжения», характерного для населения Севера» [6, с. 44], проявляющегося в психоэмоциональной лабильности, астенизации, снижении работоспособности [2, 16, 17, 27, 28]. По этому поводу Ц. П. Короленко писал: «Основным клиническим проявлением синдрома психоэмоционального напряжения является тревожность различной степени выраженности <...>, характерной особенностью которой в структуре синдрома психоэмоционального напряжения является отсутствие в начале ее возникновения какого-либо определенного психологического содержания» [13, с. 130].

Проведённые ранее исследования показали, что «синдром возникает наиболее часто в два периода времени пребывания на Крайнем Севере: в первые год, 1<sup>1/2</sup> и после 8–10-летнего периода» [13, с. 133]. Причём в первый временной промежуток синдром психоэмоционального напряжения возникает наиболее часто. Этот период может считаться временем формирования высокой возможности нарушения адаптационных процессов. Как считает ряд авторов, основные особенности «синдрома полярного напряжения» проявляются в изменении функционирования кардиореспираторной и вегетативной нервной систем, а также в структуре обмена веществ. Это находит выражение, в частности, в глубоком десинхронозе [1, 3, 9], усилении тонуса вегетативных реакций при доминировании парасимпатических влияний [12, 19], в снижении работоспособности, возникновении метеопатий [8, 10, 21] с последующим развитием комплекса дизадаптивных расстройств [22, 30, 31].

Использование результатов вариабельности сердечного ритма (ВСР) для анализа функционального состояния «позволяет оценить степень влияния вегетативной нервной системы (ВНС) на сердечно-сосудистую, которая, в свою очередь, является индикатором эффективности адаптационных реакций организма на воздействие окружающей среды» [14, с. 32]. Обнаружено, что у большинства исследуемых с синдромом психоэмоционального напряжения наблюдается симпатотоническое преобладание вегетативных реакций [13].

Несмотря на большое количество работ, посвященных проблемам адаптации человека, наблюдается недостаток эмпирических данных и соответствующих аналитических материалов по вопросам воздействия на организм климатогеографических особенностей окружающей среды в Арктической зоне Российской Федерации.

Цель исследования состояла в том, чтобы с учётом длительности пребывания дать оценку психофизиологического состояния организма у практически здоровых лиц, находящихся в специфических условиях пос. Баренцбург, архипелаг Шпицберген.

## Методы

Поперечное наблюдательное исследование было проведено в пос. Баренцбург арх. Шпицберген в 2017–2018 гг. в летний период (июль – август). Были обследованы 112 человек в возрасте 35–43 лет, что составляло 22,63 % от всего населения поселка на момент проведения. В зависимости от продолжительности времени проживания на архипелаге были сформированы две группы. Группа 1 – из числа краткосрочно (до 6 месяцев) командированных научных сотрудников и работников треста «Арктикуголь»: 60 человек среднего возраста ( $39,37 \pm 2,13$ ) года – мужчин 30 ( $43,33 \pm 1,93$ ) года и женщин 33 ( $35,4 \pm 2,32$ ) года. Группа 2 – из длительно (более 6 месяцев) проживающих в поселке научных сотрудников и работников треста: 52 человека среднего возраста ( $38,78 \pm 2,71$ ) года – мужчин 19 ( $39,53 \pm 2,73$ ) года и женщин 30 ( $38,03 \pm 2,69$ ) года. Все респонденты подтвердили участие письменным согласием, предварительно ознакомившись с условиями исследования. Получено заключение этического комитета ФГБУН «Кольский научный центр РАН» о возможности проведения исследования № 11 от 19.12.2016 года.

Группы 1 и 2 обследованных представляли собой выборку, сопоставимую по половозрастной структуре, группе здоровья, вне фазы острых заболеваний и ремиссии хронических, питанию (в поселке одна столовая и магазин), бытовым и трудовым условиям и т. д. В силу специфики проживания и условий труда возникли определённые трудности при подборе участников, поэтому произвести более масштабное по числу участников исследование не удалось.

Психоэмоциональное состояние оценивалось двумя методиками. Уровень ситуативной (СТ) и личностной (ЛТ) тревожности определялся по методике Ч. Д. Спилбергера в адаптации Ю. Л. Ханина. Показатели представлены в виде баллов: > 30 – низкий; 31–45 – средний; 46 и более – высокий уровень тревожности [11]. Оценку самочувствия, активности, настроения проводили согласно дифференцированной самооценке функционального состояния (САН). К высоким показателям относятся данные, где средний балл выше 50, средние – 30–50 баллов и низкие – меньше 30 [18].

Показатели физиологического состояния организма оценивались по характеристикам кардиогемодинамики: частоте сердечных сокращений (ЧСС) и ВСР. Регистрация показателей производилась в стандартных отведениях, в состоянии покоя, лёжа, на протяжении 5 минут. Параметры ВСР фиксировались с помощью аппаратно-диагностического медицинского комплекса «Омега-М», производства НПФ «Динамика» г. Санкт-Петербург в соответствии с принятыми в 1996 г. стандартами измерений, физиологической интерпретации и клинического использования показателей ВСР [32].

Оценка ВСР включала в себя следующие данные: временные показатели кардиограммы: «R–R

(ms) – интервал средний, SDNN (ms) – стандартное отклонение NN интервалов, RMSSD (ms) – квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов NN, <...> индекс напряжения регуляторных систем (Si, у. е.) – состояние центрального контура регуляции; <...> спектральный анализ непараметрическим методом быстрого преобразования Фурье: высокочастотный диапазон (HF, ms<sup>2</sup>) – 0,4–0,15 Гц, низкочастотный диапазон (LF, ms<sup>2</sup>) – 0,15–0,04 Гц, очень низкочастотный диапазон (VLF, ms<sup>2</sup>) – 0,04–0,003 Гц и суммарная мощность спектра (TP, ms<sup>2</sup>)» [5, с. 72, 75]; анализа структуры вкладов мощности волн (HF, %, LF, %, VLF, %), баланс LF/HF – соотношение симпатических и парасимпатических воздействий [14].

По Шлык Н. И. для «выявления различий в показателях ВСР, характеризующих разную степень состояния и взаимодействия симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы (ВНС), автономной и центральной регуляции сердечного ритма» [24, с. 27] было проведено ранжирование результатов исследования между группами по типам регуляции сердечного ритма: с умеренным преобладанием центральной регуляции (УПЦР), выраженным преобладанием центральной регуляции (ВПЦР), умеренным преобладанием автономного контура регуляции (УПАР) и выраженным преобладанием автономной регуляции (ВПАР). При анализе данных в группу с ВПАР ни один из исследуемых не вошёл из-за несоответствия критериям отбора [23].

Дополнительно использовались данные: «А – уровень адаптации сердечно-сосудистой системы, В – показатель вегетативной регуляции, С – показатель центральной

регуляции и D – показатель психоэмоционального состояния» [14, с. 32]. Данные обработаны с применением ПО «STATISTICA 10.0» производства компании TIBCO и представлены в виде средней арифметической показателей (M) и стандартной ошибки среднееквадратического отклонения ( $\pm m$ ). Статистическая значимость различий рассчитывали согласно U-критерию Манна – Уитни при уровне результатов  $p \leq 0,05$ .

### Результаты

Сравнительный анализ возрастных особенностей психофизиологического состояния организма проводился путем оценки результатов тестирования по выбранным методикам и данным ВСР. Анализ с использованием U-критерия Манна – Уитни показал, что возрастные особенности можно считать незначимыми: в группе 1  $p = 0,291$ , в группе 2  $p = 0,976$  (табл. 1).

Оценка психоэмоционального состояния по методике САИ показала, что данные самочувствия, активности и настроения в группах находятся в пределах нормальных значений, что говорит о хорошем уровне комфортности состояния человека с достаточным объёмом взаимодействия с физической и социальной средой и о необходимом уровне эмоционального фона для протекающих психических процессов. Однако отмечаются значимые различия в категориях самочувствие ( $U = 200,5$ ,  $p = 0,032$ ) и настроение ( $U = 207,0$ ,  $p = 0,043$ ), при этом в группе 2 показатели выше. Значимые различия также наблюдаются в тесте ситуативной и личностной тревожности в категории ЛТ ( $U = 245,0$ ,  $p = 0,002$ ), причем более высокие показатели выявлены в группе 2 (см. табл. 1).

При сравнении ЧСС в исследуемых группах различий не выявлено. При анализе данных временных по-

Таблица 1

Сравнение кардиогемодинамики и психоэмоционального состояния по половому признаку между группами

Показатель	Группа 1 vs группа 2 мужчины				Группа 1 vs группа 2 женщины			
	Группа 1 (n=30)	Группа 2 (n=19)	Значимость различий		Группа 1 (n=33)	Группа 2 (n=30)	Значимость различий	
			U	p			U	p
Возраст, лет	43,33±1,93	39,53±2,73	257,5	0,292	35,4±2,32	38,03±2,69	447,5	0,976
СТ, балл	34,2±0,94	32,58±1,56	262,5	0,337	35,18±1,4	36,07±1,51	435,5	0,836
ЛТ, балл	35,53±1,48	36,05±2,14	252,5	0,250	39,15±1,44	43,13±1,69	248,5	<0,05
САМ, балл	5,49±0,14	5,61±0,17	200,5	<0,05	4,96±0,18	5,48±0,13	445,0	0,947
АКТИВ, балл	5,41±0,13	4,85±0,26	263,0	0,342	4,52±0,2	5,11±0,12	340,0	0,105
НАСТР, балл	5,72±0,13	5,72±0,19	207,0	<0,05	5,13±0,15	5,69±0,16	450,0	0,994
ЧСС, уд./мин	68,33±1,87	69,79±2,09	300,0	0,805	68,67±1,86	72,63±1,97	328,5	0,074
RR среднее, мс	889,3±22,26	866,68±24,49	295,5	0,739	889,64±26,07	839,23±23,8	322,5	0,060
МхДМп, мс	255,37±13,96	228,63±21,62	275,5	0,476	250,18±16,18	244,63±16,54	442,5	0,918
RMSSD, мс	36,79±3,32	30,38±4,35	243,5	0,187	37,43±3,29	33,44±3,3	409,5	0,554
SDNN, мс	51,7±3,6	46,11±4,73	281,5	0,549	51,45±3,71	50,34±3,49	429,5	0,767
SI, у. е.	91,43±9,17	200,07±81,33	294,0	0,718	111,53±14,63	118,02±17,99	430,0	0,773
TP, ms <sup>2</sup>	2907,43±515,42	2371±432,85	282,0	0,556	2830,91±424,3	2750,37±354,34	423,0	0,695
HF, ms <sup>2</sup>	557,8±133,74	435,05±125,4	245,0	0,196	521,21±95,02	505,57±117,09	410,0	0,559
LF, ms <sup>2</sup>	1107,27±230,14	973,37±223,21	264,5	0,357	1081,88±148	1010,93±150,86	441,0	0,900
VLF, ms <sup>2</sup>	483,63±104,61	427,84±74,15	306,0	0,894	637,55±151,69	525,9±75,73	393,0	0,404
HF, %	18,53±2,07	15,28±2,66	237,0	0,149	19,05±1,9	15,76±1,72	401,5	0,478
LF, %	36,69±2,23	37,62±3,4	290,5	0,669	39,33±2,51	34,69±2,3	411,0	0,569
VLF, %	44,75±2,01	47,11±4,39	265,5	0,367	41,63±2,56	49,55±3,11	389,5	0,375
LF/HF	3,32±0,54	3,54±0,52	250,0	0,231	3,16±0,49	2,88±0,33	436,0	0,842

казателей, таких как SDNN и RMSSD, определяется их снижение относительно нормативных величин [32].

Сопоставление данных спектрального анализа сердечного ритма показало, что по уровню мощности спектра в диапазоне HF, ms<sup>2</sup>, LF, ms<sup>2</sup> и TP, ms<sup>2</sup>, а также в нормализованных единицах спектра вышеперечисленных частот показатели группы 1 и группы 2 ниже нормативных величин, при этом вклад VLF в общий спектр мощности выше нормативных значений (см. табл. 1) [32].

При анализе данных психоэмоционального состояния значимых различий не выявлено, но при этом в типах регуляции с ВПЦР и УПАР отмечено преобладание показателей уровня ЛТ в группе 2. Также незначительные различия наблюдаются в категории активность, в типах регуляции с УПЦР, где она выше в группе 1 и с УПАР, в которой высокие значения преобладают в группе 2 (табл. 2).

При анализе спектральных показателей ВСР с УПЦР значимые различия наблюдаются в увеличении вклада LF, ms<sup>2</sup> (U = 9,0, p = 0,006) в мощность TP,

ms<sup>2</sup>, а также высокие значения мощности относительной величины LF (%) (U = 8,0, p = 0,005) в группе 1. При этом в группе 2 относительная мощность спектра VLF (%) (U = 9,0, p = 0,006) выше.

При анализе временных показателей ВСР с ВПЦР значимые различия наблюдаются в разбросе кардиоинтервалов MxDMn (U = 44,5, p = 0,015), наиболее выраженных в группе 1, в группе 2 временные показатели RMSSD (U = 27,0, p = 0,001) и SDNN (U = 48,0, p = 0,023) ниже при одновременном высоком уровне стресс-индекса SI, у. е. (U = 49,0, p = 0,027). При анализе спектральных показателей ВСР наблюдаются значимые различия в виде увеличенного вклада показателей HF, ms<sup>2</sup> (U = 33,0, p = 0,003) в мощность TP, ms<sup>2</sup> (U = 47,0, p = 0,021), относительной мощности HF, % (U = 248,0, p = 0,023) и TP, ms<sup>2</sup>, преобладающей в группе 1 (U = 47,0, p = 0,021) (см. табл. 2).

В группе с УПАР также были выявлены значимые различия в показателях ВСР. В показателях временного анализа ВСР различия наблюдаются в значениях

Таблица 2

Сравнение показателей кардиогемодинамики и психоэмоционального состояния по типу регуляции между группами

Показатель	УПЦР				ВПЦР				УПАР			
	Группа 1 (n=10)	Группа 2 (n=8)	Значимость различий		Группа 1 (n=13)	Группа 2 (n=15)	Значимость различий		Группа 1 (n=29)	Группа 2 (n=24)	Значимость различий	
			U	p			U	p			U	p
Возраст, лет	37,2 ± 3,96	38,25 ± 5,39	37,0	0,824	48,85 ± 2,88	46,6 ± 2,61	88,5	0,695	36,31 ± 1,93	34,96 ± 2,73	292,0	0,321
СТ, балл	36,6 ± 2,15	36,75 ± 3,77	37,0	0,824	35,54 ± 1,8	33,47 ± 1,3	67,5	0,174	33,45 ± 1,01	35,29 ± 1,74	325,0	0,688
ЛТ, балл	36,2 ± 2,47	39,63 ± 4,7	37,0	0,824	37,31 ± 1,96	43,07 ± 2,22	56,5	0,062	37,14 ± 1,75	40,13 ± 1,84	281,5	0,238
САМ, балл	5,26 ± 0,27	5,44 ± 0,37	36,5	0,790	5,36 ± 0,16	5,48 ± 0,22	83,5	0,534	5,14 ± 0,21	5,58 ± 0,1	298,0	0,376
АКТИВ, балл	5,1 ± 0,3	4,35 ± 0,51	27,5	0,286	5,18 ± 0,16	5,07 ± 0,21	94,0	0,890	4,85 ± 0,24	5,16 ± 0,13	335,0	0,823
НАСТР, балл	5,82 ± 0,15	5,81 ± 0,34	39,0	0,965	5,18 ± 0,18	5,61 ± 0,27	71,0	0,231	5,36 ± 0,17	5,71 ± 0,14	274,5	0,192
ЧСС, уд./мин	76,9 ± 2,65	75,75 ± 3,06	33,5	0,594	71,69 ± 2,95	74,6 ± 2,59	87,0	0,645	67,52 ± 1,67	69,25 ± 1,96	294,5	0,344
RR среднее, мс	783,4 ± 29,66	795,63 ± 30,44	33,0	0,564	845,85 ± 34,14	813,53 ± 29,33	87,0	0,645	897,83 ± 20,83	875,58 ± 23,37	287,5	0,284
MxDMn, мс	209 ± 5,64	193,5 ± 15,07	26,0	0,230	179,54 ± 7,7	139,6 ± 12,07	44,5	<0,05	283,38 ± 9,02	306,54 ± 9,48	243,5	0,063
RMSSD, мс	26,36 ± 2,47	22,18 ± 3,12	32,0	0,505	28,12 ± 2,71	16,49 ± 1,77	27,0	<0,05	40,64 ± 3,02	41,52 ± 2,49	301,0	0,406
SDNN, мс	41,63 ± 1,75	39,99 ± 2,74	31,5	0,477	35,46 ± 2,03	27,45 ± 2,66	48,0	<0,05	57,14 ± 2,45	62,89 ± 2,2	225,0	<0,05
SI, у. е.	128,93 ± 6,75	135,32 ± 12,61	36,0	0,756	170,34 ± 21,83	328,47 ± 94,48	49,0	<0,05	64,3 ± 4,19	52,13 ± 2,92	226,0	<0,05
TP, ms <sup>2</sup>	1683,7 ± 132,2	1575,5 ± 240,1	31,0	0,450	1173,23 ± 124,02	777,33 ± 142,76	47,0	<0,05	3157 ± 269,24	3866,92 ± 286,79	218,0	<0,05
HF, ms <sup>2</sup>	212,5 ± 48,85	179,13 ± 51,99	32,0	0,505	254,15 ± 50,52	101,53 ± 24,59	33,0	<0,05	645,66 ± 116,37	656,21 ± 94,4	315,0	0,561
LF, ms <sup>2</sup>	742 ± 60,26	441,5 ± 67,28	9,0	<0,05	420,31 ± 67,69	260,93 ± 53,79	58,0	0,072	1195,52 ± 107,1	1580,42 ± 164,96	250,0	0,081
VLF, ms <sup>2</sup>	331,7 ± 24,65	402,63 ± 40,78	24,0	0,168	164,08 ± 14,57	137,67 ± 16,96	74,0	0,289	575,76 ± 80,9	719,33 ± 74,3	216,0	<0,05
HF, %	11,77 ± 1,69	10,34 ± 2,39	32,0	0,505	22,07 ± 3,02	13,65 ± 2,01	48,0	<0,05	18,73 ± 2,07	15,85 ± 1,62	318,5	0,604
LF, %	45,19 ± 2,84	29,16 ± 3,85	8,0	<0,05	35,32 ± 3,6	33,12 ± 3,88	87,0	0,645	38,57 ± 2,27	39,97 ± 2,62	314,5	0,555
VLF, %	43,04 ± 1,99	60,5 ± 5,29	9,0	<0,05	42,59 ± 3,79	53,23 ± 4,52	65,0	0,140	42,68 ± 2,57	44,18 ± 3,17	337,0	0,851
LF/HF	4,87 ± 0,8	3,89 ± 0,93	26,0	0,230	2,31 ± 0,59	3,2 ± 0,56	66,0	0,153	3,08 ± 0,45	3,05 ± 0,33	308,5	0,486

Таблица 3

Показатель, %	УПЦР		ВПЦР		УПАР	
	Группа 1 (n = 10)	Группа 2 (n = 8)	Группа 1 (n = 13)	Группа 2 (n = 15)	Группа 1 (n = 29)	Группа 2 (n = 24)
A	50,4±2,07	39,75±5,07	43,69±3,99*	25,87±5,16	67,24±2,89	71,79±3,1
B	56,3±2,96	56,75±3,18	48,62±4,42*	33,4±4,89	83,59±2,33	91,46±1,56*
C	58±3,01	49,38±5,63	40,69±3,76	32,4±5,63	67,62±2,4	70,63±2,94
D	60,4±2,73	56±2,48	41,31±3,33	34±5,24	67,41±2	74±2,29*

Примечания: А – интегральный уровень адаптации организма, В – показатель вегетативной регуляции, С – показатель центральной регуляции, D – психоэмоциональное состояние; \* – значимость различий по критерию Манна – Уитни.

SDNN, мс ( $U = 225,0$ ,  $p = 0,028$ ), которые преобладают в группе 2. Значения в показателе стресс-индекса SI, у. е. ( $U = 226,0$ ,  $p = 0,029$ ), с более высокими интегральными показателями механизмов регуляции в группе 1. При анализе спектральных показателей ВСР значимые различия наблюдаются в суммарном спектре мощности TP,  $ms^2$  ( $U = 218,0$ ,  $p = 0,020$ ), значения которого выше в группе 2, и во вкладе VLF,  $ms^2$  ( $U = 216,0$ ,  $p = 0,018$ ) в суммарный спектр мощности, который также выше в этой группе, что говорит о высокой активности нейрогуморальных влияний и выражается в гиперадаптивном состоянии с мобилизацией энергетических и метаболических резервов.

При сравнении показателей функционального состояния значимые различия наблюдаются в группе с ВПЦР: интегральный уровень адаптации организма ( $U = 51,5$ ,  $p = 0,036$ ) и показатель вегетативной регуляции ( $U = 51,5$ ,  $p = 0,036$ ) выше в группе 1; в группе с УПАР значимость различий выявлена в показателе вегетативной регуляции ( $U = -2,1$ ,  $p = 0,037$ ) и психоэмоциональном состоянии ( $U = -2,0$ ,  $p = 0,045$ ), где более высокие данные в группе 2 (табл. 3).

### Обсуждение результатов

Проведено исследование функционального состояния организма краткосрочно командированных и длительно проживающих в пос. Баренцбург лиц в летний период. Особое внимание было уделено изучению особенностей психоэмоционального состояния и вариабельности сердечного ритма, обусловленного климатогеографическим расположением населённого пункта. В работе показано, что как краткосрочное, так длительное проживание в особых климатогеографических условиях оказывает влияние на психоэмоциональное состояние и ВСР.

Сравнение данных спектрального анализа сердечного ритма показало, что по уровню мощности спектра в диапазоне HF,  $ms^2$ , LF,  $ms^2$  и TP,  $ms^2$ , а также в нормализованных единицах спектра показатели исследуемых групп ниже нормативных величин [32], что свидетельствует о повышенной активности симпатического отдела ВНС, об усилении влияния нейрогуморальных систем регуляции, ведущих к возникновению энергодефицитных состояний независимо от продолжительности времени пребывания.

В группе лиц, пребывающих в поселке менее 6 месяцев, отмечены сниженные показатели самочувствия

и настроения, что обусловлено, вероятно, протекающими адаптационными процессами. На фоне общего снижения как временных, так и частотных показателей ВСР в группе с умеренным преобладанием центральной регуляции изменения наблюдаются в увеличении вклада низкочастотной составляющей мощности спектра, проявляющейся в увеличении влияния неспецифических механизмов регуляции и снижения влияния на сердечную деятельность автономного контура [4].

Более высокие временные и частотные показатели в группе 1 с выраженными процессами центральной регуляции обусловлены активностью парасимпатического звена вегетативной регуляции. В группе с умеренными процессами автономной регуляции высокие показатели стресс-индекса в группе 1 говорят о напряжении регуляторных систем и усилении симпатической регуляции [23].

В группе лиц, пребывающих в поселке более 6 месяцев, показатели психоэмоционального состояния выражаются в увеличении уровня личностной тревожности, проявляющемся снижением эмоционального фона, увеличением напряжённости. Повышение уровня ЛТ также находит своё отражение и в показателях кардиогемодинамики, которая находится в тесной взаимосвязи с психоэмоциональным состоянием [15].

На фоне общего снижения как временных, так и частотных показателей ВСР в группе с умеренным преобладанием центральной регуляции увеличение вклада относительных значений «очень» низкочастотной составляющей говорит о гиперадаптивном состоянии и мобилизации энергетических и метаболических резервов. В группе с выраженным преобладанием процессов регуляции высокие показатели стресс-индекса свидетельствуют о напряжении регуляторных систем и увеличении активности центральных механизмов регуляции. В группе с умеренным преобладанием автономной регуляции на фоне более высокого общего спектра мощности наблюдается смещение вегетативного баланса в сторону преобладания влияния симпатической нервной системы и определяется повышенный вклад в общий спектр мощности «очень» низкочастотной составляющей, которая выражается в увеличении активности симпатического звена вегетативной регуляции и гиперадаптивном состоянии с мобилизацией энергетических и метаболических резервов [23].

Можно предположить, что более низкие показатели психоэмоционального фона, а также данные

временных и спектральных показателей ВСП косвенно обусловлены условиями проживания и подвержены влиянию климатогеографических особенностей окружающей среды Арктической зоны Российской Федерации, либо возможными возрастными изменениями, проявляющимися в напряжении регуляторных систем, увеличении влияния симпатической нервной системы на деятельность миокарда, или суммацией вышеперечисленных факторов [7, 20].

Из недостатков исследования хотелось бы отметить следующее. Сезонность проведения исследования, несомненно, влияет на психоэмоциональное и функциональное состояние организма. Проведение более лонгитюдного исследования с привлечением большего числа участвующих позволило бы уточнить и расширить полученные ранее экспериментальные данные.

Таким образом, результаты проведенного исследования по оценке психофизиологического состояния организма человека в высоких широтах Арктики с учетом длительности пребывания показали, что психофизиологическое состояние организма и вновь прибывших, и длительно проживающих лиц изменяется как на психоэмоциональном, так и на физиологическом уровне под воздействием сложного комплекса климатогеографических особенностей в пос. Баренцбург, арх. Шпицберген.

Возрастающий интерес к освоению арктических территорий увеличивает необходимость использования человеческого потенциала, который в условиях высоких широт подвергается воздействию экстремальных факторов среды. Данное исследование позволяет внести вклад в понимание процессов адаптации организма человека и разработать долгосрочные здоровьесберегающие программы для снижения возможных негативных последствий воздействия окружающей среды.

#### Авторство

Пряничников Сергей Васильевич — ORCID 0000-0002-8321-6805; SPIN 8810-0942

#### Список литературы / References

1. Алякринский Б. С. Проблемы скрытого десинхронизма // Космическая биология и медицина. 1972. № 1. С. 32–37. Alyakrinskii B. S. Problems of latent desynchronization. *Kosmicheskaya biologiya i meditsina* [Space biology and medicine]. 1972, 1, pp. 32-37. [In Russian]
2. Андропова Т. И., Деряпа Н. Р., Соломатин А. П. Гелиометеотропные реакции здорового и больного человека. Л.: Медицина, 1982. 248 с. Andronova T. I., Deryapa N. R., Solomatina A. P. *Helio-meteotropic reactions of a healthy and sick person*. Leningrad, Meditsina Publ., 1982, 248 p. [In Russian]
3. Баевский Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина, 1979. 295 с. Baevskii R. M. *Prediction of conditions on the verge of norm and pathology*. Moscow, Meditsina Publ., 1979, 295 p. [In Russian]
4. Баевский Р. М., Иванов Г. Г. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2001. № 3. С. 108–127.

Baevskii R. M., Ivanov G. G. Heart rate variability: the theoretical aspects and clinical applications. *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika* [Ultrasonic and functional diagnostics]. 2001, 3, pp. 108-127. [In Russian]

5. Баевский Р. М. Методические рекомендации по анализу ВСП при использовании различных электрокардиографических систем // Вестник аритмологии. 2002. № 24. С. 65–86.

Baevskii R. M. Guidelines for the analysis of HRV using various electrocardiographic systems. *Vestnik aritmologii* [Journal of arritmology]. 2002, 24, pp. 65-86. [In Russian]

6. Белишева Н. К., Конрадов А. А. Значение вариаций геомагнитного поля для функционального состояния организма человека в высоких широтах // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4, № 1–2. С. 44–52.

Belisheva N. K., Konradov A. A. The value of geomagnetic field variations on the functional state of the human body at high latitudes. *Geofizicheskie protsessy i biosfera* [Geophysical processes and biosphere]. 2005, 4 (1-2), pp. 44-52. [In Russian]

7. Бойцов С. А., Белозерцева И. В., Кучмин А. Н., Захарова И. М., Княжева Т. Ю., Черкашин Д. В., Карпенко М. А. Возрастные особенности изменения показателей вариабельности сердечного ритма у практически здоровых лиц // Вестник аритмологии. 2002. № 26. С. 57–60.

Boitsov S. A., Belozertseva I. V., Kuchmin A. N., Zakharova I. M., Kniazheva T. Yu., Cherkashin D. V., Karpenko M. A. Age-related features of changes in heartrate variability in healthy individuals. *Vestnik aritmologii* [Journal of arritmology]. 2002, 26, pp. 57-60. [In Russian]

8. Бундзен П. В. Основные аспекты психофизиологических исследований в Антарктиде // Антарктика. М., 1972. Вып. 11. С. 201–211.

Bundzen P. V. The main aspects of psychophysiological research in Antarctica. *The Antarctic*. Moscow, 1972, iss. 11, pp. 201-211. [In Russian]

9. Василевский Н. Н., Сороко С. И., Богословский М. М. Психофизиологические аспекты адаптации человека в Антарктиде. Л.: Медицина, 1978. С. 267.

Vasilevskii N. N., Soroko S. I., Bogoslovskii M. M. *Psychophysiological aspects of human adaptation in Antarctica*. Leningrad, Meditsina Publ., 1978, p. 267. [In Russian]

10. Волчек О. Д. Циклические изменения генетических психологических характеристик человека // Современные проблемы изучения и сохранения биосферы. Т. II. Живые системы под внешним воздействием / ред. Р. В. Красногорская. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. С. 44–51.

Volchek O. D. Cyclical changes in the genetic psychological characteristics of a person. *Contemporary problems of studying and preserving the biosphere. Vol. 2. Living systems under external influence*. Ed. R. V. Krasnogorskaya. Saint Petersburg, 1992, pp. 44-51. [In Russian]

11. Елисеев О. П. Практикум по психологии личности: 2-е изд., испр. и перераб. СПб.: Питер, 2002. 512 с.

Eliseev O. P. *Workshop on personality psychology*. Saint Petersburg, Piter Publ., 2002, 512 p. [In Russian]

12. Кедыш М. В. Адаптация человека к различным климатогеографическим условиям // Экологическая физиология человека. Л.: Наука, 1980. С. 468–528.

Kedysch M. V. Ecological physiology of man. Human adaptation to various climatic and geographical conditions. *Human environmental physiology*. Leningrad, 1980, pp. 468-528. [In Russian]

13. Короленко Ц. П. Психофизиология человека в экстремальных условиях. Л.: Медицина, 1978, 272 с.

Korolenko Ts. P. *Human psychophysiology in extreme conditions*. Leningrad, 1978, 272 p. [In Russian]

14. Мартынова А. А., Пряничников С. В., Михайлов Р. Е., Белишева Н. К. Особенности вариабельности сердечного ритма у работников горнорудного производства Кольского Заполярья // Экология человека. 2017. № 3. С. 31–37.

Martynova A. A., Pryanichnikov S. V., Mikhailov R. E., Belisheva N. K. Features of heart rate variability of mining workers of the Kola Arctic. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 3, pp. 31-37. [In Russian]

15. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода. Иваново, 2000. 200 с.

Mikhailov V. M. The variability of the heart rhythm. *Experience in the practical application of the method*. Ivanovo, 2000, 200 p. [In Russian]

16. Новикова К. Ф., Бяков И. М., Михеев Ю. П., Поволоцкая Н. П., Толкачева Н. П., Плюто Л. И. Вопросы адаптации и солнечная активность // Проблемы космической биологии / ред. акад. В. Н. Черниговский. М.: Наука, 1982. Т. 43. С. 9–46.

Novikova K. F., Byakov I. M., Mikheev Yu. P., Povolotskaya N. P., Tolkacheva N. P., Plyuto L. I. Adaptation Issues and Solar Activity. *Space Biology Problems*. Ed. akad. V. N. Chernigovskii. Moscow, 1982, 43, pp. 9-46. [In Russian]

17. Панин А. Е., Соколов В. П. Психосоматические взаимоотношения при хроническом эмоциональном напряжении. Новосибирск, 1981. 177 с.

Panin A. E., Sokolov V. P. *Psychosomatic relationships in chronic emotional stress*. Novosibirsk, 1981, 177 p. [In Russian]

18. Поликарпов Л. С., Лапко А. В., Хамнагадаев И. И., Яскевич Р. А. Метеотропные реакции сердечно-сосудистой системы и их профилактика. Новосибирск: Наука, 2005. 196 с.

Polikarpov L. S., Lapko A. V., Khamnagadaev I. I., Yaskevich R. A. *Meteorotropic reactions of the cardiovascular system and their prevention*. Novosibirsk, 2005, 196 p. [In Russian]

19. Полосатое М. В., Шевченко Ю. С. Влияние экстремальных факторов Антарктиды на психосоматический статус полярников // Труды советской антарктической экспедиции. 1977. Т. 64. С. 137–141.

Polosatoy M. V., Shevchenko Yu. S. The influence of extreme factors of Antarctica on the psychosomatic status of polar explorers. *The works of the Soviet Antarctic Expedition*. 1977, vol. 64, pp. 137-141. [In Russian]

20. Рожков В. П., Белишева Н. К., Мартынова А. А., Сороко С. И. Психофизиологические и кардиогемодинамические эффекты гелиогеомагнитных и метеорологических факторов у человека в условиях Заполярья // Физиология человека. 2014. Т. 40, № 4. С. 51–64.

Rozhkov V. P., Belisheva N. K., Martynova A. A., Soroko S. I. Psychophysiological and cardiodynamic effects of heliogeomagnetic and meteorological factors in human in the Arctic. *Fiziologiya cheloveka*. 2014, 40 (4), pp. 51-64. [In Russian]

21. Сезонная динамика физиологических функций у человека на Севере / под ред. Е. Р. Бойко. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 221 с.

*Seasonal dynamics of physiological function in human the North*. Ed. E. R. Boiko. Yekaterinburg, 2009, 221 p. [In Russian]

22. Хаснулин В. И., Хаснулин П. В. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у

человека в высоких широтах // Экология человека, 2012. № 1. С. 3–11.

Khasnulin V. I., Khasnulin P. V. Modern views on the mechanisms of the formation of northern stress in humans at high latitudes. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, 1, pp. 3-11. [In Russian]

23. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Изд-во Удмуртского университета, 2009. 259 с.

Shlyk N. I. *Heart rate and type of regulation in children, adolescents and athletes*. Izhevsk, 2009, 259 p. [In Russian]

24. Шлык Н. И., Сапожникова Е. Н., Кириллова Т. Г., Семенова В. Г. Типологические особенности функционального состояния регуляторных систем у школьников и юных спортсменов (по данным анализа вариабельности сердечного ритма) // Физиология человека. 2009. Т. 35, № 6. С. 85–93.

Shlyk N. I., Sapozhnikova E. N., Kirillova T. G., Semenov V. G. Typological features of the functional state of regulatory systems in schoolchildren and young athletes (according to the analysis of heart rate variability). *Fiziologiya cheloveka*. 2009, 35 (6), pp. 85-93. [In Russian]

25. Grimaldi S., Partonen T., Haukka J., Aromaa A., Lönnqvist J. Seasonal vegetative and affective symptoms in the Finnish general population: testing the dual vulnerability and latitude effect hypotheses. *Nord J Psychiatry*. 2009, 63 (5), pp. 397-404. doi: 10.1080/08039480902878729. PMID: 19363741

26. Haggarty J. M., Cernovsky Z., Husni M. The limited influence of latitude on rates of seasonal affective disorder. *J Nerv Ment Dis*. 2001, 189 (7), pp. 482-484. doi: 10.1097/00005053-200107000-00011. PMID: 11504327.

27. Kochan T. I., Shadrina V. D., Potolitsyna N. N., Eseva T. V., Ketkina O. A. Integrated Evaluation of the Influence of a Northern Environment on Human Metabolism and Physiological and Psychoemotional States. *Human Physiology*, 2008, 34 (3). pp. 356-362.

28. Mersch P. P., Middendorp H. M., Bouhuys A. L., Beersma D. G., van den Hoofdakker R. H. The prevalence of seasonal affective disorder in The Netherlands: a prospective and retrospective study of seasonal mood variation in the general population. *Biol. Psychiatry*. 1999, 45 (8), pp. 1013-1022. doi: 10.1016/s0006-3223(98)00220-0. PMID 10386184. S2CID 21467329)

29. Partonen T., Partinen M., Lonnqvist J. Frequencies of seasonal major depressive symptoms at high latitudes. *Eur Arch Psychiat Clin Neurosci*. 1993, 243, pp. 189-192. doi: 10.1007/BF02190726

30. Persinger M. A. *The weather matrix and human behavior*. N. Y., Praeger, 1980, 328 p.

31. Taylor A. J. W. Psychological adaptation to the polar environment. *Int J Circumpolar Health*. 1998, 57, pp. 58-68

32. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. *Circulation*. 1996, 93, pp. 1043-1065.

#### Контактная информация:

Пряничников Сергей Васильевич — научный сотрудник Научного отдела медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике ФГБУН «Кольский научный центр Российской академии наук»

Адрес: 184209, Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 16а,

E-mail: Pryanichnikov@medknc.ru

## АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ШЕРСТИ ЖИВОТНЫХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

©2020 г. <sup>1</sup>Е. А. Чанчаева, <sup>1</sup>В. С. Лапин, <sup>1</sup>О. В. Кузнецова, <sup>1</sup>Т. К. Куриленко, <sup>2</sup>Р. И. Айзман

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Горно-Алтайский государственный университет», г. Горно-Алтайск;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», г. Новосибирск

*Цель исследования* – определение концентрации тяжелых металлов в шерсти собак, содержащихся на придомовых территориях города Горно-Алтайска. *Методом* атомно-абсорбционного спектрального анализа определяли содержание микроэлементов (Cd, Pb, Cu, Cr, Mn) в шерсти собак (*Canis lupus familiaris*) города. *Результаты*. Средние концентрации микроэлементов в образцах шерсти обследованных собак составили: Cd – 0,13 мг/кг; Pb – 1,23 мг/кг; Cr – 4,0 мг/кг; Cu – 7,8 мг/кг; Mn – 12,36 мг/кг. Содержание микроэлементов в шерсти животных не зависит от их возраста, пола и района обитания. В вариационном диапазоне микроэлементного состава шерсти животных других регионов с различной экологической обстановкой полученные результаты по Горно-Алтайску соответствуют среднему уровню. Возможным источником поступления микроэлементов в организм животных в условиях городской среды Республики Алтай являются мелкодисперсные твердые частицы выбросов твердотопливных отопительных систем и выхлопов двигателей внутреннего сгорания, поступающие с вдыхаемым атмосферным воздухом. *Вывод*: содержание тяжелых металлов в эктодермальной среде животных отражает особенности процессов аккумуляции экзотоксикантов, обусловленные концентрацией загрязняющих веществ и условиями самоочищения воздушного бассейна города.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, эктодермальная ткань, атмосферный воздух, Горно-Алтайск

## CONCENTRATIONS OF HEAVY METALS IN ANIMAL HAIR IN AN URBAN SETTING IN THE ALTAI REPUBLIC

<sup>1</sup>E. A. Chanchaeva, <sup>1</sup>V. S. Lapin, <sup>1</sup>O. V. Kuznetsova, <sup>1</sup>T. K. Kurilenko, <sup>2</sup>R. I. Aizman

<sup>1</sup>Gorno-Altai State University, Gorno-Altai; <sup>2</sup>Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia

*The aim* of the study was to estimate concentrations of heavy metals in animal hair in an urban setting of the Altai Republic. *Methods*. The method of atomic absorption spectral analysis was used to determine the content of trace elements (Cd, Pb, Cu, Cr, Mn) in the hair of the outdoor dogs (*Canis lupus familiaris*) of Gorno-Altai. *Results*. The mean values for the concentration of trace elements in the hair samples of the examined dogs were the following: Cd - 0.13 µg/kg; Pb - 1.23 µg/kg; Cr - 4.0 µg/kg; Cu - 7.8 µg/kg; Mn - 12.36 µg/kg. Concentrations of trace elements in animal hair was not associated with age, sex and area of residence of the animals. In general, the range of concentrations of the studied elements were comparable with the findings from other settings. A possible source of microelements in animal hair in Gorno-Altai is micro-fine solids of emissions from solid fuel heating systems and combustion engines exhaust. *Conclusion*: concentrations of heavy metals in animal hair in the study setting is comparable with other settings and seems to reflect the peculiarities of the processes of accumulation of exo-toxicants and self-cleaning of the city air basin.

**Kew words:** heavy metals, animal hair, atmospheric air, Gorno-Altai.

### Библиографическая ссылка:

Чанчаева Е. А., Лапин В. С., Кузнецова О. В., Куриленко Т. К., Айзман Р. И. Анализ содержания тяжелых металлов в шерсти животных городской среды Республики Алтай // Экология человека. 2020. № 12. С. 11–17.

### For citing:

Chanchaeva E. A., Lapin V. S., Kuznetsova O. V., Kurilenko T. K., Aizman R. I. Concentrations of Heavy Metals in Animal Hair in an Urban Setting in the Altai Republic. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 12, pp. 11-17.

Одними из наиболее токсичных веществ, формирующих загрязнение атмосферного воздуха, являются тяжелые металлы. Загрязнители атмосферного воздуха накапливаются в снеговом покрове, почве, ухудшают качество воды; их вторичное поступление через растительную биоту в ткани животных и человека замыкает биогеоценологическую цепь, где человек является начальным и конечным звеном [13, 15, 18]. В Республике Алтай объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух составляет около 34 тыс. т/г, в том числе в административном центре – около 9 тыс. т/г. Загрязнение атмосферного воздуха происходит за счет не только твердотопливных отопительных систем, автомобильного транспорта,

но и трансграничного переноса загрязнителей из соседних регионов. В результате даже на фоне низкой промышленной и демографической (63 214 человек) нагрузки может складываться неблагоприятная экологическая ситуация по состоянию атмосферного воздуха [10]. Актуальность комплексного мониторинга экологического состояния Горного Алтая оправдана необходимостью оценки антропогенных трансформаций различных звеньев биогеоценоза в динамике с целью дальнейшей разработки мероприятий, направленных на снижение токсикологической нагрузки на процессы естественной биотической регуляции в биосфере.

Накопление тяжелых металлов в снеговом покрове, почве и растениях городской среды Республики Алтай

изучено достаточно, тогда как анализ аккумуляции тяжелых металлов тканями животных и человека не проводился. По данным авторов [5], степень антропогенной трансформации для речных вод сравнительно низкая, для грунтовых вод — повышенная и выражается в небольшом увеличении содержания тяжелых металлов и более значительном — азотистых и полиароматических соединений. Биоиндикационный анализ элементного состава лишайника (*Caloplaca sp.*) в пределах города Горно-Алтайска показал аппроксимацию к типоморфному микроэлементному составу выбросов отопительных систем, работающих на кузнецком угле, что свидетельствует о преобладающем поступлении микроэлементов в растительную биоту из атмосферного воздуха [5]. Для комплексной оценки экологического состояния воздушного бассейна необходимо изучение аккумуляции тяжелых металлов тканями животных.

В ранжированном ряду органов и тканей животных по степени накопления тяжелых металлов эктодермальная среда (шерсть) отличается повышенной кумулятивной способностью [7, 18]. Собаки, содержащиеся на придомовых территориях, являются представителями животного звена биоценоза, находящимися в постоянной непосредственной близости с приземной частью биосферы, что позволяет рассматривать их в качестве своеобразного индикатора состояния среды обитания [14], а сбор биологического материала (шерсти) представляется доступным и нетравматичным [17].

Цель исследования — определение концентрации тяжелых металлов (Cd, Pb, Cu, Cr, Mn) в шерсти собак (*Canis lupus familiaris*), содержащихся на придомовых территориях города Горно-Алтайска.

### Методы

Территория Горно-Алтайска расположена в северной части Алтайской горной области, преимущественно в котловинообразном расширении долины р. Маймы. Рельеф местности варьирует в пределах 250–820 м, при этом средняя высота местности составляет 400–450 м. В геоморфологическом плане район располагается в предгорной и низкогорной зонах Горного Алтая. Масштабы загрязнения приземного слоя атмосферы определяются мощностью выбросов, длительностью нахождения загрязняющих веществ в атмосфере и характером движения воздушных потоков, определяющих процессы их рассеивания, выведения или накопления. Загрязнение атмосферы техногенными выбросами связано со стратификацией атмосферы, величиной слоя перемешивания, скоростью ветра в слое 1,5 км. Сочетание метеорологических факторов, обуславливающих загрязнение атмосферы, представляет собой потенциал загрязнения. Известно, что очищение атмосферы от загрязняющих веществ, поступающих от различных источников, обусловлены мезо- и макромасштабными процессами — турбулентным обменом, высотой слоя перемешивания воздуха, режимом ветра,

т. д. Повторяемость и мощность инверсий связана с крупномасштабными атмосферными процессами. Наибольший уровень концентрации примесей в атмосфере отмечается в малоподвижных антициклонах и гребнях, на западной периферии антициклона или гребня, при адвекции тепла в малоподвижном небольшом по площади циклоне, в котором циркулирует одна и та же воздушная масса [10].

При повышенной и высокой загрязненности атмосферы в холодный период года характерным синоптическим положением является господство на исследуемой территории Азиатского антициклона. Концентрация вредных примесей увеличивается при туманах и дымках, которые аккумулируют вещества повышенной токсичности. Рассеиванию вредных примесей способствуют быстро движущиеся циклоны, сильные фронтальные ветры, интенсивные осадки. Очищение атмосферы происходит при вторжении воздушных масс из Арктики, несущих чистый воздух. Для характеристики степени очищения воздушного бассейна Горно-Алтайска от загрязняющих веществ нами был использован комплексный метеорологический показатель, или метеорологический показатель самоочищения атмосферы ( $K_M$ ), предложенный Т. С. Селегей [6], который рассчитывается по формуле:

$$K_M = (P_{III} + P_T) / (P_O + P_B),$$

где  $P_{III}$  — повторяемость скорости ветра, м/с;  $P_T$  — повторяемость дней с туманом, %;  $P_O$  — повторяемость дней с осадками > 0,5 мм, %;  $P_B$  — повторяемость скорости ветра > 6 м/с.

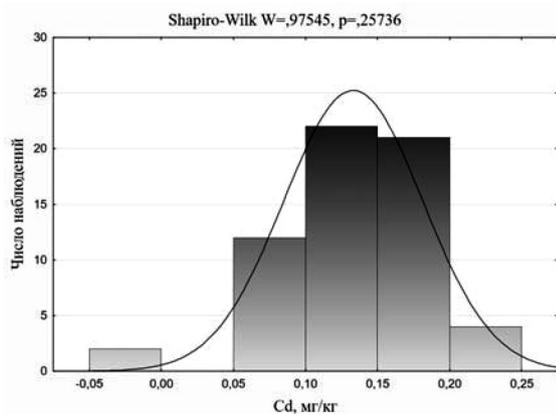
При  $K_M$  меньше единицы преобладают процессы самоочищения над процессами, способствующими накоплению примесей. При  $K_M$  больше единицы преобладают процессы накопления примесей над процессами самоочищения.

Установлено, что в долине р. Маймы, где расположен Горно-Алтайск, метеорологический показатель самоочищения атмосферы составил для зимнего периода 1,8, для весеннего — 1,2, для летнего — 1,5, для осеннего — 2,1. Таким образом, процессы, способствующие накоплению примесей в атмосфере, преобладают в течение всего года. Это обусловлено особенностями рельефа, котловинообразным расширением долины и незначительными перепадами высот при существенной повторяемости антициклональной погоды.

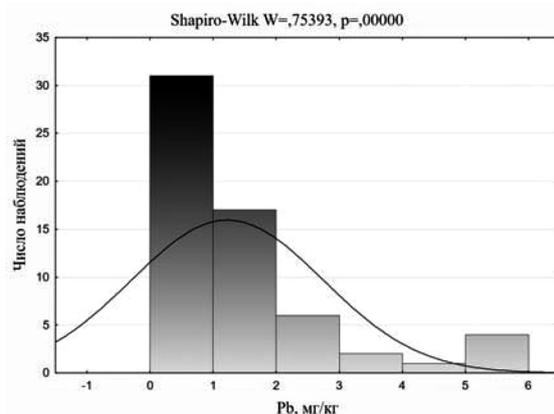
Проводили анализ на содержание микроэлементов в эктодермальной среде (шерсти) собак (*Canis lupus familiaris*), содержащихся на придомовых территориях Горно-Алтайска. Сбор образцов шерсти собак производился сотрудниками ветеринарной службы во время подвального обхода, а также в условиях клиники при оказании ветеринарных услуг животным. Всего для анализа использовали образцы шерсти, взятые у 61 собаки (33 мужского и 28 женского пола) в возрасте от 1 года до 13 лет (33 собаки 1–5 лет; 28 собак 6–13 лет). Учитывали район обитания животных: центральная (30 собак) и окраинная (31 собака) часть города.

Для снижения потерь микроэлементов при подготовке применяли метод мокрого озоления с использованием комплекса ТЭМОС-ЭКСПРЕСС (Томск). Масса навески шерсти составила 0,3–0,5 г. Каждый образец (две повторности) озоляли в следующей последовательности: 1) в тигли с образцами шерсти добавляли 2 мл  $\text{HNO}_3$  (конц.) и выпаривали до 0,5 мл при температуре 135 °С; 2) добавляли по 0,5 мл  $\text{HNO}_3$  (конц.) и  $\text{H}_2\text{O}_2$  (30 %), выпаривали при температуре 135 °С несколько раз до однородной золы серого цвета; 3) озоляли пробы при температуре 450 °С в течение 30 мин; 4) золу растворяли в 50 мл  $\text{HNO}_3$  (5 %). Определяли содер-

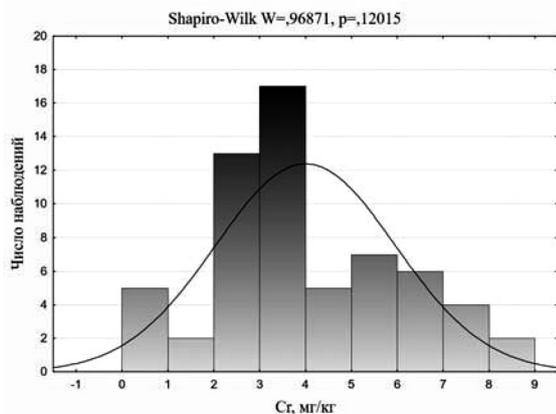
жание микроэлементов: кадмия (Cd), свинца (Pb), меди (Cu), хрома (Cr) и марганца (Mn). Применяли метод атомно-абсорбционного спектрального анализа («Квант-2», Москва). По результатам двух измерений каждого образца определяли среднее значение. Проверку нормальности распределения данных выполняли с помощью критерия Шапиро – Уилка (нулевую гипотезу отвергали при  $p \leq 0,05$ ). Данные химического анализа представлены как среднее значение, показатели медианы и моды, в качестве мер рассеивания проводили вычисление перцентилей 25–75 % ( $Q_1 - Q_3$ ). Значимость различий изучаемых параметров анализировали с применением критерия



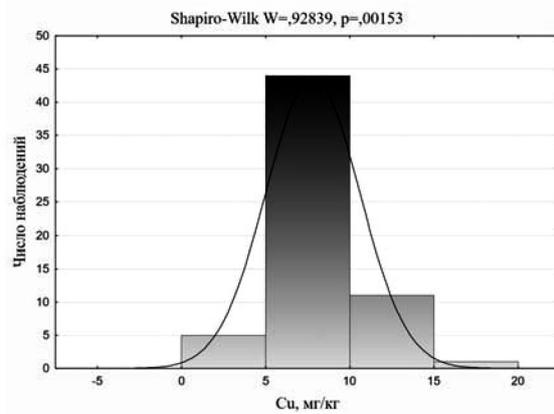
А



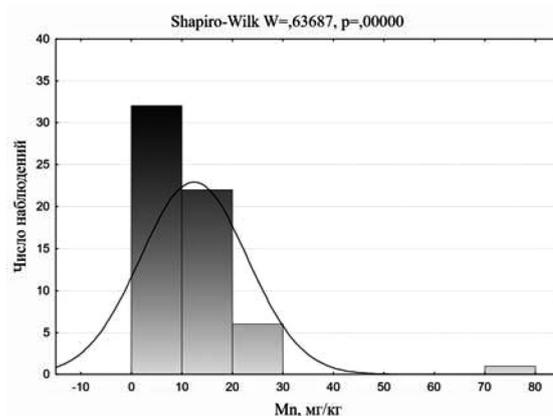
Б



В



Г



Д

Распределение значений концентрации микроэлементов в шерсти собак, содержащихся на придомовых территориях Горно-Алтайска

Манна – Уитни. Пороговое значение уровня значимости принимали равным 0,05.

**Результаты**

Показатель биологически допустимого уровня (БДУ) основан на данных о пределе физиологической адаптации к верхней и нижней границе концентрации микроэлемента, за пределами которой проявляются процессы нарушения гомеостаза [13, 18]. В случае отсутствия данных о БДУ для интерпретации результатов исследования и выявления доли животных с высоким содержанием микроэлементов в биоматериалах необходимо определение территориальных референтных значений по каждому элементу. По данным литературы, верхний уровень этих показателей может отличаться в зависимости от района обследования [7].

Распределение значений Cd подчинялось закону нормального распределения ( $W = 0,97$ ;  $p = 0,26$ ) (рисунок, А), среднее значение составило 0,13 мг/кг (табл. 1). Относительно данного показателя превышение концентрации Cd отмечалось у 41 % животных. В литературе приводятся данные по содержанию Cd в шерсти животных, обитающих в разных экологических условиях (табл. 2). Так, в шерсти собак провинции Кореи этот показатель составляет 0,11 мг/кг [17], в шерсти коз, овец, верблюдов южных районов Египта с разной токсикологической нагрузкой в пределах: 0,12–4,33, 0,1–6,25, 0,11–5,75 мг/кг соответственно [19], диких животных (*Cervus elaphus*) провинции Польши – 0,12–0,18 мг/кг [11], в шерсти здоровых овец и овец, подвергшихся влиянию тяжелых металлов, в районах Китая – 0,36 и 2,82 мг/кг соответственно [21] (см. табл. 2). Таким образом, референтное значение концентрации Cd домашних собак, содержащихся на придворовых территориях Горно-Алтайска, существенно ниже, чем показатели, полученные авторами в исследованиях на сельскохозяйственных животных, обитающих в экологически загрязненных территориях, но несколько выше нижних границ представленного вариационного диапазона.

Из рисунка Б видно, что распределение значений Pb ( $W = 0,75$ ;  $p < 0,001$ ) отклонялось от нормального, показатель моды соответствовал уровню 0,1 (27) мг/кг, медианное значение – 0,87 мг/кг (см. табл. 1). При определении количества животных с превышением концентрации Pd в шерсти учитывали

среднее значение (1,23 мг/кг), относительно данного уровня превышение выявлено у 36,1 % животных. Вариационный размах 0,1–5,71 мг/кг (см. табл. 1) показывает присутствие в шерсти животных высоких концентраций, соответствующих значениям 5,71 мг/кг. Для человека эти значения превышают верхний порог БДУ (2,5–5,0 мг/кг) [4, 7]. По данным литературы, содержание Pb в шерсти собак составляет 1,47 мг/кг [17], сельскохозяйственных животных – 0,35–13,00 мг/кг [19], диких животных – 7,54–10,16 мг/кг [11], в шерсти здоровых и пораженных тяжелыми металлами овец – 1,16 и 3,76 мг/кг соответственно [21] (см. табл. 2). В представленном ряду концентраций Pb разных регионов референтное значение домашних собак Горно-Алтайска приближено к сравнительно низким значениям.

Таблица 1

**Концентрация микроэлементов в шерсти домашних собак, содержащихся на придомовых территориях Горно-Алтайска**

Микро-элемент	Среднее	Медиана	Мода	Min-Max	Q <sub>1</sub>	Q <sub>3</sub>
Cd	0,13	0,14	0,11	0,00–0,23	0,10	0,16
Pb	1,23	0,82	0,10	0,10–5,71	0,10	1,66
Cu	7,80	7,37	–	0,81–18,10	5,97	8,97
Cr	4,00	3,71	3,24	0,51–8,28	2,59	5,40
Mn	12,36	9,12	–	2,82–77,51	6,35	14,20

Распределение показателей Cr статистически не отличалось от нормального ( $W = 0,97$ ;  $p = 0,12$ ) (рисунок, В), относительно среднего значения (4,0 мг/кг) (см. табл. 1) у 32,8 % собак отмечались более высокие концентрации элемента. По данным авторов [17], референтное значение концентрации Cr в шерсти собак составляет 2,41 мг/кг (см. табл. 2), в волосах человека показатель в норме составляет 0,15–1,5 мг/кг [7]. Выявленные значения концентрации Cr в шерсти собак в данном исследовании существенно выше, чем у других авторов.

В распределении значений Cu выявлено статистически значимое отклонение от нормального ( $W = 0,93$ ;  $p = 0,001$ ) (рисунок, Г), медиана данного элемента соответствовала уровню 7,37 мг/кг, превышение среднего уровня (7,8 мг/кг) составило 40,9 %. Референтное значение концентрации Cu в шерсти обследованных собак сравнивали с данными литературы. В шерсти овец, обитающих в сравнительно

Таблица 2

**Значения концентрации микроэлементов в шерсти животных разных регионов**

Регион	Животные	Референтные значения, мг/кг					Источник
		Cd	Pb	Cu	Cr	Mn	
Китай	Здоровые овцы	0,36	1,16	3,73	–	4,63	[21]
	Овцы, пораженные тяжелыми металлами	2,82	3,76	9,87	–	4,89	
Египет	Козы	0,12–4,33	0,35–12	–	–	2,71–35	[19]
	Овцы	0,1–6,25	0,01–8,9	–	–	4,33–55	
	Верблюды	0,11–5,75	0,9–13	–	–	5,0–41	
Польша	Благородный олень	0,12–0,18	7,54–10,16	16,95–17,98	–	13,87–19,29	[11]
Корея	Домашние собаки	0,11	1,47	–	2,41	–	[17]

благоприятных экологических условиях Китая, показатель составил 3,73 мг/кг [21], что существенно ниже значения, полученного в данном исследовании (7,8 мг/кг). У овец, обитающих в загрязненном районе китайской провинции, концентрация Си соответствовала значению 9,87 мг/кг [21]. Таким образом, референтное значение концентрации Си в шерсти собак Горно-Алтайска по сравнению с данными литературы соответствует среднему уровню.

Медианное значение Мп ( $W = 0,64$ ;  $p < 0,001$ ) составило 9,12 мг/кг (рисунок, Д). Превышение среднего значения (12,36 мг/кг) среди обследованных животных – 36 %. Исследования других авторов показали, что концентрация Мп у овец загрязненного и сравнительно благополучного регионов Китая не зависела от экологического состояния среды обитания и составила 4,89 и 4,63 мг/кг соответственно [21]. В шерсти сельскохозяйственных животных, содержащихся на пастбищах южных районов Египта с различной экологической обстановкой, концентрация Мп варьировала в пределах 2,71–55 мг/кг [19], в шерсти диких животных, обитающих в провинции Польши – 13,87–19,29 мг/кг [11]. Концентрация Мп в шерсти домашних собак Горно-Алтайска по сравнению с результатами, представленными в литературе, соответствует среднему уровню.

В целом среди проанализированных образцов шерсти 33–41 % животных относительно территориальных референтных значений выявлены сравнительно высокие показатели концентрации микроэлементов. Содержание микроэлементов в шерсти собак не зависело от возраста, пола и района обитания животных. Следовательно, превышение территориальных референтных значений концентрации микроэлементов отмечалось примерно у третьей части животных независимо от района обитания во всех возрастно-половых группах.

### Обсуждение результатов

Низкая ожидаемая продолжительность жизни в ряде регионов России, в числе которых и Республика Алтай (68,4 года) [12], свидетельствует о неблагоприятном состоянии здоровья населения; при этом среди ведущих причин смертности – болезни системы кровообращения и новообразования [15]. По оценкам ВОЗ, около 58 % случаев преждевременной смерти, связанной с загрязнением атмосферного воздуха, происходит в результате ишемической болезни сердца и инсульта, 6 % – в результате рака легких [3]. Для оценки экологического состояния атмосферного воздуха селитебных территорий в качестве индикатора используют образцы животной ткани.

В образцах шерсти домашних собак, содержащихся на придомовых территориях Горно-Алтайска, прогнозировались концентрации микроэлементов, приближенные к показателям экологически благоприятных регионов. Результаты исследования показали, что примерно у 37 % собак содержание микроэлементов превышало референтные значения. При

сравнении полученных результатов с показателями других регионов с различной экологической обстановкой установили, что в вариационном диапазоне микроэлементного состава шерсти животных значения Горно-Алтайска соответствуют среднему уровню.

Известно, что микроэлементы поступают во внутреннюю среду животных и человека при употреблении пищи и воды, а также при вдыхании аэрозолей или твердых частиц (ТЧ) с атмосферным воздухом [2]. По данным экологических служб Республики Алтай, содержание микроэлементов в питьевой воде и продуктах питания Горно-Алтайска соответствует допустимым концентрациям [1]. Результаты исследования авторов [5] показали, что количественный состав микроэлементов в лишайнике, произрастающем на кровлях в пределах городской среды, ассоциируется с составом кузнецкого угля. По всей видимости, одним из вероятных источников поступления микроэлементов в организм животных могут быть вдыхаемые мелкодисперсные ТЧ выбросов отопительных систем и выхлопов двигателей внутреннего сгорания. По данным литературы [16, 20], биодоступность многих микроэлементов увеличивается с уменьшением размера ТЧ. Мелкодисперсная среда ТЧ, абсорбирующих элементы, обеспечивает всасывание экзотоксикантов через аэрогематический барьер [9].

Известно, что ежегодно в мире сжигается более 10 млрд тонн топлива, при этом опасных веществ в атмосферу поступает больше, чем включается в биологический круговорот [16, 20]. Республика Алтай с ее малочисленными промышленными предприятиями и низкой плотностью населения признается экологически благоприятным регионом. В то же время низкая продолжительность жизни, высокий процент смертности от онкозаболеваний и болезней системы кровообращения среди жителей республики оставляют открытым вопрос о причинах, провоцирующих неблагоприятную демографическую обстановку. Результаты настоящего исследования позволяют предположить, что население республики подвергается пролонгированному воздействию металлов в дозах, не позволяющих выявить признаки выраженного отравления, но в количествах, превышающих пороговые концентрации настолько, чтобы вызывать нарушение механизмов гомеостаза, провоцировать развитие заболеваний, этиология которых сложна для анализа. По данным литературы, подобные изменения в организме проявляются в результате эффекта накопления околопороговых доз токсиканта [7, 8]. В Республике Алтай одним из вероятных путей поступления тяжелых металлов в организм является вдыхание мелкодисперсных ТЧ от выбросов твердотопливных отопительных системы и выхлопов двигателей внутреннего сгорания. В условиях слабого самоочищения воздушного бассейна особенно актуально снижение использования каменного угля и жидкого автомобильного топлива. Так, при пылевой нагрузке 129 кг/км<sup>2</sup>/сут максимальное содержание ТЧ в атмосферном воздухе Горно-Алтайска составляет

5,7 мг/м<sup>3</sup>, что значительно превышает допустимые значения (ПДК = 0,5 мг/м<sup>3</sup>). Для корреляционного анализа количественного содержания тяжелых металлов в ткани животных с микроэлементами, поступающими из атмосферного воздуха, необходимо провести оценку их концентрации в ТЧ воздушного бассейна территории города.

### Заключение

В вариационном диапазоне микроэлементного состава шерсти животных других регионов с различной экологической обстановкой полученные результаты по Горно-Алтайску соответствуют среднему уровню. Содержание тяжелых металлов в эктодермальной среде животных отражает особенности процессов аккумуляции экзотоксикантов, обусловленные концентрацией, характером аэрозолей и условиями самоочищения воздушного бассейна города. Для аппроксимации количественного содержания тяжелых металлов в ткани животных с микроэлементами, поступающими из атмосферного воздуха, необходим анализ их концентрации в ТЧ воздушного бассейна территории города.

### Авторство

Чанчаева Е. А. провела пробоподготовку образцов волос животных, анализ и обсуждение результатов исследования, подготовила первый вариант статьи; Лапин В. С. провел работу по сбору и озолению образцов шерсти животных; Кузнецова О. В. определила содержание микроэлементов в растворах образцов шерсти животных на атомно-абсорбционном анализаторе; Куриленко Т. Н. провела анализ литературных данных о содержании тяжелых металлов в различных звеньях биогеоценоза Республики Алтай; Айзман Р. И. внес существенный вклад в концепцию, провел редакцию и правку окончательного варианта статьи.

Чанчаева Елена Анатольевна – ORCID 0000-0001-5281-1145; SPIN 1295-9908

Лапин Виталий Сергеевич – ORCID 0000-0003-3351-2056; SPIN 5625-9760

Кузнецова Ольга Викторовна – ORCID 0000-0001-7321-0824; SPIN 8626-0733

Куриленко Татьяна Калауиденовна – ORCID 0000-0002-7527-8686; SPIN 6761-7129

Айзман Роман Иделевич – ORCID 0000-0002-7776-4768; SPIN 5778-9814

### Список литературы / References

1. Доклад Автономного учреждения Республики Алтай «Алтайский региональный институт экологии» о состоянии и об охране окружающей среды Республики Алтай. URL: [http://altai-republic.ru/society/doklad\\_nature](http://altai-republic.ru/society/doklad_nature) (дата обращения: 26.11.2020)

Report of the Autonomous institution of the Altai Republic "Altai regional Institute of ecology" on the state and environmental protection of the Altai Republic in 2016. Available at: [http://altai-republic.ru/society/doklad\\_nature\\_2020.pdf](http://altai-republic.ru/society/doklad_nature_2020.pdf) (accessed: 26.11.2020) [In Russian]

2. Зайцева Н. В., Землянова М. А. Исследование острой токсичности аэрозоля нанодисперсного оксида марганца для прогнозирования опасности здоровью работающих и

населения при ингаляционной экспозиции // Анализ риска здоровью. 2018. № 1. С. 89–97.

Zaitseva N. V., Zemlyanova M. A. Research on acute toxicity of nanodisperse manganese oxide aerosol for predicting health hazards for workers and population under inhalation exposure. *Анализ риска здоровью* [Health risk analysis]. 2018, 1, pp. 89-97. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.10 [In Russian]

3. Качество атмосферного воздуха и здоровье: информационный бюллетень Всемирной организации здравоохранения. 2 мая 2018. URL: [http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения: 14.04.2020).

Air quality and health: a newsletter of the World Health Organization. May 2, 2018. Available at: [http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (accessed: 26.11.2020) [In Russian]

4. Любченко П. Н., Ревич Б. А., Левченко И. И. Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами: методические рекомендации (МЗ СССР 28.11.1988). М., 1989. 24 с.

Lyubchenko P. N., Revich B. A., Levchenko I. I. Screening methods for identifying high-risk groups among workers in contact with toxic chemical elements: guidelines (MH of the USSR 28.11.1988). Moscow, 1989. 24 p. [In Russian]

5. Робертус Ю. В., Рихванов Л. П., Ситникова В. А. Элементный состав лишайника на шифере как биоиндикатор загрязнения атмосферы агломерации г. Горно-Алтайска // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. № 4 (329). С. 70–78.

Robertus Yu. V., Rihvanov L. P., Sitnikova V. A. The elemental composition of lichen on roofing slate as a bioindicator of atmospheric pollution in Gorno-Altai. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov* [Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Engineering of geo resources]. 2018, 4 (329), pp. 70-78. [In Russian]

6. Скальный А. В., Грабеклис А. Р., Скальная М. Г., Тармаева И. Ю., Киричук А. А. Химические элементы в гигиене и медицине окружающей среды. М.: РУДН, 2019. 339 с.

Skalny A. V., Grabeklis A. R., Skalnaya M. G., Tarmaeva I. Yu., Kirichuk A. A. *Chemical elements in environmental hygiene and medicine*. Moscow, 2019, 339 p. [In Russian]

7. Селегей Т. С. Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы Сибирского экономического района // Труды Западно-Сибирского регионального НИИ Госкомгидромета, 1989. № 86. С. 84–89.

Selegay T. S. Meteorological potential of self-purification of the atmosphere of the Siberian economic district. *Trudy Zapadno-Sibirskogo regional'nogo NII Goskomgidrometa* [Proceedings of the West Siberian Regional Research Institute of the State Hydrometeorology Committee]. 1989, 86, pp. 84-89. [In Russian]

8. Трофимович-Пиастро Е. М., Айзман Р. И. Гигиена населения. Новосибирск: Плюс Реклама, 2019. 608 с.

Trofimovich-Piastro E. M., Aizman R. I. *Hygiene of the population*. Novosibirsk, Plus Reklama Publ., 2019, 608 p. [In Russian]

9. Brewer E., Li Y., Finken B., Quartucy G., Muzio L., Baez Al., Garibay M., Jung H. S PM<sub>2.5</sub> and ultrafine particulate matter emissions from natural gas fired turbine for power generation. *Atmospheric Environment*. 2016, 4, pp. 141-149. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2015.11.048

10. Chanchaeva E. A., Sukhova M. G., Sidorov S. S.

Problems of the health status of children and atmospheric air of Gorno-Altai under the conditions of increasing transport load. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019, 395, pp. 1-5. DOI: 10.1088/1755-1315/395/1/012004

11. Cygan-Szczegielniak D., Stanek M., Stasiak K., Rocołewska A., Janicki B. The Content of Mineral Elements and Heavy Metals in the Hair of Red Deer (*Cervus elaphus* L.) from Selected Regions of Poland. *Folia Biologica (Kraków)*. 2018, 66. DOI: 10.3409/FB62\_3.163

12. Danilova I. A. Interregional inequality in life expectancy in Russia and its age cause of death components Social aspects of public health. *Social Aspects of Population Health*. 2017, 57, p. 3. DOI: 10.21045/2071-5021-2017-57-5-3

13. Du B., Zhou J., Lu B., Zhang C. Environmental and human health risks from cadmium exposure near an active lead-zinc mine and a copper smelter, China. *Science of The Total Environment*. 2020, 720. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137585

14. Esposito M., De Roma A., Maglio P. Bianco R., De Martinis C., Rosato, G. et al. Heavy metals in organs of stray dogs and cats from the city of Naples and its surroundings (Southern Italy). *Environmental Science and Pollution Research*. 2019, 26, pp. 3473-3478. DOI: 10.1007/s11356-018-3838-5

15. Lotrič Dolinar A., Došenović Bonča P. Sambt J. Longevity in Slovenia: Past and potential gains in life expectancy by age and causes of death. *Slovenian Journal of Public Health*. 2017, 2 (56), pp. 124-130. DOI: 10.1515/sjph-2017-0016

16. Olumayede E. G., Ediagbonya T. F., Ojiodu C., Oguntimehin I. Particle-Size Distribution and Bioaccessibility of Metals-Loaded in Street Dust of Urban Center in

Southwest Nigeria. *Preprints*, 2017. DOI: 10.20944/preprints201710.0109.v1

17. Park S. H., Lee M. H., Kim S. K. Studies on the concentrations of Cd, Pb, Hg and Cr in dog serum in Korea. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2005, 18 (11), pp. 1623-1627. DOI: 10.5713/ajas.2005.1623

18. Rafati Rahimzadeh M, Rafati Rahimzadeh M, Kazemi S, Moghadamnia A-A. Cadmium toxicity and treatment: An update. *Caspian Journal of Internal Medicine*. 2017, 8 (3), pp. 135-45. DOI: 10.22088/cjim.8.3.135

19. Rashed M. N., Soltan M. E. Animal hair as biological indicator for heavy metal pollution in urban and rural areas. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2005, 110 (1-3), pp. 41-53. DOI:10.1007/S10661-005-6288-8

20. Phi T. Ha., Chinh P. M., Cuong D. D. Elemental Concentrations in Roadside Dust Along Two National Highways in Northern Vietnam and the Health-Risk Implication. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2017, 74, pp. 46-55. DOI: 10.1007/s00477-013-0790-2

21. Shen X., Chi Y., Xiong K. The effect of heavy metal contamination on humans and animals in the vicinity of a zinc smelting facility. *Public Library of Science One*. 2019, 14 (10), pp. e0207423. DOI: 10.1371/journal.pone.0207423

#### Контактная информация:

Чанчаева Елена Анатольевна — доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры физического воспитания и спорта, физиологии и безопасности жизнедеятельности психолого-педагогического факультета ФГБОУ ВО «Горно-Алтайский государственный университет»

Адрес: 649000, Республика Алтай, г. Горно-Алтайск, ул. Ленкина, д. 1

E-mail: chan.73@mail.ru

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СОСТАВА ИСКУССТВЕННЫХ ГАЗОВЫХ СРЕД, ПОТЕНЦИАЛЬНО ПРИМЕНИМЫХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ ОБИТАЕМЫХ ГЕРМООБЪЕКТОВ

© 2020 г. <sup>1,3</sup>Э. Н. Безкишкий, <sup>2</sup>А. О. Иванов, <sup>4</sup>А. Ю. Ерошенко, <sup>3</sup>Ю. Е. Барачевский, <sup>4</sup>Д. В. Шатов, <sup>4</sup>А. А. Танова, <sup>5</sup>С. Н. Линченко, <sup>4</sup>С. М. Groshilin

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова, г. Санкт-Петербург; <sup>2</sup>НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия им. адмирала Н. Г. Кузнецова», г. Санкт-Петербург; <sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Архангельск; <sup>4</sup>ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону; <sup>5</sup>ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Краснодар

Одним из направлений обеспечения безопасной эксплуатации обитаемых герметизируемых объектов является создание в них гипоксических газовых сред, пригодных для дыхания и снижающих риск пожаров. *Цель* – проверка влияния на человека нормобарических гипоксических сред различного состава для выбора сред, потенциально применимых для повышения пожаробезопасности обитаемых гермообъектов. *Методы*. В рандомизированном контролируемом испытании участвовали 60 мужчин 20–55 лет, распределенных на три группы (по 20 человек) в зависимости от состава газовой среды, в которой они находились в течение 4 часов. Состав газовых сред: № 1 – кислород = 16–17 %, азот – остальное; № 2 – кислород = 14–15 %, азот – остальное; № 3 – кислород = 14 %, аргон = 35 %, азот – остальное. Функциональное состояние испытуемых оценивали с помощью анкет жалоб, физиологических критериев и функциональных проб. *Результаты*. Установлено, что наиболее выраженные негативные изменения субъективного статуса, физиологических параметров, переносимости функциональных нагрузок имели место при пребывании испытуемых в газовой среде № 2, причем по большинству показателей у них зафиксированы значимые ( $p < 0,05–0,001$ ) различия по сравнению с представителями других групп. Выявленные факты указывают на недопустимость применения таких сред в обитаемых гермообъектах. Пребывание в газовых средах № 1 и № 3 сопровождалось в целом сопоставимыми и допустимыми изменениями функционального состояния, несмотря на существенно меньшее содержание кислорода в аргоносодержащей среде (№ 3). *Выводы*. Для повышения пожаробезопасности обитаемых гермообъектов допустимо применение газовых сред № 1 и № 3. Добавление в гипоксические среды аргона позволяет снизить негативные эффекты кислородной недостаточности, что дает возможность использовать газовые среды с большей степенью гипоксии и, следовательно, более эффективные для обеспечения пожарозащищенности обитаемых гермообъектов.

**Ключевые слова:** пожаробезопасные газовые среды, аргон, обитаемые герметизируемые объекты

## PHYSIOLOGICAL JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF THE ARTIFICIAL GAS ENVIRONMENTS COMPOSITION POTENTIALLY APPLICABLE FOR IMPROVING THE FIRE SAFETY OF INHABITED SEALED OBJECTS

<sup>1,3</sup>E. N. Bezkishkii, <sup>2</sup>A. O. Ivanov, <sup>4</sup>A. Yu. Eroshenko, <sup>3</sup>Yu. E. Barachevskii, <sup>4</sup>D. V. Shatov, <sup>4</sup>A. A. Tanova, <sup>5</sup>S. N. Linchenko, <sup>4</sup>S. M. Groshilin

<sup>1</sup>Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg; <sup>2</sup>Adm. N. G. Kuznetsov Naval Academy, St. Petersburg; <sup>3</sup>North State Medical University, Arkhangelsk; <sup>4</sup>Rostov State Medical University, Rostov-on-Don; <sup>5</sup>Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

One of the trends for ensuring the safe operation of sealed inhabited objects is the creation of hypoxic gas environments, suitable for breathing and reducing the risk of fires. *The aim* was to test the effect of normobaric hypoxic environments of various compositions on a person, to select environments that are potentially applicable to improve fire safety of inhabited sealed objects. *Methods*. The randomized controlled study involved 60 men aged 20–55 years, divided into 3 groups (20 people each) depending on the composition of the gas environment in which they were kept for 4 hours. The composition of the tested gas environments: No. 1 - oxygen = 16–17 %, nitrogen - the rest; No. 2 - oxygen = 14–15 %, nitrogen - the rest; No. 3 - oxygen = 14 %, argon = 35 %, nitrogen - the rest. The functional state of the subjects was assessed using complaint forms, physiological criteria and functional tests. *Results*. The most pronounced negative changes in subject's functionality were found when the subjects were in the gas environment No. 2, and the most of the indicators showed significant ( $p < 0.05–0.001$ ) differences compared to other groups. The revealed facts indicate the inadmissibility of using such environments. The stay in gas environments No. 1 and No. 3 was accompanied by comparable and acceptable changes in the functional state of the subjects, despite the significantly lower oxygen content in the argon-containing medium (No. 3). *Conclusions*. 1. To increase the fire safety of inhabited pressurized objects, it is permissible to use gas environments No. 1 and No. 3. 2. Addition of argon to hypoxic environments reduces the negative effects of oxygen deficiency, which makes it possible to use gas environments with a higher degree of hypoxia and, therefore, more effective for ensuring fire protection of inhabited sealed objects.

**Key words:** fireproof gas environments, argon, inhabited sealed objects

**Библиографическая ссылка:**

Безкишкий Э. Н., Иванов А. О., Ерошенко А. Ю., Барачевский Ю. Е., Шатов Д. В., Танова А. А., Линченко С. Н., Грошилин С. М. Физиологическое обоснование выбора состава искусственных газовых сред, потенциально применимых для повышения пожаробезопасности обитаемых гермообъектов // Экология человека. 2020. № 12. С. 18–27.

**For citing:**

Bezkishkii E. N., Ivanov A. O., Eroshenko A. Yu., Barachevskii Yu. E., Shatov D. V., Tanova A. A., Linchenko S. N., Groshilin S. M. Physiological Justification of the Choice of the Artificial Gas Environments Composition Potentially Applicable for Improving the Fire Safety of Inhabited Sealed Objects. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 12, pp. 18-27.

Проблема обеспечения пожарозащищенности герметизируемых обитаемых объектов (ГОО) специального назначения, в частности подводных лодок (ПЛ), далека от своего разрешения. Яркими трагичными примерами, подтверждающими данное положение, являются объемные пожары на отечественных атомных ПЛ «Комсомолец» (1991) и «Лошарик» (2019), унесшие жизни нескольких десятков подводников [16, 17].

Вероятность возникновения и интенсивность развития пожара на ГОО, кроме наличия и массы пожароопасных или взрывчатых веществ, величин наличного барометрического давления, температуры, напрямую определяются содержанием кислорода в газовой среде [1, 2, 12]. Отсюда следует, что пожаробезопасность объекта будет тем выше, чем ниже процентный состав по кислороду поддерживаемой в нем искусственной газовой среды (ИГС). Данное положение является теоретическим базисом разработки гипоксических ИГС для повышения пожарозащищенности ГОО и других спецобъектов [12, 13, 15].

В настоящее время считается доказанным, что горение основных конструкционных материалов, используемых при строительстве современных ГОО, прекращается при концентрации кислорода в нормобарических ИГС на уровне примерно 14 %, а тление – при 12 % [10, 12, 28]. Также известно, что концентрация кислорода 11 % прекращает возгорание практически всех материалов, его содержание на уровне 15 % не поддерживает горение, а горючесмазочные материалы (в том числе бензин) не горят при концентрации кислорода 14 % и менее [9, 28]. Следовательно, целевой концентрацией кислорода в пожаробезопасных ИГС следует считать его уровень около 14 %. В качестве максимальной концентрации, при которой достигается существенное повышение пожарозащищенности ГОО, может рассматриваться содержание в диапазоне 16–17 %. Однако пребывание человека в подобных ИГС небезопасно в связи с ограниченными функциональными возможностями организма по компенсации дефицита кислорода в окружающей среде [23, 25, 29], что, в случае создания таких сред в ГОО, может привести к недопустимому снижению работоспособности персонала.

Одним из возможных вариантов использования гипоксических ИГС в ГОО является создание гипоксических сред в наиболее энергонасыщенных и пожароопасных герметичных помещениях (отсеках) объекта, где допустимо периодическое пребывание персонала, которое, как показывают расчеты бюропроектантов ГОО, может составлять примерно до 4 часов в сутки [3]. Другим направлением в решении

рассматриваемой проблемы является использование в составе нормобарической пожаробезопасной ИГС инертного газа аргона, обладающего антигипоксическими эффектами на организм и, вследствие этого, позволяющего улучшить переносимость острой и хронической гипоксии [11, 19, 27].

С учетом изложенного целью данного исследования явилась проверка влияния на человека 4-часового пребывания в нормобарических гипоксических газовых средах различного состава для выбора ИГС, потенциально применимых для повышения пожаробезопасности ГОО.

**Методы**

Проведенное исследование относилось к проспективно-когортному типу.

На основании большого числа наших предварительных исследований [3, 4], а также многочисленных работ других специалистов в области гипоксической физиологии и медицины, безопасности жизнедеятельности [1, 2, 11, 15, 24, 28] для тестирования были выбраны три ИГС различного состава, которые, как указывалось выше, значительно снижают риск пожаров и возгораний основных конструкционных материалов ГОО: № 1 – кислород = 16–17 %, азот – остальное; № 2 – кислород = 14–15 %, азот – остальное; № 3 – кислород = 14 %, аргон = 35 %, азот – остальное. Естественно, что ИГС № 2 и 3 обладают большей противопожарной эффективностью, чем среда № 1, но при этом являются более опасными для человека в связи с относительно меньшим содержанием кислорода.

В исследованиях участвовали 60 добровольцев, посредством стратифицированной рандомизации (метод «конвертов») разделенных на три равные по численности группы сравнения в зависимости от моделируемой ИГС (группы 1, 2, 3 соответственно). Критерии включения в исследование: мужской пол; возраст 20–55 лет; нормостенический тип телосложения (индекс массы тела – ИМТ от 22 до 26 кг/м<sup>2</sup>); отсутствие медицинских противопоказаний для пребывания в заданных ИГС; подписание добровольного информированного согласия на участие в испытаниях. Критерии невключения: несоответствие хотя бы одному из критериев включения. Критерии исключения: невозможность или отказ от участия в исследованиях в полном объеме на любом из его этапов. В ходе сравнения сформированных групп по возрасту, антропометрическим, функциональным и анамнестическим признакам после рандомизации статистически значимых различий выявлено не было.

Исследования проводились на испытательных гипоксических стендах, сконструированных на базе АО «Ассоциация разработчиков и производителей систем мониторинга» (г. Санкт-Петербург). Оборудование стендов позволяло автоматически поддерживать (в пределах  $\pm 0,3$  %) моделируемые параметры ИГС (кислород, азот, аргон, диоксид углерода) и оптимальные параметры микроклимата (температура, влажность, скорость движения воздуха) в помещениях, где в течение заданного времени (по 4 часа) находились испытуемые. Конструкция стендов обеспечивала одновременное проведение гипоксических проб и выполнение запланированных исследований у шести человек.

При разработке методического комплекса, примененного в исследованиях, приоритет был отдан методикам оценки «динамических» компонентов функционального состояния, реакций которых можно было ожидать при воздействии на организм гипоксического стимула. Исследования (за исключением антропометрии), как правило, выполняли перед началом (исходное состояние) и в процессе проведения гипоксических проб.

Субъективный статус добровольцев оценивали с использованием анкеты, разработанной для исследования влияния на организм специфических условий гипоксической гипоксии [5]. Выраженность каждой жалобы оценивали по следующей шкале: 0 — отсутствие признака, 1–2 балла — умеренная выраженность признака, 3–4 балла — средняя выраженность, 5 баллов — максимальная выраженность. По данным, зафиксированным во время гипоксических проб, испытуемых в каждой группе распределяли на подгруппы по принципу «максимальной выраженности» любой из жалоб. Так, если хотя бы по одному симптому обследуемый отмечал, например, уровень 3 балла, даже при отсутствии других жалоб или меньшей их выраженности, его относили к подгруппе «Средняя степень выраженности субъективных отклонений».

Антропометрические показатели (масса тела и рост стоя) определяли однократно с использованием электронных медицинских весов и ростомера («ВМЭН-РЭП», Россия), после чего рассчитывали ИМТ ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ) [9].

Систолическое и диастолическое артериальное давление (САД, ДАД), частоту сердечных сокращений (ЧСС) измеряли с использованием акустических и автоматизированных тонометров (Япония, Швейцария), а также автоматизированного диагностического комплекса — АДК «МАРГ-Микролюкс» (Россия). По показателям антропометрии, ЧСС и АД вычисляли ряд традиционных расчетных показателей, характеризующих состояние системного кровообращения [9, 18, 22]: ударный объем (УО, мл), минутный объем крови (МОК, л/мин), среднединамическое давление (СДД, мм рт. ст.), индекс Робинсона (ИР, усл. ед.). Сатурацию капиллярной крови ( $\text{SaO}_2$ , %) определяли с использованием полярографического датчика АДК «МАРГ-Микролюкс» (Россия).

Применяли также ряд функциональных проб: пробы с задержкой дыхания и так называемые «кардиоваскулярные тесты» (КВТ).

Пробы с максимальной задержкой дыхания на вдохе (проба Штанге) и на выдохе (проба Генча) проводили по стандартному алгоритму [9, 22]. В течение 2 мин до начала проб и затем во время их проведения регистрировали ритмокардиограмму (РКГ) с использованием АДК «Поли-Спектр» (Россия). Оценивали прирост числа RR-интервалов (ед.) во время пробы (по сравнению со средней ЧСС до ее начала) как показатель «пульсовой» (физиологической) стоимости выполняемой респираторной нагрузки.

Основной задачей проведения КВТ была сравнительная оценка особенностей вегетативного обеспечения разномодальных нагрузок в нормоксии и при пребывании в ИГС как отражение степени напряжения функциональных резервов организма (ФРО). Применялась активная ортостатическая проба и проба с глубоким дыханием [18, 22]. Пробы проводились с параллельной регистрацией РКГ и АД на АДК «Поли-Спектр» и оценкой субъективного статуса (жалоб) испытуемых. В качестве объективных критериев ортостатической устойчивости вычисляли коэффициент  $30/15$  ( $K_{30/15}$ , отн. ед.), отражающий соотношение 30-го и 15-го RR-интервалов РКГ на 1-й минуте после перехода из положения лежа в вертикальное положение, а также изменение СДД. По результатам пробы с глубоким дыханием вычисляли коэффициент  $K_6$  (отн. ед.), отражающий соотношение максимального и минимального RR-интервалов во время пробы, а также изменение СДД. Интерпретацию результатов выполняли по стандартному алгоритму [8, 18, 22].

Статистическую обработку данных выполняли в соответствии с современными требованиями [6, 7] с применением программ Excel и Statistica. Проверку данных на нормальность распределения проводили с использованием критерия Шапиро — Уилка. В случае подчинения всех данных закону нормального распределения результаты в таблице представлялись в виде среднего значения ( $M$ ) и стандартного отклонения ( $\sigma$ ). При несоответствии распределения хотя бы одного из параметров нормальному результату в таблице представлялись в виде медиан ( $Me$ ) и квартилей ( $Q_{25}$ ,  $Q_{75}$ ). Различия в непрерывных показателях в связанных выборках оценивали по критерию Вилкоксона, в независимых — по критерию Манна — Уитни.

Проверку гипотез межгрупповых различий по качественному бинарному признаку проводили с использованием двустороннего точного критерия Фишера.

«Нулевую» гипотезу отвергали при уровне значимости различий  $p < 0,05$ .

Испытания проведены в соответствии с этическими требованиями к исследованиям с участием человека, изложенными в Хельсинкской декларации 1964 года и ее пересмотрах 1983 и 2013 годов.

### Результаты

Проводимые за испытуемыми наблюдения во время пребывания в ИГС и опрос жалоб показали, что

при дыхании в ИГС № 1 и № 3 у них отмечались незначительные изменения субъективного статуса в покое. Из жалоб зарегистрированы: кратковременное чувство тяжести в голове (у одного испытуемого из 1-й группы), чувство транзиторной нехватки воздуха и желание выполнять глубокое дыхание (у двух обследованных из 1-й и у трех из 3-й группы), «измененное, но четко не определяемое состояние» (у трех обследованных из каждой группы). Однако в целом 4-часовое пребывание испытуемых в ИГС № 1 и № 3 практически не сопровождалось существенным ухудшением их субъективного статуса. Большинство добровольцев (16 человек из каждой группы, 80 %) вообще не почувствовали изменений в их обычном состоянии, а у остальных восьми испытуемых (четыре человека из каждой группы, 20 %) негативные субъективные проявления почти полностью купировались уже в течение периода гипоксического воздействия (рис. 1).

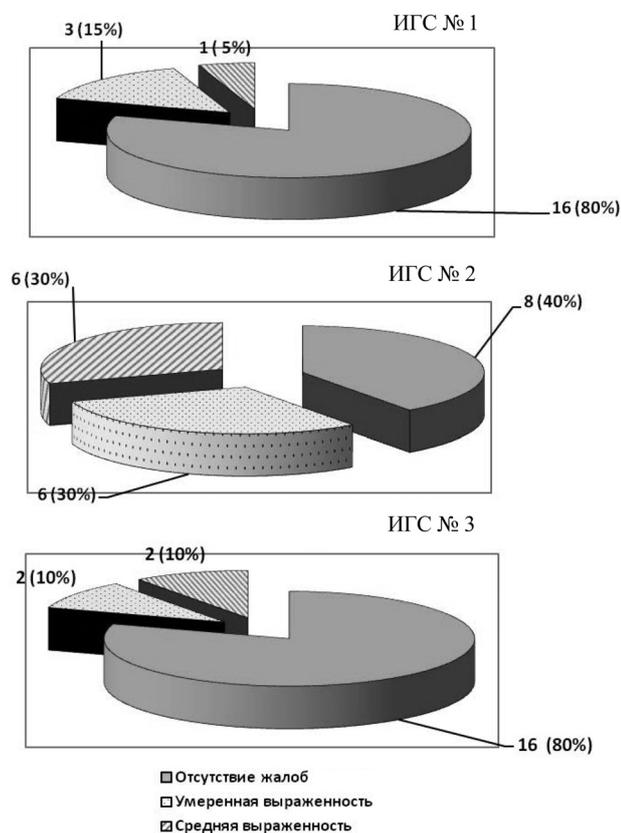


Рис. 1. Распределение испытуемых (n, %) сравниваемых групп в зависимости от изменений самочувствия при пребывании в заданных ИГС

Пребывание в ИГС № 2 сопровождалось чувством нехватки воздуха и компенсаторной одышкой у восьми (40 %) человек из 20, у трех из них отмечались легкое головокружение и головная боль, сохранившиеся в течение всего периода пребывания в гипоксической среде. Еще у двух испытуемых имели место кратковременные неприятные ощущения в области сердца, у одного из них – повышенная потливость, 10 (50 %) человек указали на формирование «измененного, но

четко не определяемого состояния». Общее число испытуемых из данной группы, у которых при пребывании в ИГС выявлены те или иные негативные отклонения субъективного статуса, составило 12 (60 %) человек, при этом отклонения средней степени выраженности отмечены у шести (30 %) человек. Следует, однако, отметить, что эти отклонения частично нивелировались уже в период гипоксического воздействия и полностью купировались после его окончания, что позволяло выполнить гипоксические пробы в полном объеме.

Различия в частоте случаев ухудшения субъективного статуса, которые наблюдались у испытуемых сравниваемых групп при пребывании в ИГС № 2 и ИГС № 1, № 3, были подтверждены статистически, что позволило отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии различий качественного бинарного признака (частота случаев ухудшения самочувствия в связи с воздействием ИГС).

Характерно, что пребывание в ИГС № 1 и № 3 сопровождалось сопоставимыми изменениями субъективного статуса испытуемых, несмотря на существенные различия в содержании кислорода в указанных средах. Данный факт, на наш взгляд, указывает на наличие антигипоксических эффектов аргона при его добавлении в газовые смеси с пониженным содержанием кислорода.

Подтверждение данному утверждению было получено при анализе результатов физиологических исследований. В табл. 1 представлены показатели соматического статуса, зафиксированные у испытуемых в нормоксии и при пребывании в заданных ИГС (условия оперативного покоя). Во время «герметизации» показатели регистрировали 1 раз в 30 мин, затем их значения усредняли.

Анализ результатов обследований, выполненных в нормоксических условиях, показал, во-первых, что у всех добровольцев оцениваемые показатели газотранспортных систем находились в пределах референтных значений. Во-вторых, межгрупповые различия по всем параметрам отсутствовали, позволяя корректно сравнивать данные, полученные при проведении гипоксических проб.

Пребывание добровольцев в ИГС сопровождалось ожидаемым развитием гиперкинетических реакций кислородтранспортных систем, направленных на экстренную компенсацию отклонений газового гомеостаза. Выраженность указанных реакций напрямую определялась степенью снижения кислорода в ИГС, однако при замещении части азота в ИГС аргоном данная зависимость становилась менее четкой.

Так, 4-часовое пребывание в ИГС № 1 ( $[O_2] = 16-17 \%$ ) не сопровождалось у лиц с сохранными механизмами компенсации гипоксии значимыми изменениями оцениваемых показателей, за исключением  $SaO_2$ , напрямую зависящего от парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе. При пребывании в ИГС № 2 ( $[O_2] = 14-15 \%$ ) изменения всех представленных показателей у испытуемых

Таблица 1

Динамика показателей кислородтранспортных систем испытуемых при пребывании в искусственных газовых средах различного состава, М ( $\sigma$ )

Показатель, ед. изм.	Группа Условия пребывания					
	Группа 1		Группа 2		Группа 3	
	Нормоксия	ИГС №1	Нормоксия	ИГС №2	Нормоксия	ИГС №3
САД, мм рт. ст.	123 (4)	126 (4)	124 (3)	132 (3) p=0,033 p1=0,048	122 (4)	125 (4) p2=0,049
ДАД, мм рт. ст.	77 (3)	80 (4)	78 (3)	87 (2) p=0,030 p1=0,044	76 (4)	81 (4) p2=0,048
СДД, мм рт. ст.	92 (2)	95 (3)	93 (4)	102 (4) p=0,041 p1=0,047	91 (4)	95 (3) p2=0,049
ЧСС, уд./мин	71 (3)	72 (4)	68 (4)	79 (5) p=0,025 p1=0,047	72 (4)	73 (3) p2=0,049
УО, мл	73 (3)	75 (3)	73 (3)	82 (5) p=0,028 p1=0,049	72 (5)	74 (3) p2=0,047
МОК, л/мин	5,18 (0,24)	5,54 (0,28)	4,96 (0,36)	6,48 (0,45) p=0,020 p1=0,028	5,18 (0,28)	5,40 (0,35) p2=0,027
ИР, усл. ед.	87 (4)	91 (4)	89 (4)	104 (6) p=0,018 p1=0,039	88 (4)	91 (3) p2=0,045
ЧДД, цикл/мин	12 (2)	15 (2)	13 (2)	22 (3) p=0,018 p1=0,009	13 (2)	18 (2) p=0,044 p1=0,049 p2=0,028
SaO <sub>2</sub> , %	98,5 (0,8)	92,3 (1,2) p<0,001	98,7 (0,4)	84,2(1,6) p<0,001 p1<0,001	98,6 (0,4)	87,2 (2,8) p<0,001 p1=0,012 p2=0,025

Примечание для табл. 1–3. Уровень значимости различий: p – по сравнению с нормоксическими условиями (по критерию Вилкоксона); p1 – по сравнению с группой 1, p2 – по сравнению с группой 2 (по критерию Манна – Уитни).

оказались статистически значимыми по сравнению с нормоксией. Кроме того, реактивность всех показателей в группе 2 оказалась большей, чем в группе 1.

Несмотря на идентичное содержание кислорода в ИГС № 2 и № 3, выраженность компенсаторных реакций со стороны всех представленных параметров в группе 3 оказалась значимо меньшей, чем в группе 2. При этом реактивность показателей системной гемодинамики в группах 1 и 3 была практически идентичной, а различия между показателями ЧДД и SaO<sub>2</sub> оказались сравнительно небольшими, несмотря на существенную разницу в содержании кислорода в ИГС № 1 и № 3.

Следует особо отметить, что лишь при пребывании в ИГС № 2 у части испытуемых (6 человек, 30 %) отмечался «выход» показателей за пределы референтных значений. Данный факт наряду с указанным ранее ухудшением субъективного статуса у этих же добровольцев, на наш взгляд, ставит под сомнение возможность безопасного длительного пребывания персонала в таких условиях без специальной подготовки даже в случае умеренной интенсивности труда.

Изменения рассматриваемых параметров в группах 1 и 3 находились в рамках «нормы реакции» и свидетельствовали о компенсации гипоксического

состояния. Факт более выраженных реактивных сдвигов ряда параметров у лиц 3-й группы, тем не менее, позволяет рассматривать их как допустимые, поскольку ни у одного из испытуемых данной группы стойкого или нарастающего ухудшения физиологических параметров при пребывании в ИГС не выявлено.

В ряде исследований показано [4, 5, 25], что даже при незначительном дефиците кислорода в окружающей атмосфере происходит снижение толерантности человека к транзитной аноксии, поэтому именно пробы с максимальной задержкой дыхания можно рассматривать как маркер степени гипоксического состояния. Для повышения информативности таких проб, кроме традиционного определения времени максимальной задержки дыхания на вдохе и выдохе (пробы Штанге и Генча), рекомендуется параллельно оценивать физиологические показатели, отражающие степень напряжения компенсаторных механизмов [5, 18, 22]. Поэтому при выполнении проб Штанге и Генча проводилась параллельная регистрация РКГ для оценки «пульсовой стоимости» этих нагрузок (табл. 2).

Результаты указанных исследований в нормоксических условиях показали наличие высокого или среднего уровня устойчивости к транзитной аноксии

Таблица 2

Показатели проб с задержкой дыхания у испытуемых в различных условиях пребывания, М (σ)

Проба	Показатель, балл	Группа Условия пребывания					
		Группа 1		Группа 2		Группа 3	
		Нормоксия	ИГС №1	Нормоксия	ИГС №2	Нормоксия	ИГС №3
Штанге	Время задержки дыхания, с	94 (5)	75 (6) p<0,001	96 (6)	55 (5) p<0,001 p1=0,001	93 (6)	67 (4) p<0,001 p1=0,042 p2=0,038
	«Пульсовая стоимость», число RR-интервалов, ед.	10,2 (0,6)	11,0 (0,4) p=0,043	10,4 (0,6)	8,6 (0,4) p=0,003 p1=0,015	10,9 (0,5)	13,4 (0,7) p=0,001 p1=0,048 p2<0,001
Генча	Время задержки дыхания, с	65 (3)	52 (2) p<0,001	67 (3)	34 (3) p<0,001 p1=0,002	66 (4)	45 (3) p<0,001 p1=0,045 p2=0,034
	«Пульсовая стоимость», число RR-интервалов, ед.	5,7 (0,2)	6,4 (0,3) p=0,048	6,1 (0,5)	4,7 (0,5) p=0,002 p1=0,012	6,1 (0,6)	7,7 (0,6) p=0,001 p1=0,045 p2<0,001

у большинства обследованных лиц. Значимых межгрупповых различий не определялось. Пребывание в ИГС сопровождалось ожидаемым уменьшением времени задержки дыхания на вдохе и выдохе у всех испытуемых, что привело к наличию статистически значимых различий по сравнению с первичным обследованием в трех выделенных группах.

Также ожидаемой оказалась тесная зависимость степени снижения времени максимально возможной задержки дыхания (на вдохе и выдохе) от концентрации кислорода в ИГС. Так, в группе 1 основные показатели проб Штанге и Генча снизились в среднем на 19 и 20 % по сравнению с нормоксией соответственно; в группе 2 – в среднем на 43 и 50 % соответственно.

Однако при добавлении в ИГС аргона эта зависимость изменялась: у лиц группы 3 редукция времени задержки дыхания на вдохе и выдохе (по сравнению

с нормоксией) была существенно меньшей, чем в группе 2, несмотря на эквивалентное содержание кислорода в ИГС № 2 и № 3. В частности, в группе 3 показатели проб Штанге и Генча снизились в среднем лишь на 28 и 32 % соответственно, что значимо меньше, чем в группе 2.

Особая динамика в группах сравнения была зафиксирована у показателя «пульсовой стоимости» выполняемых респираторных проб. Так, в группе 1 при пребывании в ИГС наблюдался по сравнению с нормоксией прирост показателя, составлявший в среднем 8 % при пробе Штанге и 9 % при пробе Генча.

В группе 2 зафиксирована противоположная динамика показателя, снижение которого при пробах Штанге и Генча составляло в среднем 17 и 22 % соответственно по отношению к нормоксическим условиям. У испытуемых группы 3 наблюдался наи-

Таблица 3

Показатели кардиоваскулярных тестов у испытуемых сравниваемых групп в различных условиях пребывания, Ме (Q25; Q75)

Методика	Показатель, ед. изм.	Группа Условия пребывания					
		Группа 1		Группа 2		Группа 3	
		Нормоксия	ИГС №1	Нормоксия	ИГС №2	Нормоксия	ИГС №3
Ортогостатическая проба	K <sub>30/15</sub> , отн. ед.	1,60 (1,37; 1,92)	1,55 (1,32; 1,86)	1,64 (1,31; 1,84)	1,22 (1,13; 1,55) p=0,001 p1=0,032	1,65 (1,32; 1,95)	1,47 (1,26; 1,77) p=0,042 p2=0,042
	Δ СДД, мм рт. ст.	-2 (-5; 0)	-2 (-3; 0)	0 (-3; 2)	-9 (-10; -4) p=0,021 p1=0,044	-1 (-2; 0)	-2 (-5; 0) p2=0,047
Глубокое дыхание	K <sub>6</sub> , отн. ед.	1,95 (1,70; 2,35)	1,82 (1,54; 2,32)	1,93 (1,67; 2,31)	1,51 (1,41; 1,80) p=0,024 p1=0,040	1,96 (1,75; 2,20)	1,72 (1,55; 1,99) p2=0,047
	Δ СДД, мм рт. ст.	0 (-2; 0)	-1 (-2; 0)	0 (-1; 1)	-5 (-6; -2) p=0,001 p1=0,045	0 (-1; 0)	-2 (-3; 0) p2=0,049

более выраженный прирост показателя (в среднем на 22 и 26 %) по сравнению с выполнением проб Штанге и Генча в обычных условиях пребывания. Возможно, подобная гиперэргическая реакция кислородтранспортных систем и дала возможность лицам группы 3 дольше переносить условия аноксии, чем это наблюдалось в группе 2.

Полученные факты явились очередным свидетельством антигипоксических эффектов аргона, позволяющих существенно повысить переносимость острого недостатка кислорода в окружающей атмосфере.

Подтверждение данному положению было получено при анализе результатов выполнения испытуемыми «кардиоваскулярных» тестов, направленных именно на углубленную оценку качества вегетативного обеспечения разномодальных нагрузок.

В табл. 3 представлена динамика показателей КВТ (ортостатическая проба, проба с глубоким дыханием) у испытуемых сравниваемых групп при пребывании в обычных условиях и в заданных ИГС. При тестировании в нормоксических условиях у всех добровольцев выявлены нормальные реакции вегетативных функций на перемену положения тела и искусственную гипервентиляцию. Значимых различий показателей проб между группами не отмечено.

Общей закономерностью изменений показателей КВТ в гипоксических условиях явилось ухудшение вегетативного обеспечения реакций на внешние воздействия, что отражало снижение ФРО. Наименее выраженными и статистически не значимыми сдвиги рассматриваемых критериев были у испытуемых группы 1. Наибольшими среди групп сравнения негативные тенденции со стороны рассматриваемых качеств при пребывании в ИГС оказались в группе 2.

В группе 3, несмотря на примерно эквивалентный по кислороду состав ИГС № 2 и № 3, пребывание в условиях гипоксии сопровождалось менее выраженными, чем в группе 2, негативными вегетативными реакциями при выполнении КВТ. Так, снижение коэффициентов  $K_{30/15}$  и  $K_6$  по сравнению с нормоксией составило в среднем 11 и 10 % соответственно. Отмечена также менее выраженная по сравнению с группой 2 негативная реакция  $\Delta$  СДД при выполнении тестов. При этом сдвиги всех рассматриваемых критериев КВТ у лиц группы 3, во-первых, не выходили за рамки «норм реакции», во-вторых, значимо не различались с таковыми в группе 1. Следовательно, можно констатировать, что у испытуемых групп 1 и 3, судя по динамике показателей КВТ, развивалась примерно идентичная и компенсированная стадия гипоксического состояния.

Что касается индивидуальных реакций обследованных лиц на гравитационную и респираторную нагрузку, то в группе 1 умеренно выраженные неблагоприятные субъективные проявления, а также негативные вегетативные реакции (падение артериального давления на 7–10 мм рт. ст., учащение пульса на 8–10 уд./мин) при перемене положения тела или во время пробы с глубоким дыханием от-

мечены у одного добровольца, что составило 5 % от всей выборки (рис. 2). В группе 3 число таких случаев составило два (10 %) из 20 наблюдений. При этом ни у одного из обследованных лиц в этих группах в процессе тестирования не наблюдалось выраженных негативных реакций вегетативного обеспечения КВТ.

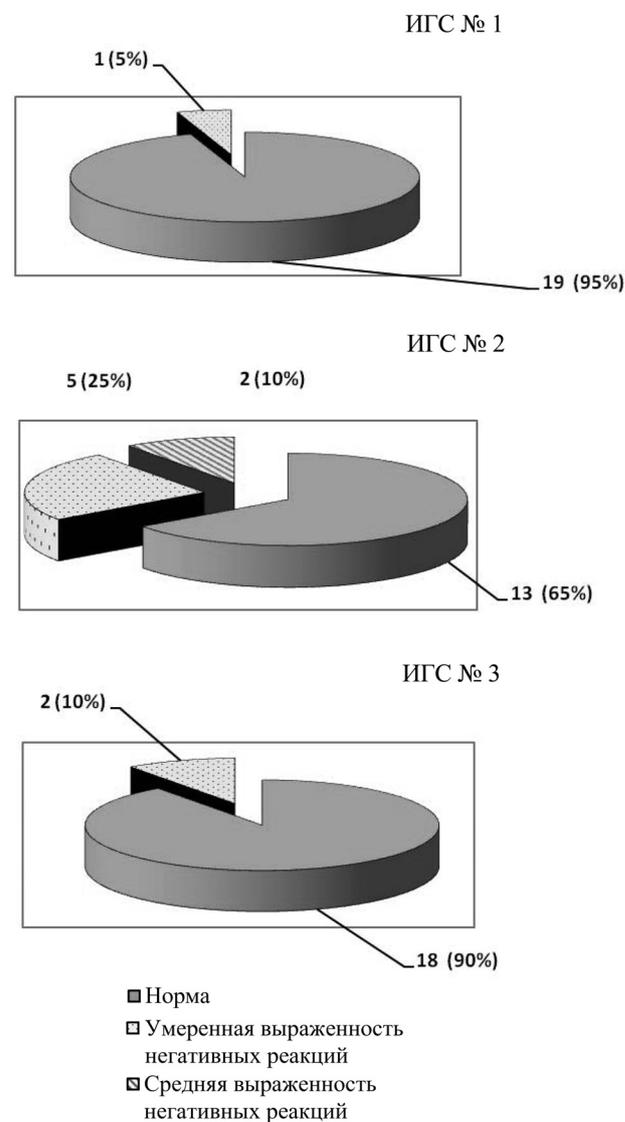


Рис. 2. Распределение испытуемых (n, %) в зависимости от качества вегетативного обеспечения КВТ при пребывании в заданных ИГС

В группе 2 число лиц, у которых при выполнении проб умеренно ухудшались субъективные и объективные критерии устойчивости к примененным воздействиям, составило пять (25 %) человек, еще у двух (10 %) испытуемых было выявлено значительное ухудшение функционального состояния (предобморочное состояние, головокружение, побледнение кожи, падение артериального давления более 10 мм рт. ст., прирост ЧСС более 15 уд./мин).

Проведенный статистический анализ категориальных данных (с использованием точного двустороннего критерия Фишера) показал, что по частоте негативных и нормальных вегетативных реакций при

проведении КВТ между группами 1 и 2 имели место значимые различия. Различия между группами 2 и 3 были близки к статистически значимым. Различия между группами 1 и 3 отсутствовали.

### Обсуждение результатов

Результаты межгрупповых сравнений в трех группах следует интерпретировать с осторожностью, так как коррекция на инфляцию ошибки первого рода не проводилась. Тем не менее проведенное исследование позволило предварительно оценить выраженность изменений функционального состояния человека при пребывании в ИГС различного состава, потенциально применимых для повышения пожаробезопасности ГОО специального назначения. Полученные в исследовании результаты можно интерпретировать как свидетельство градуального негативного влияния дефицита кислорода в ИГС на субъективный статус, состояние физиологических газотранспортных систем, устойчивость человека к разномодалным воздействиям, требующим специфического вегетативного обеспечения. Однако добавление в гипоксические ИГС аргона позволяет снизить депримирующие эффекты кислородной недостаточности, что, по всей видимости, связано с особыми протекторными эффектами аргона на клетки и ткани, наиболее зависимые от объема кислородного обеспечения.

При содержании кислорода в азотсодержащих ИГС около 17–16 % (ИГС № 1) у здорового, нетренированного к гипоксии человека приспособительные механизмы практически полностью компенсируют дефицит кислорода в состоянии оперативного покоя. Дефицит кислорода при «остром» воздействии таких ИГС проявляется лишь в снижении переносимости транзиторной аноксии. Следовательно, такие ИГС являются потенциально пригодными для применения в целях снижения пожаробезопасности ГОО, в том числе при длительной герметизации.

При 4-часовом пребывании человека в азотсодержащих ИГС с содержанием кислорода около 14 % (ИГС № 2) устойчивая и достаточная компенсация дефицита кислорода затруднительна для значительной части здоровых лиц, у которых вероятными являются ухудшение функционального состояния даже в условиях оперативного покоя, существенное снижение устойчивости к разномодалным нагрузкам. Следовательно, применение таких ИГС для повышения пожарозащищенности ГОО представляется небезопасным для персонала не только при длительном, но и даже периодическом пребывании в них. Однако формирование подобных ИГС не исключается в особых ситуациях, например, при так называемом «регулировании» ИГС, используемом при получении сигнала о предпожарной ситуации [12].

Выявленным в данном исследовании способом существенного снижения неблагоприятного воздействия на человека гипоксических ИГС (в частности, ИГС состава № 2), является замещение части азота аргоном при концентрации последнего около 35 %

(ИГС № 3). При 4-часовом пребывании в таких аргоносодержащих ИГС у большинства испытуемых, участвовавших в наших исследованиях, негативные изменения функционального состояния в покое и при разномодалных нагрузках были незначительными. Так же, как и при пребывании в ИГС № 1, явное нежелательное действие недостатка кислорода выявлялось только при проведении проб с максимальной задержкой дыхания. Однако степень этих изменений даже у неподготовленных к условиям гипоксии лиц не превышала допустимых в физиологии и гигиене труда пределов [14]. Следовательно, применение аргоносодержащих гипоксических сред типа ИГС № 3 в случае наличия технических возможностей представляется наиболее эффективным для обеспечения пожаробезопасности ГОО.

Особые эффекты аргона при добавлении его в гипоксические ИГС прежде всего можно связать с улучшением энергообеспечения клеток и тканей за счет ускоряющего влияния этого инертного газа на основные звенья кислородного транспорта в организме [19, 20]. Также большое значение могут иметь обнаруженные в экспериментах на животных метаболические эффекты аргона, проявляющиеся в ускорении окислительных процессов в митохондриях и соответственно — повышении энергоснабжения активно функционирующих тканей [11, 26]. На наш взгляд, следует учитывать и выявленный в ряде исследований факт протекторных эффектов аргона на структуры ЦНС [21, 26, 27], которые играют важную роль в обеспечении различных воздействий на организм. Оптимизация аргоном в гипоксических условиях функционирования соматических и вегетативных нервных центров не может не иметь значения в обеспечении поддержания толерантности организма к разномодалным нагрузкам.

### Заключение

1. Потенциально применимыми для повышения пожаробезопасности обитаемых гермообъектов являются искусственные газовые среды № 1 и № 3, пребывание в которых у лиц с сохранными функциональными резервами организма сопровождается умеренной активацией приспособительных механизмов, обеспечивающих поддержание уровня функционального состояния, достаточного для осуществления профессиональной деятельности.

2. Добавление в гипоксические искусственные газовые среды аргона позволяет снизить депримирующие эффекты кислородной недостаточности, что дает возможность использования газовых сред с большей степенью гипоксии и, следовательно, более эффективных для обеспечения пожарозащищенности герметизируемых обитаемых объектов.

### Авторство

Безкишкий Э. Н. разработал цель, задачи, основные направления исследований, участвовал в получении научной информации, обработке и обсуждении результатов, написании статьи; Иванов А. О. сформировал концепцию

и структуру работы, осуществлял научно-методическое руководство проводимых исследований, редактировал текст статьи; Ерошенко А. Ю. внес существенный вклад в проведение всех этапов исследования, интерпретацию и обсуждение получаемой информации, написание основных разделов статьи; Барачевский Ю. Е. обеспечивал методическое сопровождение исследований, участвовал в разработке идеи и обосновании необходимости проведения научной работы, принимал участие в написании и редактировании окончательного варианта рукописи; Шатов Д. Ю. принял непосредственное участие в разработке методического комплекса, формировании групп сравнения, проведении исследований, анализе и интерпретации полученных данных; Танова А. А. участвовала в получении, анализе, статистической обработке данных, подготовке иллюстративного и табличного материала, переводе рукописи на английский язык; Линченко С. Н. обеспечивал научно-методическое сопровождение исследований, участвовал в анализе, сопоставлении и обсуждении данных, работе с литературными источниками; Грошили С. М. участвовал в формировании концепции работы, обосновании ее актуальности и практической значимости для безопасности жизнедеятельности, окончательной подготовке статьи к печати.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Безкишкий Эдуард Николаевич – SPIN 7041-4898; ORCID 0000-0002-1534-888

Иванов Андрей Олегович – SPIN 5176-2698; ORCID 0000-0002-8364-9854

Ерошенко Андрей Юрьевич – SPIN 4289-9063; ORCID0000-0002-6767-7302

Барачевский Юрий Евлампиевич – SPIN 1253-4389; ORCID 0000-0002-5299-4786

Шатов Дмитрий Викторович – SPIN 1610-6721; ORCID0000-0002-5833-0403

Танова Анастасия Андреевна – SPIN 3947-0526; ORCID 0000-0003-3765-8714

Линченко Сергей Николаевич – SPIN 1681-3350; ORCID 0000-0001-8345-0645

Грошили Сергей Михайлович – SPIN 3980-0099; ORCID0000-0003-2782-7094

#### Список литературы / References

1. Архипов А. В., Карпов А. В., Смунов А. В., Чумаков В. В. Обеспечение пожаробезопасности на подводных лодках // Морской сборник. 2013. № 3. С. 2–7.

Arkhipov A. V., Karpov A. V., Smurov A. V., Chumakov V. V. Ensuring fire safety on the submarines. *Morskoi sbornik* [Naval collection]. 2013, 3, pp. 2-7. [In Russian]

2. Баратов А. Н., Корольченко А. Я., Кравчук Г. Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. М.: Химия, 1990. 496 с.

Baratov A. N., Korol'chenko A. Ya., Kravchuk G. N. *Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya* [Fire and explosion hazard of substances and materials and means of their extinguishing Reference edition]. Moscow, 1990, 496 p.

3. Безкишкий Э. Н., Иванов А. О., Петров В. А., Ерошенко А. Ю., Грошили В. С., Анистратенко Л. Г., Линченко С. Н. Работоспособность человека при периодическом пребывании в гипоксических воздушных средах, снижающих пожароопасность гермообъектов // Экология человека. 2018. № 9. С. 4–11.

Bezkishkii E. N., Ivanov A. O., Petrov V. A., Eroshenko A. Yu., Groshilin V. S., Anistratenko L. G., Linchenko S. N.

Human Working Capacity in Periodic Stay in Hypoxic Air Environments, Reducing the Fire Hazard of Sealed Objects. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2018, 9, pp. 4-11. [In Russian]

4. Безкишкий Э. Н., Иванов А. О., Петров В. А., Ерошенко А. Ю. Оценка возможности длительного пребывания человека в гипоксических газозвушных средах, повышающих пожаробезопасность гермообъектов // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2018. Т. 52, № 7. С. 20–21.

Bezkishkii E. N., Ivanov A. O., Petrov V. A., Eroshenko A. Yu. Evaluation of the possibility of a prolonged stay in air-gas hypoxic environments increasing the fire safety of manned sealed objects. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina* [Aerospace and Environmental Medicine]. 2018, 52 (7), pp. 20-21. [In Russian]

5. Горанчук В. В., Сапова Н. И., Иванов А. О. Гипокситерапия. СПб.: ООО «ОЛБИ-СПБ», 2003. 536 с

Goranchuk V. V., Sapova N. I., Ivanov A. O. *Gipoksiterapiya* [Hypoxic therapy]. Saint Petersburg, 2003, 536 p.

6. Гржибовский А. М. Типы данных, проверка распределения и описательная статистика // Экология человека. 2008. № 1. С. 52–58.

Grijbovski A. M. Data types, distribution checking and descriptive statistics. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2008, 1, pp. 52-58. [In Russian]

7. Гржибовский А. М. Анализ количественных данных для двух независимых групп // Экология человека. 2008. № 2. С. 54–61.

Grijbovski A. M. Analysis of quantitative data for two independent groups. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2008, 2, pp. 54-61. [In Russian]

8. Дерягина Л. Е., Цыганок Т. В., Рувина Л. Г., Гудков А. Б. Психофизиологические свойства личности и особенности регуляции сердечного ритма под влиянием трудовой деятельности // Медицинская техника. 2001. № 3. С. 40–44.

Deryagina L. E., Tsyganok T. V., Ruvina L. G., Gudkov A. B. Psychophysiological traits of personality and the specific features of heart rhythm regulation under the influence of occupational activities. *Meditsinskaya tekhnika*. 2001, 35 (3), pp.166-170. [In Russian]

9. Дубняков И. В., Ефименко И. И., Каширин М. А., Куданов Я. В., Петров В. А. Определение параметров ГВС и порции огнегасителя азота или аргона при тушении модельного очага пожара в замкнутом объеме в гипоксической газозвушной среде // Материалы межотраслевой науч.-практ. конф. «Кораблестроение в XXI веке: проблемы и перспективы (ВОКОР-2014)». СПб., 2014. С. 93–94.

Dubnyakov I. V., Efimenko I. I., Kashirin M. A., Kudanov Ya. V., Petrov V. A. Determination of the parameters of gas-air environments and a portion of a nitrogen or argon fire extinguisher when extinguishing a model fire source in a closed volume in a hypoxic gas-air environment. *Proceedings of Interindustrial scientific and practical Conference "Shipbuilding in the XXI century: problems and prospects"*. Saint-Petersburg, 2014, pp. 93-94. [In Russian]

10. Дубровский В. И. Функциональные пробы в спорте. М.: ФиС, 2006. 224 с.

Dubrovskii V. I. *Funktsional'nye proby v sporte* [Functional tests in sports]. Moscow, 2006, 224 p.

11. Павлов Б. Н., Солдатов П. Э., Дьяченко А. И. Выживаемость лабораторных животных в аргонсодержащих гипоксических средах // Авиационная и экологическая медицина. 1998. Т. 32, № 4. С. 33–37.

Pavlov B. N., Soldatov P. E., D'yachenko A. I. The survival of experimental animals in hypoxic environments with argon. *Aviatsionnaya i ekologicheskaya meditsina* [Aviation and ecological medicine]. 1998, 32 (4), pp. 33-37. [In Russian]

12. Петров В. А., Иванов А. О. Перспективные пути повышения пожарной безопасности энергонасыщенных обитаемых герметичных объектов // Безопасность жизнедеятельности. 2017. № 10. С. 37–39.

Petrov V. A., Ivanov A. O. Promising Ways to Increase the Fire Safety of Energy-Saturated Inhabited Sealed Objects. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Life safety]. 2017, 10, pp. 37-39. [In Russian]

13. Советов В. И., Андреев С. П., Андреева Е. С., Чернин С. Я., Селезнёв Д. Г., Торшин Г. С., Бардышева О. Ф. Способ создания условий для жизнедеятельности человека в специальном гермообъекте ВМФ: пат. № 2520906 Рос. Федерация от 27.06. 2014.

Sovetov V. I., Andreev S. P., Andreeva E. S., Chernin S. Ya., Seleznev D. G., Torshin G. S., Bardysheva O. F. *Sposob sozdaniya uslovii dlya zhiznedeyatel'nosti cheloveka v spetsial'nom germoob'ekte VMF* [The method of creating the environment for human life in the special hermetic object of Navy]. Patent RF, no. 2520906, 2014.

14. Физиолого-гигиенические требования к изолирующим средствам индивидуальной защиты / под ред. В. С. Кошчева и З. С. Четвериковой. М., 1981. 15 с.

*Fiziologo-gigienicheskie trebovaniya k izoliruyushchim sredstvam individual'noi zashchity* [Physiological and hygienic requirements for insulating personal protection equipment]. Ed. by V. S. Koshcheev and Z. S. Chetverikova. Moscow, 1981, 15 p.

15. Чумаков В. В. Альтернативные подходы к решению проблемы предотвращения пожаров в герметично замкнутых объемах // Обитаемость кораблей. Обеспечение радиационной и токсикологической безопасности. Материалы Межотраслевой науч.-практ. конф. «Кораблестроение в XXI веке: проблемы и перспективы» (ВОКОР-2014). СПб., 2014. С. 115–118.

Chumakov V. V. Alternative approaches to the problem of fire prevention in the hermetical confined spaces. *Proceedings of Interindustrial scientific and practical Conference "Shipbuilding in the XXI century: problems and prospects"*. Saint-Petersburg, 2014, pp. 115-118. [In Russian]

16. Улитовский А. Д. Особенности обитаемости и гибели личного состава подводной лодки «Комсомолец». СПб., 1995. 26 с.

Ulitovskii A. D. *Osobennosti obitaemosti i gibeli lichnogo sostava podvodnoi lodki "Komsomolets"* [Features of habitability and death of personnel of the submarine "Komsomolets"]. Saint Petersburg, 1995, 26 p.

17. Пожары на отечественных подводных лодках. Справка. URL: <http://ria.ru/spravka/53605825> (дата обращения: 15.01.2019).

*Fires on domestic submarines. Reference.* Available at: <http://ria.ru/spravka/53605825> (accessed: 15.01.2019).

18. ACC/AHA 2002. Guideline update for exercise testing.

The report of the American college of cardiology. American heart association. Task force on practice guidelines (Committee on exercise testing), ed. R. Gibbons, G. Balady, T. Bricker. *Circulation*. 2002, 106, pp. 1883-1892.

19. Brucken A., Cizen A., Fera C., Meinhardt A., Weis J., Nolte K., Rossaint R., Puße T., Marx G., Fries M. Argon reduces neurohistopathological damage and preserves functional recovery after cardiac arrest in rats. *Br. J. Anaesth.* 2013, 110, pp. i106-i112.

20. Coburn M., Sanders R. D., Ma D., Fries M., Rex S., Magalon G., Rossaint R. Argon: The "lazy" noble gas with organoprotective properties. *Eur. J. Anaesthesiol.* 2012, 29, pp. 549-551.

21. Coburn M., Rossaint R. Argon in the fast lane: Noble gases and their neuroprotective effects. *Crit. Care Med.* 2012, 40, pp. 1965-1966.

22. Ewing D. J., Martin C. N., Young R. J. The value of cardiovascular autonomic function tests: 10 years experience. *Diabetic Care.* 1985, 8, pp. 491-498.

23. Kullmer T., Kneissl G., Katova T. Experimental acute hypoxia in healthy subjects: evaluation of systolic and diastolic function of the left ventricle at rest and during exercise using echocardiography. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1995, 70 (2), pp. 169-174.

24. Miller J. M., Lambertsen C. J. Project Test: an open sea study of prolonged exposures to a nitrogen-oxygen environment at increased ambient pressure. *Underwater Physiology: Proc. 4 th symp.* New York, 1971, pp. 551-558.

25. Neubauer J. A. Physiological and pathophysiological responses to intermittent hypoxia. *J. Appl. Physiol.* 2001, 90, pp. 1593-1599.

26. Nowrangi D. S., Tang J., Zhang J. H. Argon gas: A potential neuroprotectant and promising medical therapy. *Med. Gas Res.* 2014, 4, pp. 3-7.

27. Ryang Y. M., Fahlenkamp A. V., Rossaint R., Wesp D., Loetscher P. D., Beyer C., Coburn M. Neuroprotective effects of argon in an in vivo model of transient middle cerebral artery occlusion in rats. *Crit. Care Med.* 2011, 39, pp. 1448-1453.

28. Shvartz E. Advantages of low-oxygen environment in space cabins. *Aviation, Space and Environment Med.* 1990, 61 (3), pp. 272-276.

29. Virues-Ortega J., Buela-Casal G., Garrido E., Alcazar B. Neuropsychological functioning associated with high-altitude exposure. *Neuropsychol. Rev.* 2004, 14, pp. 197-224.

#### Контактная информация:

Безкишкий Эдуард Николаевич – кандидат медицинских наук, доцент, начальник медицинской службы ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова», старший научный сотрудник ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава РФ

Адрес: 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, д. 5/7  
E-mail: bez1970@mail.ru

## ОРГАНИЗАЦИЯ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СЕРДЦА ПРИ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ОСТРОЙ НОРМОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ

©2020 г. М. И. Бочаров, А. С. Шилов

ФГБУН ФИЦ «Коми научный центр Уральского отделения РАН», г. Сыктывкар

*Цель* исследования – изучение особенностей организации биоэлектрических процессов сердца в зависимости от степени выраженности острой нормобарической гипоксии (ОНГ) и развивающейся гипоксемии у здоровых молодых людей. *Методами* ЭКГ и оксигеметрии ( $SpO_2$ ) изучены особенности реакций мужчин (18–26 лет) разных групп ( $n_1 = 30$  и  $n_2 = 29$ ) в ответ ОНГ «легкой» (14,5 %  $O_2$ ) и «средней» (12,3 %  $O_2$ ) степени в течение 20 мин. *Результаты*. При легкой степени ОНГ  $SpO_2$  понижается до  $(91,6 \pm 4,2)$  %, при средней – до  $(78,2 \pm 5,2)$  %. Общим для всех случаев ОНГ является начальное увеличение зубца  $P_{1II}$ . В среднем за период легкой ОНГ уменьшается суммарная  $BA_L$  и  $BA_R$  отделов сердца, только вначале уменьшаются интервалы RR и QT, а в конце – увеличивается QT. При средней степени ОНГ больше изменяются параметры ЭКГ. В среднем за период ОНГ 12,3 %  $O_2$  уменьшаются зубцы RII (на 0,078 мВ,  $p < 0,001$ ),  $T_{1II}$  (0,074 мВ,  $p < 0,001$ ),  $BA_L$  (0,26 мВ,  $p < 0,001$ ) и  $BA_R$  (0,12 мВ,  $p < 0,001$ ) отделов сердца, интервалы RR (на 100 мс,  $p < 0,001$ ), QT (11 мс,  $p < 0,001$ ), а Pс, PQс, QRс, QTс нарастают; увеличиваются корреляции отклонений QT с  $SpO_2$ , CO, SVR, VIK. Для ОНГ 14,5 %  $O_2$  в общей структуре ЭКГ доминирует фактор «положительный хронотропный эффект», а для 12,3 %  $O_2$  – «хроно-инотропная сопряженность». *Выводы*. С нарастанием степени ОНГ увеличивается количество и интенсивность изменения вовлекаемых в реакцию параметров ЭКГ. Обозначены возможные экстракардиальные и миогенные механизмы регуляции в организации биоэлектрических процессов сердца при малой и средней степени гипоксии.

**Ключевые слова:** человек, острая гипоксия, оксигенация крови, электрокардиография

## BIOELECTRIC HEART PROCESSES IN HEALTHY MEN AT DIFFERENT LEVELS OF ACUTE NORMOBARIC HYPOXIA

M. I. Bocharov, A. S. Shilov

Federal Research Centre «Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences»,  
Syktyvkar, Russia

*The aim* was to study cardiac bioelectric features across different levels of acute normobaric hypoxia (ANH) in healthy young men. *Methods:* We studied cardiac functions in response to exposure to ANH of mild (14.5 %  $O_2$ ) and medium (12.3 %  $O_2$ ) degrees for 20 minutes among 30 and 29 young men, respectively. *Results.* With mild and medium degree of ANH,  $SpO_2$  decreases to  $(91.6 \pm 4.2)$  % and to  $(78.2 \pm 5.2)$  %, respectively. An initial increase in the  $P_{1II}$  wave was common for all ANH exposures. On average, during the period of mild ANH, the total  $BA_L$  and  $BA_R$  of the heart compartments decreased, only at the beginning the RR and QT intervals decreased, and in the end QT increased. Medium ANH was associated with more pronounced changes in ECG characteristics. On average, during the ANH period of 12.3 %  $O_2$ , the RII wave (by 0.078 mV,  $p < 0.001$ ),  $T_{1II}$  (0.074 mV,  $p < 0.001$ ),  $BA_L$  (0.26 mV,  $p < 0.001$ ) and  $BA_R$  (at 0.12 mV,  $p < 0.001$ ) of the heart decreased, RR intervals (at 100 ms,  $p < 0.001$ ), QT (11 ms,  $p < 0.001$ ), and Pс, PQс, QRс, QTс increased. Correlations between QT deviations and  $SpO_2$ , CO, SVR, VIK increased. For ANH of 14.5 %  $O_2$ , the factor “positive chronotropic effect” dominated in the general structure of the ECG, while for 12.3 %  $O_2$  it was “chrono-inotropic conjugation”. *Conclusions.* Changes in ECG parameters seem to be more pronounced in exposure to moderate than mild ANH. Possible extracardiac and myogenic regulation mechanisms in the organization of heart bioelectric processes with a mild and medium degree of hypoxia are proposed in the paper.

**Key words:** human, acute hypoxia, blood oxygenation, electrocardiography

### Библиографическая ссылка:

Бочаров М. И., Шилов А. С. Организация биоэлектрических процессов сердца при разной степени острой нормобарической гипоксии у здоровых людей // Экология человека. 2020. № 12. С. 28–36.

### For citing:

Bocharov M. I., Shilov A. S. Bioelectric Heart Processes in Healthy Men at Different Levels of Acute Normobaric Hypoxia. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 12, pp. 28-36.

Одной из важных научно-практических проблем физиологии и медицины является изучение влияния на организм человека гипоксии. Современные сведения указывают на то, что ключевым регулятором в развитии ответа на гипоксическое воздействие, вне зависимости от способа его моделирования, является экспрессия гипоксией индуцируемого фактора HIF-1 $\alpha$  [2, 14]. В зависимости от пути активации и ингибирования комплекса HIF-1-регулируемых генов и их белковых продуктов может доминировать

вовлечение физиологических механизмов адаптации к гипоксии [28, 30] либо — патофизиологических процессов [26, 30].

За последние десятилетия шире стали проводиться исследования по изучению влияния гипобарической или нормобарической гипоксии на организм человека. Так, моделирование гипоксии сегодня используется в авиакосмической физиологии и медицине [15], подводных погружениях [25], для повышения специфической [13, 14] и неспецифической [11, 13, 16]

резистентности организма, в профилактике, диагностике, терапии и реабилитации [1, 13].

Несмотря на широкое применение нормобарической гипоксии, до сих пор отсутствует консенсус по её классификации, режимам, критериям дозирования, оптимальной достаточности действия, а также стандартизации изучаемых параметров. В свое время А. З. Колчинской [13] на основании изучения вегетативных реакций и уровня снижения  $pO_2$  в системе доставки кислорода к тканям («каскады кислорода») обозначены I–V степени выраженности гипоксической гипоксии. В случаях с гипоксическими тренировками в зависимости от требуемой суммарной дозы воздействия Н. И. Волков [8] выделял 3 основные степени гипоксии. Л. Д. Лукьянова [14] по критериям выраженности расстройств жизнедеятельности организма обозначила 4 степени тяжести гипоксии. В этом контексте особое значение имеет решение большой группы международных экспертов, которые определили (на 2017 год) 46 из 162 параметров в качестве основных для отчетов по клиническим исследованиям в области высокогорной медицины [24]. Вместе с этим существующая практика дозирования гипоксических воздействий и выбора изучаемых параметров пока не отвечает единым требованиям, отсюда часто возникают сложности проведения сравнительного анализа экспериментальных или клинических исследований [17 и др.].

Одна из распространенных, но до конца не решенных задач заключается в изучении гипоксией индуцируемых реакций сердечно-сосудистой системы, и сердца в частности. Известно, что только с увеличением степени гипоксического воздействия (ниже 10 %  $O_2$ ) и его длительности подавляются энергозависимые процессы, в том числе функция электровозбудимых клеток [4, 14]. Подобные изменения энергетического метаболизма митохондрий замечены в правом и левом желудочках миокарда [27], а также при нарушении метаболизма миокардиоцитов в условиях гипоксии и ишемии миокарда [6].

Хорошо известно, что одним из распространенных методов контроля за состоянием миокарда является электрокардиография (ЭКГ) [8, 20]. В. Б. Малкин и Е. Б. Гиппенрейтер [15], анализируя большой материал, приходят к заключению, что в начальном периоде острого гипоксического воздействия отмечаются «неспецифические» для состояния функционального напряжения изменения ЭКГ. С увеличением тяжести гипоксического состояния организма прямое влияние кислородного голодания на сердце обуславливает существенные изменения ЭКГ.

Последние ЭКГ-исследования, выполненные на здоровых молодых людях с острой нормобарической гипоксией (ОНГ), показывают неоднозначные результаты: при ОНГ 10 %  $O_2$  ( $n = 10$ ) установлено увеличение скорректированного интервала QTc без заметных изменений QT, но уменьшение его дисперсии [22]; при 12 %  $O_2$  ( $n = 14$ ) — существенно уменьшался интервал QT, увеличивалось его скорректированное значение, а амплитудные характеристики электри-

ческого поля сердца значимо не изменялись [9]; при 12,4 %  $O_2$  ( $n = 40$ ) — изменения интервала QT и амплитуды зубца T<sub>1</sub>II не отличались стабильностью и были зависимы от типа реактивности вегетативных реакций [5]. Несмотря на уже существующий в литературе фактологический материал, многие вопросы информативности критериев ЭКГ при острой гипоксии еще требуют своего решения. Целью настоящей работы послужило изучение особенностей организации биоэлектрических процессов сердца в зависимости от степени выраженности острой нормобарической гипоксии и развивающейся гипоксемии у здоровых молодых людей.

### Методы

Исследования носили экспериментальный характер и проводились на базе лаборатории функционального биоуправления Сыктывкарского госуниверситета (СыктГУ) в зимний (январь — февраль) сезон год. В качестве испытуемых были две группы физически здоровых мужчин 18–26 лет (студенты факультета физической культуры СыктГУ). Сначала исследования проведены на одной группе ( $n = 30$ ), а затем, через год в этот же период года, на другой группе ( $n = 29$ ). Испытуемые обеих групп мало отличались по общим признакам ( $M \pm m$ ): возраст ( $21,4 \pm 0,27$ ) и ( $20,2 \pm 0,31$ ) года; длина тела ( $177,9 \pm 0,92$ ) и ( $178,6 \pm 1,49$ ) см; масса тела ( $75,7 \pm 1,74$ ) и ( $74,7 \pm 1,88$ ) кг; систолическое и диастолическое артериальное давление крови ( $127,9 \pm 1,25$ ), ( $128,1 \pm 2,28$ ) и ( $75,0 \pm 1,61$ ), ( $71,0 \pm 2,02$ ) мм рт. ст. соответственно.

Исследования проводили с 08.30 до 12.00 часов в помещении при температуре воздуха 21–23 °С, относительной влажности 55–64 %, барометрическом давлении 740–750 мм рт. ст. Испытуемых предварительно знакомили с протоколом исследования, возможностью отказаться от участия на любом этапе работы, после чего свое согласие они подкрепляли в письменном виде. Исследования проводили с соблюдением этических медико-биологических норм, изложенных в Хельсинкской декларации, а также были одобрены локальным биоэтическим комитетом ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

Испытуемые в горизонтальном положении на кушетке после относительной стабилизации артериального давления подвергались ОНГ в течение 20 мин. В первой серии исследования ОНГ соответствовала дыханию воздухом с содержанием кислорода ( $14,5 \pm 0,16$ ) %, или  $pO_2$  108 мм рт. ст., во второй серии — ( $12,3 \pm 0,14$ ) %, или  $pO_2$  90 мм рт. ст. Применяемые нами воздействия условно названы [14] в первом случае как «легкая», во втором — «средняя» степени ОНГ, численные значения которых находятся в пределах 15–10 %  $O_2$ , соответствуя определению — острая гипоксия [8].

Дыхание газовой смесью осуществлялось через маску, соединенную с газовым мешком ёмкостью 50 л, который постоянно пополнялся потоком воздуха, обедненным кислородом с помощью модифицирован-

ного (свидетельство на полезную модель № 24098 от 27.07.2002 ГУ НИИ физиологии СО РАМН) кислородного концентратора Опух PSA Oxygen Generator (AirSer Corporation, США). Контроль за содержанием O<sub>2</sub> в газовом мешке обеспечивался анализатором «OxiQuant B» (фирма «EnviteC», Германия), снабженным датчиком O<sub>2</sub> «Goel 369» (фирма «Greisinger Electronic», Германия).

В состоянии покоя и на каждой минуте тестового воздействия ОНГ при помощи портативного пульсоксиметра «NONIN8500» (фирма «NONIN Medical, Inc.», США), снабженного светодиодным клипсовым датчиком, накладываемым на палец правой руки, измеряли оксигенацию крови (SpO<sub>2</sub> %) и частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд.×мин<sup>-1</sup>). Динамика SpO<sub>2</sub> служила контролем развития гипоксического состояния организма, и в случае достижения её критического уровня (SpO<sub>2</sub> = 65 %) прекращалось тестирование.

Электрокардиограмму регистрировали в положении лежа в покое, на 5, 10 и 20-й мин ОНГ. Измерялась ЭКГ в трех стандартных – I, II, III (по Эйнтховену), трех усиленных – aVR, aVL, aVF (по Гольдбергу) и шести грудных – V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>, V<sub>4</sub>, V<sub>5</sub>, V<sub>6</sub> (по Вильсону) отведениях на компьютеризованном комплексе «Кардиометр-МТ» (производитель ТОО «Микард», Санкт-Петербург) с автоматической обработкой и усреднением за 24-секундный период измерения. Анализ осуществляли по следующим параметрам ЭКГ – амплитудные: P<sub>I</sub>II, RII, SII, T<sub>I</sub>II в мВ; временные: RR, DX (вариационный размах интервала RR), P, PQ, QRS, QT в мс. Дополнительно рассчитывали скорректированное значение QTc в усл.

ед. (по формуле Н. С. Bazett) и по аналогии Pс, PQс и QRSc для оценки их доли в общей длительности RR, а также суммарную биоэлектрическую активность левого (BA<sub>L</sub>, = Rv<sub>6</sub> + SvaI + Sv<sub>2</sub>) и правого (BA<sub>R</sub>, = Sv<sub>6</sub> + Ravi + Rv<sub>2</sub>) отделов сердца в мВ и их соотношение (BA<sub>L</sub>/BA<sub>R</sub>) [23].

Репрезентативность наблюдаемых выборок (n = 30 и n = 29) определялась по формуле [12] для неизвестной численности генеральной совокупности количественных признаков, на примере отклонений параметров ЭКГ на 5 мин воздействия ОНГ, когда достаточность объема выборки составляла n = 25, а иногда и меньше.

Статистический анализ проведен с помощью лицензионной программы Statistica 10.0 (StatSoft, Inc., США). По тесту Колмогорова – Смирнова и Лиллифорса установлена подчиненность большинства параметров закону нормального распределения. Рассчитывали среднюю арифметическую величину (M), её ошибку (m), стандартное отклонение (SD), дисперсию (S<sup>2</sup>), разность отклонений (d), их среднюю (Md), доверительный интервал (tm<sub>d</sub>) при p = 0,05. Достоверность различий для независимых переменных определяли методом сравнения средних, а для зависимых – методом разности отклонений по критерию t-Стьюдента; значимость отличий принималась при p < 0,05. Взаимосвязь между переменными определяли с помощью коэффициента корреляции Пирсона, а для установления уровня значимости применяли графический метод (2D Scatterplots) парной линейной регрессии с отражением численных значений зависимости. С целью выявления ведущих компонент

Таблица 1

Оксигенация крови и компоненты электрокардиограммы в покое и при разной степени острой нормобарической гипоксии

Параметр	Покой (M ± SD)	Разность отклонений (Md ± tm <sub>d</sub> ) при гипоксических воздействиях					
		5 мин		10 мин		20 мин	
		d	p	d	p	d	p
SpO <sub>2</sub> , %	97,9 ± 0,66 98,0 ± 0,72	-4,8 ± 1,05 -11,1 ± 1,51	<0,001 <0,001	-6,0 ± 1,54 -15,3 ± 1,64	<0,001 <0,001	-6,3 ± 1,49 -19,7 ± 1,96	<0,001 <0,001
Зубец P <sub>I</sub> II, мВ	0,116 ± 0,037 0,128 ± 0,043	0,013 ± 0,011 0,014 ± 0,012	0,029 0,029	0,008 ± 0,012 0,009 ± 0,013	0,169 0,201	0,005 ± 0,012 0,008 ± 0,013	0,414 0,201
Зубец RII, мВ	1,39 ± 0,464 1,43 ± 0,400	-0,046 ± 0,039 -0,058 ± 0,019	0,022 <0,001	-0,040 ± 0,043 -0,084 ± 0,028	0,069 <0,001	-0,043 ± 0,039 -0,093 ± 0,030	0,032 <0,001
Зубец SII, мВ	-0,179 ± 0,130 -0,173 ± 0,145	0,003 ± 0,008 -0,010 ± 0,012	0,458 0,110	-0,003 ± 0,009 -0,010 ± 0,015	0,458 0,184	-0,0002 ± 0,012 -0,008 ± 0,016	0,968 0,282
Зубец T <sub>I</sub> II, мВ	0,360 ± 0,126 0,360 ± 0,100	-0,003 ± 0,016 -0,070 ± 0,018	0,677 <0,001	0,000 ± 0,018 -0,068 ± 0,017	1,00 <0,001	-0,008 ± 0,021 -0,084 ± 0,023	0,444 <0,001
Интервал RR, мс	931,0 ± 148,4 866,7 ± 170,9	-38,7 ± 34,69 -104,8 ± 26,20	0,030 <0,001	-23,3 ± 30,91 -99,3 ± 31,95	0,133 <0,001	20,0 ± 41,61 -95,8 ± 36,47	0,333 <0,001
Интервал P, мс	98,0 ± 12,42 100,3 ± 15,51	-1,0 ± 4,20 1,4 ± 3,00	0,630 0,354	-1,3 ± 3,21 2,7 ± 3,51	0,402 0,118	-2,7 ± 3,52 3,8 ± 3,99	0,132 0,061
Интервал PQ, мс	157,3 ± 27,28 160,3 ± 26,82	1,3 ± 2,54 2,7 ± 4,18	0,292 0,187	1,3 ± 2,72 3,8 ± 4,92	0,325 0,125	1,0 ± 2,99 4,5 ± 5,04	0,500 0,079
Интервал QRS, мс	101,0 ± 8,44 102,5 ± 7,51	0,01 ± 1,94 -0,3 ± 1,24	1,00 0,572	-1,6 ± 1,96 0,0 ± 0,09	0,096 1,00	-0,7 ± 1,94 0,3 ± 1,60	0,488 0,662
Интервал QT, мс	391,0 ± 25,77 376,4 ± 30,08	-5,7 ± 4,12 -13,1 ± 4,44	0,008 <0,001	-3,0 ± 4,81 -10,7 ± 4,97	0,213 <0,001	5,0 ± 4,87 -10,0 ± 5,84	0,044 0,001
Вариационный размах DX, мс	239,3 ± 138,3 180,7 ± 101,9	23,0 ± 53,58 -5,1 ± 42,0	0,387 0,802	48,3 ± 45,98 -9,6 ± 41,93	0,040 0,640	52,0 ± 39,15 -23,4 ± 42,16	0,011 0,264

Примечание. Здесь и в табл. 2 первая строка – при 14,5 % O<sub>2</sub>, вторая строка – при 12,3 % O<sub>2</sub>; ± tm<sub>d</sub> – доверительный интервал при p = 0,05.

ЭКГ использован факторный анализ, где в матрицу включали только первичные данные.

**Результаты**

Установлено, что при легкой степени ОНГ (14,5 % O<sub>2</sub>) на всех периодах (5, 10 и 20 мин) измерения SpO<sub>2</sub> статистически значимо уменьшалась относительно покоя (табл. 1) и к 20-й мин воздействия достигала (91,6 ± 4,2) %. Кривая изменения SpO<sub>2</sub> к 10-й мин ОНГ имела самую большую интенсивность уменьшения, а затем (к 20-й мин) несколько замедлялась. При средней степени ОНГ (12,3 % O<sub>2</sub>) SpO<sub>2</sub> на всем протяжении пробы существенно уменьшалась относительно покоя (см. табл. 1) и была статистически меньше, чем при легкой ОНГ (t = 13,3; p < 0,001). Конечный эффект от воздействия средней ОНГ составил уменьшение SpO<sub>2</sub> до (78,2 ± 5,2) %. Характерно, что за весь период средней степени ОНГ дисперсия (S<sup>2</sup>) отклонений SpO<sub>2</sub> была статистически больше – 36,1, чем при легкой – 13,8 (F = 2,29; p < 0,001).

Анализ ЭКГ в покое показал, что в исследуемых группах измеряемые (см. табл. 1) и расчетные величины (табл. 2) статистически не различались (p > 0,05). Это позволяет считать наблюдаемые группы по параметрам ЭКГ однородными, что делает правомочным сравнение их отклонений в условиях разной степени ОНГ.

Установлено, что на 5-й мин легкой степени ОНГ отмечалось статистически значимое увеличение зубца P<sub>I</sub>II и уменьшение PII, а в дальнейшем они были близки к уровню покоя (см. табл. 1). Амплитуды зубцов SII и T<sub>I</sub>II значимо не изменялись. Суммарные значения BA<sub>L</sub> и BA<sub>R</sub> отделов сердца существенно уменьшались к 5-й мин воздействия и поддерживались на низком уровне до конца ОНГ (см. табл. 2). Средняя величина соотношения BA<sub>L</sub>/BA<sub>R</sub> в покое составляла (1,78 ± 0,99) усл. ед. и при ОНГ существенно не изменялась (t = 1,59–1,24; p = 0,122–0,221), свидетельствуя о стабильности поддержания баланса между BA<sub>L</sub> и BA<sub>R</sub> отделами сердца.

При легкой степени ОНГ интервалы P, PQ и QRS практически не изменялись (p > 0,05) (см. табл. 1).

Интервал RR статистически значимо уменьшался только к 5-й мин воздействия, а QT значимо уменьшался к 5-й мин и увеличивался к 20-й мин пробы, что сопровождалось статистически значимым приростом DX. Среди скорректированных значений только к 5-й мин гипоксии статистически увеличивался интервал PQc (см. табл. 2), а Pc, QRSc и QTc оставались неизменными (p > 0,05) относительно уровня покоя (см. табл. 2).

При средней степени ОНГ (12,3 % O<sub>2</sub>) зубец P<sub>I</sub>II ЭКГ статистически значимо увеличивался, но только вначале (к 5-й мин) пробы (см. табл. 1). Амплитуды зубцов RII и T<sub>I</sub>II от начала и до конца ОНГ существенно уменьшались относительно покоя. Статистически значимо уменьшались интервалы RR и QT. Заметных изменений амплитуды зубца SII, интервалов – P, PQ, QRS и DX не отмечалось. На всем протяжении ОНГ BA<sub>L</sub> и BA<sub>R</sub> больше уменьшались, чем при легкой степени гипоксии (см. табл. 2). Средняя величина соотношения BA<sub>L</sub>/BA<sub>R</sub> при средней ОНГ мало изменялась (p = 0,534–0,563). Корректированные значения Pc, PQc, QRSc и QTc статистически значимо увеличивались по мере действия ОНГ относительно уровня покоя. Характерно, что в отличие от легкой при средней ОНГ за весь период воздействия (n<sub>1</sub> = 90, n<sub>2</sub> = 87) общая дисперсия была статистически значимо меньше для RII (F = 2,37; p < 0,001), BA<sub>R</sub> (F = 1,93; p = 0,002) и BA<sub>L</sub>/BA<sub>R</sub> (F = 2,77; p < 0,001), но больше – для PQ (F = 2,82; p < 0,001) и PQc (F = 2,65; p < 0,001).

Факторный анализ показал, что возможными к описанию были 2 фактора, достоверно объясняющих (на 52,6 и 49,9 %) общую дисперсию. Как видно из табл. 3, при легкой ОНГ 1-й фактор имеет обратную связь с изменением интервала QT, затем с RR. Второй по значимости фактор связан с периодом QRS. При средней ОНГ 1-й фактор имеет больший процент объясненной дисперсии (см. табл. 3). Здесь, помимо связи фактора с QT и RR, увеличивается прямая связь с амплитудой P<sub>I</sub>II и обратная – с T<sub>I</sub>II. Второй по значимости фактор ограничивается положительными связями с интервалами P и PQ.

Таблица 2

**Суммарная биоэлектрическая активность левого и правого отделов сердца и скорректированные значения кардиоинтервалов в покое и при разной степени острой нормобарической гипоксии**

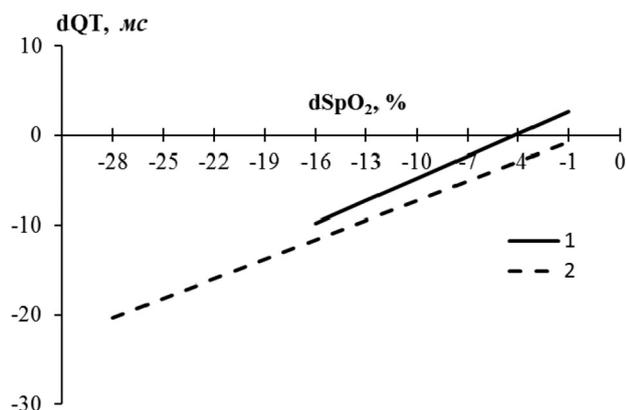
Параметр	Покой (M ± SD)	Разность отклонений (Md ± tm <sub>d</sub> ) при гипоксических воздействиях					
		5 мин		10 мин		20 мин	
		d	p	d	p	d	p
BA <sub>L</sub> , мВ	3,30 ± 0,806	-0,158 ± 0,096	0,002	-0,158 ± 0,103	0,003	-0,125 ± 0,099	0,015
	3,28 ± 0,761	-0,274 ± 0,098	<0,001	-0,293 ± 0,096	<0,001	-0,225 ± 0,088	<0,001
BA <sub>R</sub> , мВ	2,10 ± 0,623	-0,070 ± 0,048	0,006	-0,063 ± 0,055	0,026	-0,076 ± 0,058	0,012
	2,05 ± 0,451	-0,101 ± 0,035	<0,001	-0,131 ± 0,042	<0,001	-0,127 ± 0,041	<0,001
Pc, усл. ед.	103,0 ± 18,99	0,6 ± 5,73	0,812	-0,7 ± 4,55	0,758	-4,2 ± 4,73	0,076
	108,8 ± 16,90	9,1 ± 4,53	<0,001	9,9 ± 4,99	<0,001	11,6 ± 6,15	<0,001
PQc, усл. ед.	165,2 ± 35,79	4,4 ± 4,22	0,041	2,8 ± 4,33	0,198	-1,2 ± 4,16	0,560
	174,6 ± 28,41	14,9 ± 6,53	<0,001	15,0 ± 6,62	<0,001	16,2 ± 8,30	<0,001
QRSc, усл. ед.	105,4 ± 10,19	2,2 ± 3,12	0,154	-0,5 ± 2,75	0,684	-1,8 ± 2,92	0,220
	111,1 ± 11,21	6,9 ± 2,13	<0,001	6,6 ± 2,27	<0,001	7,4 ± 2,98	<0,001
QTc, усл. ед.	407,4 ± 21,29	2,2 ± 5,55	0,410	1,1 ± 5,14	0,650	0,4 ± 5,52	0,877
	408,0 ± 22,02	12,0 ± 5,45	<0,001	12,5 ± 4,38	<0,001	13,5 ± 5,23	<0,001

Таблица 3  
Факторные структуры компонентов электрокардиограммы по разности их отклонений при разной степени острой нормобарической гипоксии

Компонент ЭКГ	Факторная нагрузка			
	ОНГ 14,5 % O <sub>2</sub> , n = 90		ОНГ 12,3 % O <sub>2</sub> , n = 87	
	1-й фактор	2-й фактор	1-й фактор	2-й фактор
P <sub>1</sub> II	0,634	0,163	<b>0,762</b>	0,092
RII	-0,401	-0,627	-0,360	0,233
SII	0,229	-0,428	0,394	-0,153
T <sub>1</sub> II	-0,689	0,368	<b>-0,711</b>	0,086
RR	<b>-0,729</b>	0,473	<b>-0,797</b>	0,293
P	0,597	0,230	0,428	<b>0,716</b>
PQ	0,361	0,406	0,376	<b>0,739</b>
QRS	-0,198	<b>-0,805</b>	-0,130	0,444
QT	<b>-0,859</b>	0,118	<b>-0,813</b>	0,192
% объясненной дисперсии	32,12	20,49	33,50	16,38

Примечание. Жирным шрифтом выделены факторные нагрузки больше 0,7.

Факторный анализ указывает на то, что ведущим компонентам ЭКГ является интервал QT. Поэтому важным было установить, как он количественно зависит от уровня оксигенации крови (dSpO<sub>2</sub>). Как видно из рисунка и подписи к нему, коэффициент корреляции для средней степени ОНГ имеет большую статистическую значимость, чем для легкой. При этом, судя по линии регрессии в сопоставимом диапазоне оксигенации крови (до -16 %), при средней ОНГ на одну и ту же единицу понижения SpO<sub>2</sub> приходится большее уменьшение интервала QT, чем при легкой степени гипоксии.



Зависимость отклонения электрической систолы желудочков миокарда (dQT) от уменьшения оксигенации крови (dSpO<sub>2</sub>) у здорового человека при острой нормобарической гипоксии 14,5 об. % O<sub>2</sub> (1) и 12,3 об. % O<sub>2</sub> (2):

1 - dQT = 3,5307 + 0,829 × x; r = 0,236; p = 0,025; n = 90;  
2 - dQT = -0,0294 + 0,724 × x; r = 0,305; p = 0,004; n = 87.

Насколько зависит изменение QT от системных сдвигов гемодинамики (CO — минутный объем кровообращения, SVR — общее периферическое сопротивление, систолическое и диастолическое

артериальное давление, VIK — вегетативный индекс Кердо, данные опубликованы нами ранее [7]), можно судить по их корреляции. Так, для состояний легкой (n = 90) и средней (n = 87) ОНГ парная корреляция отклонений QT обнаруживает следующие связи: с CO (r = -0,28, p = 0,007; r = -0,39, p < 0,001), SVR (r = 0,18, p = 0,081; r = 0,25, p = 0,021), VIK (r = -0,24, p = 0,019; r = -0,45, p < 0,001) соответственно, а с артериальным давлением связи не обнаруживаются.

### Обсуждение результатов

Концептуально важен факт, что применяемые нами воздействия ОНГ — 14,5 % O<sub>2</sub> и 12,3 % O<sub>2</sub> соответствуют в среднем уменьшению рO<sub>2</sub> вдыхаемого воздуха на 21,1 и 43,4 % относительно нормоксии, что согласно правилу Пфлюгера не достигает порогового уровня рO<sub>2</sub> среды, при котором нарушается деятельность ведущих функциональных систем и снижается потребление кислорода организмом [14]. Так же как наблюдаемые нами при легкой и средней степени ОНГ уменьшения SpO<sub>2</sub> на 6,6 и 20,3 % относительно покоя не являются критическими [14]. При этом нарастание степени выраженности ОНГ (от легкой к средней) всего на -2,2 об. % O<sub>2</sub> приводит к существенному увеличению (в 2,29 раза) дисперсии изменений SpO<sub>2</sub>, свидетельствуя о повышении вариативности индивидуальных особенностей способности гемоглобина связывать кислород, по аналогии с подвижностью нейрональной пластичности мозга в экстремальных условиях [17].

Важно отметить, все компоненты ЭКГ в покое и при разных ОНГ воздействиях по абсолютным значениям не выходят за границы известных норм [10], следовательно, наблюдаемые их отклонения носят физиологический характер.

Одной из особенностей изменения ЭКГ является независимое от степени выраженности ОНГ начальное и относительно одинаковое увеличение зубца P<sub>1</sub>II, что иногда отмечалось ранее при острой гипоксии [15] и объяснялось повышенной нагрузкой на правое сердце за счет увеличения его кровенаполнения и повышения сопротивления сосудов малого круга.

Легкая степень ОНГ (14,5 % O<sub>2</sub>) вызывает периодическое уменьшение максимальной ВА желудочков, но стабильное понижение суммарной ВА правого и левого отделов сердца, без нарушения пропорциональности их соотношения (ВА<sub>L</sub>/ВА<sub>R</sub>). Такие сдвиги однозначно объяснить сложно, т. к. в этих условиях включение компенсаторных механизмов энергетического обмена препятствует снижению внутриклеточного содержания АТФ [4] и соответственно электрогенной функции [14]. Поэтому в качестве парадигмы можно предположить, что в условиях малого дефицита кислорода повышается эффективность митохондриального дыхания кардиомиоцитов, в результате чего потенциал действия клеток миокарда, включая де- и реполяризацию, уменьшается, но сохраняется сократительная его функция.

Также в условиях легкой степени ОНГ отмечается начальный положительный хронотропный эффект (судя по RR и QT) и отрицательный (по QT) — к концу ОНГ. По-видимому, это обусловлено начальным усилением симпатического влияния на миокард, вызванного рефлекторно и психоэмоциональным стрессом на процедуру тестирования, в последующем с ослаблением симпатикуса [15], что подтверждается нарастанием DX, а также мощным начальным увеличением SAP, CO и вегетативного напряжения с ослаблением реакций к концу легкой степени ОНГ [7]. Вместе с этим установленное начальное увеличение скорректированного PQc свидетельствует о нарастании доли времени предсердно-желудочкового проведения возбуждения в общей длительности RR, за счет уменьшения диастолической фазы, т. к. QTc не изменяется.

Средняя степень ОНГ (12,3 % O<sub>2</sub>) вызывает более существенное уменьшение максимальной ВА желудочков и конечной её фазы, суммарной ВА левого и правого отделов сердца и вариативности отклонений RII, BA<sub>R</sub>, BA<sub>L</sub>/BA<sub>R</sub> относительно легкой ОНГ. Эти изменения могут быть связаны с компенсаторным усилением гликолиза, повышением эффективности механизмов вегетативного обеспечения деятельности сердца, переходом кардиомиоцитов на более экономный путь использования кислорода, что и приводит к уменьшению электрической активности сократительных клеток миокарда с повышением индивидуальной однородности его деполяризации и согласованности активности левого и правого отделов сердца при средней степени ОНГ. Отчасти это подтверждается увеличением потребления кислорода организмом, лактатдегидрогеназы в крови и коэффициента использования кислорода [21], легочной вентиляции [13 и др.], минутного объема кровообращения [7, 13] и снижением общего периферического сопротивления [7] у человека при однократной острой гипоксии, а также расширением сосудов микроциркуляции и увеличением коронарного кровотока [19], повышением КПД миокарда в эксперименте с гипоксией на животных [3].

При этом вызванное гипоксией (12,3 % O<sub>2</sub>) стойкое уменьшение длительности RR и QT обуславливается компенсаторным усилением влияния симпатикуса на основной водитель ритма (синоатриальный узел) [15 и др.]. А нарастание дисперсии интервала PQ, свидетельствуя о повышении неоднородности процесса предсердно-желудочкового проведения возбуждения, может быть связано с увеличением индивидуальных особенностей степени влияния парасимпатикуса на атриовентрикулярный узел в ответ на развивающуюся гипоксемию, именно поэтому нами не наблюдались значимые изменения интервала PQ.

Установленный нами прирост скорректированных значений Pс, PQc при средней степени ОНГ можно рассматривать как увеличение доли предсердно-желудочкового проведения возбуждения в длительности кардиоцикла за счет удлинения периода сокращения предсердий. В то же время нарастание QRSc и QTc

может свидетельствовать об увеличении доли времени электрической систолы желудочков в общей длительности кардиоцикла за счет прироста периода деполяризации желудочков миокарда. В целом эти соотношения свидетельствуют об относительном увеличении длительности процессов де- и реполяризации за счет уменьшения фазы покоя (диастолы) в общей картине организации сердечного цикла при средней степени гипоксии. По-видимому, такие относительные увеличения фазы де- и реполяризации направлены на эффективное завершение сокращения предсердий и систолы желудочков, что обуславливает в данных гипоксических условиях (12,3 % O<sub>2</sub>) повышение производительности сердца [7].

Такие же изменения QT и QTc, кроме некоторых позиций (не изменяющиеся амплитуды экстремумов электрического поля сердца), в условиях ОНГ 12 % O<sub>2</sub> отмечались ранее [9], что объяснялось угнетением митохондриального аэробного дыхания и снижением образования АТФ. Однако с этим суждением сложно согласиться, т. к. показанное [9] уменьшение SpO<sub>2</sub> (до 77 %) не достигало порогового уровня, при котором снижается митохондриальное дыхание и содержание АТФ [4, 14].

Анализ факторной структуры параметров ЭКГ позволил установить, что для легкой степени ОНГ главной компонентой является «положительный хронотропный эффект» (QT, RR) и с меньшей факторной нагрузкой компонента — «отклонение деполяризации желудочков» (QRS). Для средней степени ОНГ характерно усиление главной компоненты амплитудами P<sub>I</sub>II и T<sub>I</sub>II, определенной как «хроно-инотропная сопряженность», а второй по значимости является компонента «предсердно-желудочковое проведение возбуждения» (P, PQ). Таким образом, можно считать, что при ОНГ 14,5 % O<sub>2</sub> важнейшим внутрисердечным регулятором биоэлектрических процессов сердца является временная составляющая реакции на гипоксию, а с увеличением гипоксического воздействия (12,3 % O<sub>2</sub>) такая роль принадлежит усилению сопряженности временных и амплитудных процессов.

Одним из факторов, оказывающим прямое влияние на электрическую систолу желудочков миокарда, может являться дефицит кислорода. Есть данные, показывающие, что выраженное укорочение QT коррелирует с SpO<sub>2</sub> при гипоксии [29]. Наши результаты подтверждают это, но, судя по регрессии, в количественном отношении близкое по интенсивности развитие гипоксемии при гипоксии 14,5 % O<sub>2</sub> и 12,3 % O<sub>2</sub> сопровождается более выраженным уменьшением длительности электрической систолы желудочков в условиях средней степени ОНГ.

Очевидным было ожидать наличие связи отклонений QT с параметрами системной гемодинамики [7] в этих же условиях. Установлено, что наблюдаемое нами уменьшение QT, особенно выраженное при средней степени ОНГ, коррелирует с увеличением минутного объема кровообращения, вегетативного напряжения и уменьшением общего периферического

сопротивления сосудов. Причем с нарастанием выраженности ОНГ эти связи усиливаются, свидетельствуя об увеличении сопряженности электрической систолы желудочков с системными сдвигами гемодинамики, за исключением отсутствующих корреляций с артериальным давлением. Механизмы таких связей еще предстоит исследовать.

Таким образом, есть основание считать, что наблюдаемые изменения параметров ЭКГ при гипоксии обусловлены экстракардиальными механизмами и миогенной ауторегуляцией сердца.

Полученные нами данные об изменениях параметров ЭКГ, гипоксемии и их связях при разной степени выраженности дефицита кислорода могут использоваться в качестве экспериментальных моделей для прогнозирования гипоксических состояний здорового человека в условиях экзогенной гипоксии, с которой он встречается в холодный период года, особенно на Севере России.

### Выводы

1. Установлено, что с увеличением степени выраженности кратковременной ОНГ от 14,5 до 12,3 %  $O_2$ , не только больше развивается гипоксемия, но и повышается внутрigrupповая неоднородность её изменения, свидетельствуя об увеличении вариативности способности к оксигенации гемоглобина.

2. Вне зависимости от степени ОНГ только в начальном её периоде увеличивается биоэлектрическая активность правого предсердия, что рассматривается как один из срочных механизмов активации деятельности сердца при гипоксии.

3. С увеличением степени ОНГ нарастает количество и интенсивность изменения амплитудно-временных параметров ЭКГ в реакции на гипоксию. Существенно уменьшается суммарная биоэлектрическая активность левого и правого отделов сердца, без признаков изменения их соотношения, четко проявляется положительный хронотропный эффект. При этом уменьшается вариативность отклонений амплитуды  $RII$ ,  $VA_R$  и  $VA_L/VA_R$ , но увеличивается вариабельность  $PQ$ .

4. Показано, что при средней степени ОНГ больше увеличиваются скорректированные значения  $Pc$ ,  $PQc$ ,  $QRSc$  и  $QTc$ , чем при малой степени гипоксии, указывая на относительное увеличение длительности процессов де- и реполяризации за счет уменьшения диастолической фазы в общей картине организации сердечного цикла. Предполагается, что это направлено на эффективное завершение сокращения предсердий и систолы желудочков.

5. Факторный анализ показал, что при легкой степени ОНГ главной компонентой биоэлектрических процессов сердца является положительный хронотропный эффект, а при средней степени гипоксии — хроно-инотропная сопряженность биоэлектрических процессов сердца.

6. Установлено, что корреляция между  $QT$  и  $SpO_2$  нарастает с увеличением степени ОНГ, а, судя по

регрессии, количественные отклонения длительности электрической систолы желудочков на единицу оксигенации крови больше выражены при средней степени гипоксии.

7. Показано, что с увеличением степени ОНГ нарастают корреляции отклонений интервала  $QT$  с параметрами системной гемодинамики, указывая на опосредованную обратную зависимость минутного объема кровообращения от длительности  $QT$ , а также прямое влияние общего периферического сопротивления сосудов и обратное влияние напряжения вегетативной регуляции на электрическую систолу желудочков миокарда.

### Благодарности

Авторы выражают признательность выпускникам разных лет Сыктывкарского госуниверситета А. А. Илюшичеву, О. А. Шипициной, М. В. Ивановой и А. Е. Тарабукиной за техническую помощь при проведении исследований.

### Авторство

Бочаров М. И. внес основной вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных, подготовил первый вариант статьи, существенно её переработал на предмет интеллектуального содержания, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Шилов А. С. внес существенный вклад в получение и обработку данных, подготовил первых вариант описания методов и результатов исследования, существенно переработал статью на предмет содержания методов исследования, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Бочаров Михаил Иванович — ORCID 0000-0001-6918-5523; SPIN 7435-1550;

Шилов Александр Сергеевич — ORCID 0000-0002-0520-581X; SPIN 9039-4883

### Список литературы

1. Алексеева Т. М., Ковзелев П. Д., Топузова М. П., Сергеева Т. В., Трезуб П. П. Гиперкапнически-гипоксические дыхательные тренировки как потенциальный способ реабилитационного лечения пациентов, перенесших инсульт // Артериальная гипертензия. 2019. Т. 25, № 2. С. 134–142.
2. Аллилуев И. А. Транскрипционный фактор HIF-1: механизмы регуляции при гипоксии и нормоксии // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2014. № 3. С. 56–60.
3. Алюхин Ю. С., Иванов К. П. Коэффициент полезного действия миокарда после адаптации к гипоксии // Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова. 1977. Т. 63, № 10. С. 1449–1450.
4. Ахундов Р. А., Ахундова Х. Р. Энергетические механизмы окислительного стресса, эндогенная и экзогенная гипоксия // Биомедицина. 2009. № 3. С. 3–9.
5. Баранов А. В., Бочаров М. И., Роцевская И. М. Компенсаторная реакция сердечно-сосудистой системы человека на кратковременную нормобарическую гипоксию // Вестник уральской медицинской академической науки. 2011. № 3. С. 39–41.
6. Бизенкова М. Н., Чеснокова Н. П., Романцов М. Г. Сравнительная оценка энергообеспечения миокарда в норме и в динамике экспериментальной острой ишемии // Современные проблемы науки и образования. 2009. № 4. С. 12–21.

7. Бочаров М. И. Реакция гемодинамики человека на разное по величине гипоксические воздействия // Ульяновский медико-биологический журнал. 2013. № 3. С. 138–145.

8. Дерягина Л. Е., Цыганок Т. В., Рувинова Л. В., Гудков А. Б. Психофизиологические свойства личности и особенности регуляции сердечного ритма под влиянием трудовой деятельности // Медицинская техника. 2001. № 3. С. 40–44.

9. Заменина Е. В., Пантелеева Н. И., Роцевская И. М. Электрическое поле сердца человека в период реполяризации желудочков при острой нормобарической гипоксии до и после курса интервальной гипоксической тренировки // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2019. № 48. С. 115–134.

10. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы: справочник / под ред. Т. С. Виноградовой. М.: Медицина, 1986. 416 с.

11. Ключникова Е. А., Аббазова Л. В., Лоханникова М. А., Ананьев С. С., Павлов Д. А., Балькин М. В. Влияние прерывистой нормобарической гипоксии на системную гемодинамику, биохимический состав крови и физическую работоспособность лиц пожилого возраста // Ульяновский медико-биологический журнал. 2017. № 4. С. 155–163.

12. Койчубеков Б. К., Сорокина М. А., Мхитарян К. Э. Определение размера выборки при планировании научного исследования // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. Медицинские науки. 2014. № 4. С. 71–74.

13. Колчинская А. З., Цыганова Т. Н., Остапенко Л. А. Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка в медицине и спорте. М.: Медицина, 2003. 408 с.

14. Лукьянова Л. Д. Сигнальные механизмы гипоксии: монография. М.: РАН, 2019. 215 с.

15. Малкин В. Б., Гиппенрейтер Е. Б. Острая и хроническая гипоксия. М.: Наука, 1977. 315 с.

16. Манухина Е. Б., Каленчук В. У., Гаврилова С. А., Горячева А. В., Малышев И. Ю., Кошелев В. Б. Органоспецифичность депонирования оксида азота в стенках кровеносных сосудов при адаптации к гипоксии // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2008. Т. 94, № 2. С. 198–205.

17. Новиков В. С., Сороко С. И., Шустов Е. Б. Деадаптационные состояния человека при экстремальных воздействиях и их коррекция. СПб.: Политехника-принт, 2018. 548 с.

18. Прокофьев А. Б., Либис Р. А., Тиньков А. Н., Коц Я. И. Качество жизни больных с аритмиями и его динамика под влиянием барокамерной гипоксии // Вестник аритмологии. 2005. № 39. С. 18–22.

19. Сагидова С. А., Балькин М. В. Влияние гипоксической нагрузки на изменения микроциркуляторного русла в различных отделах сердца крыс // Ульяновский медико-биологический журнал. 2012. № 1. С. 82–88.

20. Салтыкова М. М. Амплитуды зубцов комплекса QRS на электрокардиограмме при нагрузочном тестировании практически здоровых лиц // Физиология человека. 2015. Т. 41, № 1, С. 74–82.

21. Серебровская Т. В., Красюк А. Н., Федорович В. Н. Изоферментный состав лактатдегидрогеназы крови человека при кратном воздействии острой гипоксией и его связь с уровнем физической работоспособности // Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1987. Т. 21, № 1. С. 87–89.

22. Трошенькина О. В., Мензоров М. В., Шутов А. М., Балькин М. В., Пузырева Е. Д. Электрическая стабиль-

ность миокарда при острой нормобарической гипоксии у здоровых людей // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2012. Т. 99, № 3. С. 41–45.

23. Турбасов В. Д., Артамонова Н. П., Нечаева Э. И. Оценка биоэлектрической активности сердца в условиях антиортостатической гипокинезии с использованием общепринятых и скорректированных ортогональных отведений ЭКГ // Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1990. Т. 24, № 1. С. 42–44.

24. Brodmann M. M., Brugger H., Strapazzon G., Pun M., Malacrida S., Zafren K., Maggiorini M., Hackett P., Bärtsch P., Swenson E. Strengthening high altitude research (star): developing a guideline for high altitude research // The 20th International Hypoxia Symposium (meeting to advance the science of Hypoxia every two years since 1979) 7-12 February 2017 Alberta, Canada. 2017. p. 79.

25. Lemaotre F., Bernier F., Petit I., Renard N., Gardette B., Joulia F. Heart rate responses during a breath-holding competition in well-trained divers // International Journal of Sports Medicine. 2005. Vol. 26, N 6. P. 409–413.

26. Newsholme P., De Bittencourt P. I., O'Hagan C., Murphy C., Krause M. S. Exercise and possible molecular mechanisms of protection from vascular disease and diabetes: the central role of ROS and nitric oxide // Clin. Sci. (Lond), 2009. Vol. 118, N 5. P. 341–349.

27. Nouette-Gaulain K., Malgat M., Rocher C., Savineau J., Marthan R., Mazat J., Sztark F. Time course of differential mitochondrial energy metabolism adaptation to chronic hypoxia in right and left ventricles // Cardiovascular Research. 2005. Vol. 66, N 1. P. 132–140.

28. Pugh C. W., Ratcliffe P. J. Regulation of angiogenesis by hypoxia: role of the HIF system // Nat Med. 2003. Vol. 9, N 6. P. 677–684.

29. Roche F., Reynaud C., Pichot V., Duverney D., Costes F., Garet M., Gaspoz J. M., Barthélémy J. C. Effect of acute hypoxia on QT rate dependence and corrected QT interval in healthy subjects // The American Journal of Cardiology. 2003. Vol. 91, N 7A. P. 916–919.

30. Semenza G. L. Hypoxia-inducible factors in physiology and medicine // Cell. Physiol. Biochem. 2012. Vol. 148, N 3. P. 399–408.

## References

- Alekseeva T. M., Kovzelev P. D., Topuzova M. P., Sergeeva T. V., Tregub P. P. Hypercapnic-hypoxic breathing exercises as a potential way to rehabilitate stroke patients. *Arterial hypertension*. 2019, 25 (2), pp. 134-142. [In Russian]
- Alliluev I. A. HIF-1 transcription factor: regulatory mechanisms for hypoxia and normoxia. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskii region. Estestvennye nauki* [University News. North Caucasus region. Natural Sciences]. 2014, 3, pp. 56-60. [In Russian]
- Alyukhin Yu. S., Ivanov K. P. The myocardial efficiency after adaptation to hypoxia. *Fiziologicheskii zhurnal SSSR im. I. M. Sechenova* [Physiological Journal of the USSR named after I. M. Sechenov]. 1977, 63 (10), pp. 1449-1450. [In Russian]
- Akhundov R. A., Akhundova Kh. R. Energy mechanisms of oxidative stress, endogenous and exogenous hypoxia. *Biomeditsina* [Biomedicine]. 2009, 3, pp. 3-9. [In Russian]
- Baranov A. V., Bocharov M. I., Roshchevskaya I. M. The compensatory reaction of the human cardiovascular system to short-term normobaric hypoxia. *Vestnik Ural'skoi meditsinskoi akademicheskoi nauki* [Bulletin of the Ural Medical Academic Science]. 2011, 3, pp. 39-41. [In Russian]

6. Bizenkova M. N., Chesnokova N. P., Romantsov M. G. Comparative evaluation of myocardial energy supply in normal and in the dynamics of experimental acute ischemia. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2009, 4, pp. 12-21. [In Russian]
7. Bocharov M. I. The reaction of human hemodynamics to hypoxic effects of different magnitude. *Ul'yanovskii mediko-biologicheskii zhurnal* [Ulyanovsk Medical Biological Journal]. 2013, 3, pp. 138-145. [In Russian]
8. Deryagina L. E., Tsyganok T. V., Ruvina L. G., Gudkov A. B. Psychophysiological traits of personality and the specific features of heart rhythm regulation under the influence of occupational activities. *Meditsinskaya Tekhnika*. 2001, 35 (3), pp. 166-170. [In Russian]
9. Zamenina E. V., Panteleeva N. I., Roshchevskaya I. M. The electric field of the human heart during ventricular repolarization during acute normobaric hypoxia before and after a course of interval hypoxic training. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* [Tomsk State University Bulletin. Biology], 2019, 48, pp. 115-134. [In Russian]
10. *Instrumental'nye metody issledovaniya serdechno-sosudistoi sistemy: spravochnik*. [Instrumental methods for the study of the cardiovascular system: a reference]. Ed. T. S. Vinogradova. Moscow, Meditsina Publ., 1986, 416 p.
11. Klyuchnikova E. A., Abbasova L. V., Lokhannikova M. A., Anan'ev S. S., Pavlov D. A., Balykin M. V. The effect of intermittent normobaric hypoxia on systemic hemodynamics, blood biochemical composition and physical performance of elderly people. *Ul'yanovskii mediko-biologicheskii zhurnal* [Ulyanovsk Medical Biological Journal]. 2017, 4, pp. 155-163. [In Russian]
12. Koichubekov B. K., Sorokina M. A., Mkhitarian K. E. Determining the sample size when planning a scientific research. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. Meditsinskie nauki* [International Journal of Applied and Fundamental Research. Medical sciences]. 2014, 4, pp. 71-74. [In Russian]
13. Kolchinskaya A. Z., Tsyganova T. N., Ostapenko L. A. *Normobaricheskaya interval'naya gipoksicheskaya trenirovka v meditsine i sporte* [Normobaric interval hypoxic training in medicine and sport]. Moscow, Meditsina Publ., 2003, 408 p.
14. Luk'yanova L. D. *Signal'nye mekhanizmy gipoksii: monografiya* [Signaling mechanisms of hypoxia: a monograph]. Moscow, 2019, 215 p.
15. Malkin V. B., Gippenreiter E. B. *Ostraya i khronicheskaya gipoksiya* [Acute and chronic hypoxia]. Moscow, Nauka Publ. 1977, 315 p.
16. Manukhina E. B., Kalenchuk V. U., Gavrilova S. A., Goryacheva A. V., Malyshev I. Yu., Koshelev V. B. Organ-specific deposition of nitric oxide in the walls of blood vessels during adaptation to hypoxia. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal imeni I. M. Sechenova / Rossiiskaia akademiia nauk*. 2008, 94 (2), pp. 198-205. [In Russian]
17. Novikov V. S., Soroko S. I., Shustov E. B. *Dezadaptatsionnye sostoyaniya cheloveka pri ekstremal'nykh vozdeistviyakh i ikh korrektsiya* [Disadaptation states of a person under extreme impacts and their correction]. Saint Petersburg, Politekhnik-a-print, 2018, 548 p.
18. Prokof'ev A. B., Libis R. A., Tin'kov A. N., Kots Ya. I. The quality of life of patients with arrhythmias and its dynamics under the influence of pressure chamber hypoxia. *Vestnik aritmologii* [Bulletin of Arrhythmology], 2005, 39, pp. 18-22. [In Russian]
19. Sagidova S. A., Balykin M. V. The effect of hypoxic load on changes in the microvasculature in various parts of the rat heart. *Ul'yanovskii mediko-biologicheskii zhurnal* [Ulyanovsk Medical Biological Journal]. 2012, 1, pp. 82-88. [In Russian]
20. Saltykova M. M. The amplitudes of the QRS complex on an electrocardiogram during exercise testing of healthy individuals. *Fiziologiya cheloveka*. 2015, 41 (1), pp. 74-82. [In Russian]
21. Serebrovskaya T. V., Krasyuk A. N., Fedorovich V. N. Isoenzyme composition of human blood lactate dehydrogenase under multiple exposure to acute hypoxia and its relationship with the level of physical performance. *Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina* [Space Biology and Aerospace Medicine]. 1987, 21 (1), pp. 87-89. [In Russian]
22. Troshen'kina O. V., Menzorov M. V., Shutov A. M., Balykin M. V., Pupyreva E. D. Myocardial electrical stability in acute normobaric hypoxia in healthy people. *Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina* [Physiotherapy and Sports Medicine]. 2012, 99 (3), pp. 41-45. [In Russian]
23. Turbasov V. D., Artamonova N. P., Nechaeva E. I. Assessment of bioelectric activity of the heart under conditions of antiorthostatic hypokinesia using generally accepted and corrected orthogonal ECG leads. *Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina* [Space Biology and Aerospace Medicine]. 1990, 24 (1), pp. 42-44. [In Russian]
24. Brodmann M. M., Brugger H., Strapazzon G., Pun M., Malacrida S., Zafren K., Maggiorini M., Hackett P., Bärtsch P., Swenson E. Strengthening high altitude research (star): developing a guideline for high altitude research. *The 20th International Hypoxia Symposium (meeting to advance the science of Hypoxia every two years since 1979) 7-12 February 2017 Alberta, Canada, 2017*, p. 79.
25. Lemaotre F., Bernier F., Petit I., Renard N., Gardette B., Joulia F. Heart rate responses during a breath-holding competition in well-trained divers. *International Journal of Sports Medicine*. 2005, 26 (6), pp. 409-413.
26. Newsholme P., De Bittencourt P. I., O'Hagan C., Murphy C., Krause M. S. Exercise and possible molecular mechanisms of protection from vascular disease and diabetes: the central role of ROS and nitric oxide. *Clin. Sci. (Lond)*. 2009, 118 (5), pp. 341-349.
27. Nouette-Gaulain K., Malgat M., Rocher C., Savineau J., Marthan R., Mazat J., Sztark F. Time course of differential mitochondrial energy metabolism adaptation to chronic hypoxia in right and left ventricles. *Cardiovascular Research*. 2005, 66 (1), pp. 132-140.
28. Pugh C. W., Ratcliffe P. J. Regulation of angiogenesis by hypoxia: role of the HIF system. *Nat Med*. 2003, 9 (6), pp. 677-684.
29. Roche F., Reynaud C., Pichot V., Duverney D., Costes F., Garet M., Gaspoz J. M., Barthélémy J. C. Effect of acute hypoxia on QT rate dependence and corrected QT interval in healthy subjects. *The American Journal of Cardiology*. 2003, 91 (7A), pp. 916-919.
30. Semenza G. L. Hypoxia-inducible factors in physiology and medicine. *Cell. Physiol. Biochem*. 2012, 148 (3), pp. 399-408.

**Контактная информация:**

Боcharов Михаил Иванович – доктор биологических наук, профессор, старший научный сотрудник отдела сравнительной кардиологии ФГБУН ФИЦ «Коми научный центр Уральского отделения РАН», г. Сыктывкар  
Адрес: 167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 24  
E-mail: bocha48@mail.ru

## СЕЗОННАЯ И СЕКУЛЯРНАЯ ВАРИАбельНОСТЬ ИНДИКАТОРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ДЕТЕЙ 7–11 ЛЕТ

©2020 г. Н. Б. Панкова, М. Ю. Карганов

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии», г. Москва

*Цель* настоящего исследования – изучение сезонной изменчивости показателей сердечно-сосудистой системы (ССС) у учащихся начальной школы за 5 учебных лет и сравнение текущих результатов с аналогичными данными 2004–2007 годов. *Методы.* Проведён анализ динамики полугодовых изменений («дельты» показателей, в % от исходного уровня) показателей ССС школьников. С использованием прибора спиреокардиокардиограф оценивали: показатели сердечного ритма (СР) и его вариабельности, артериального давления (АД) и его вариабельности, сердечной производительности. Тестирования проводили в конце марта – начале апреля и в конце сентября – начале октября. Наблюдения выполнены на двух различных выборках: 1 – в 2016–2019 годах (на каждом интервале наблюдений была только одна школьная параллель, объём выборки составил 214 человек, 701 повторное измерение); 2 – в 2004–2007 годах (на каждом интервале наблюдений было по три параллели, объём выборки составил 317 человек, 810 повторных измерений). В качестве группы сравнения использованы взрослые женщины (объём выборки – 285 человек), обследованные однократно в разные сезоны в 2002–2012 годах. *Результаты.* Наличие сезонной вариабельности выявлено только для систолического АД и отношения LF/HF спектра вариабельности СР, отражающего уровень автономной регуляции сердечно-сосудистой системы. В 2016–2019 годах в выборке учащихся начальной школы это возрастание за учебный год (осень – весна) систолического АД и снижение LF/HF (со 2-го по 5-й класс). Однако в 2004–2007 годах у детей того же возраста сезонные изменения имели противоположную направленность – снижение за учебный год систолического АД и возрастание LF/HF (с 1-го по 5-й класс), что соответствует сезонной вариации данных показателей у взрослых людей. *Заключение.* Полученные данные показали изменение сезонной вариативности функционального состояния ССС у детей младшего школьного возраста. Высказано предположение о связи таких изменений с компьютеризацией образования, однако оно нуждается в дополнительной проверке.

**Ключевые слова:** сердечно-сосудистая система, артериальное давление, вариабельность сердечного ритма, сезонная вариабельность, дети

## SEASONAL AND SECULAR VARIATIONS IN SELECTED INDICATORS OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM AMONG 7-11 YEARS OLD CHILDREN

N. B. Pankova, M. Yu. Karganov

Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow, Russia

*The aim* was to study seasonal variations in selected indicators of the cardiovascular system (CVS) in primary school students over 5 academic years and compare the findings with the results obtained in 2004-2007. *Methods.* Heart rate (HR) and its variability, blood pressure (BP) and its variability and cardiac performance were studied using spiroarteriocardiorhythmograph (SACR). Data were collected in late March - early April and late September - early October. The measurements were taken in in 2016-2019 (n=214, 701 measurements) and in 2004-2007 (n=317, 810 measurements). The analysis of the dynamics of semiannual changes ("delta" indicators, in% of the initial level) of CVS indicators of schoolchildren was carried out. As a comparison group, we used adult women (sample size - 285 people), surveyed once in different seasons in 2002-2012. *Results.* Seasonal variability was revealed only for systolic blood pressure and LF / HF ratio reflecting the level of autonomic regulation of the cardiovascular system. In 2016-2019, in the sample of primary school students, an increase in systolic blood pressure over the school year (autumn - spring) and a decrease in LF / HF (in 2<sup>nd</sup> - 5<sup>th</sup> grades) was fixed. However, in 2004-2007 in children of the same age, seasonal changes had the opposite direction - a decrease in systolic blood pressure over the school year and an increase in LF / HF (in 1<sup>st</sup> - 5<sup>th</sup> grades), which corresponds to the seasonal variation of these indicators in adults. *Conclusion.* The obtained data showed a change in seasonal variability of the functional state of the CVS in primary school children. It has been suggested that such changes could be related to the computerization of education, but further research is warranted.

**Key words:** cardiovascular system; arterial pressure; heart rate variability; seasonal variability; children

### Библиографическая ссылка:

Панкова Н. Б., Карганов М. Ю. Сезонная и секулярная вариабельность индикаторов сердечно-сосудистой системы у детей 7–11 лет // Экология человека. 2020. № 12. С. 37–44.

### For citing:

Pankova N. B., Karganov M. Yu. Seasonal and Secular Variations in Selected Indicators of the Cardiovascular System among 7-11 Years Old Children. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 12, pp. 37-44.

Многолетние мониторинговые исследования, проводимые нами в детских коллективах, показывают наличие выраженной годовой динамики большинства изучаемых показателей — психологических, психофизиологических, соматических.

По показателям сердечно-сосудистой системы (ССС) сезонная изменчивость описана достаточно давно как для людей [11], так и для животных [6]. При этом вариабельность артериального давления (АД), имеющего прогностическую клиническую значи-

мость, изучается широко и подробно [18, 22]. Меньше известно о сезонной изменчивости показателей variability сердечного ритма (СР), оцениваемой на основании анализа многолетних наблюдений за цикличностью процесса. Однако именно показатели variability СР широко используются для оценки функционального состояния разных групп населения, включая детские коллективы. Для последних наличие сезонных колебаний измеряемых показателей критично в плане интерпретации получаемых результатов: с чем связано изменение различных параметров за учебный год? Это естественные хронобиологические закономерности, как считает ряд авторов [3], или влияние школьных нагрузок? Проведённые нами ранее исследования с разным дизайном (одномоментное тестирование разных выборок, полугодовая динамика, многолетний мониторинг) выявили обратимость описываемых изменений, что предполагает ведущую роль естественных сезонных колебаний показателей ССС [7].

Участие в реализации научной программы региональной инновационной площадки «Создание системы физкультурно-оздоровительной работы в школе в рамках внедрения комплекса “Готов к труду и обороне” (ГТО)» (Московская область, 2016–2019 г.) предоставило нам уникальную возможность оценить динамику различных показателей физического здоровья детей на протяжении 4 лет — от 1-го к 4-му и от 4-го к 5-му классам (одновременный мониторинг двух разных школьных параллелей). Причём в качестве оцениваемых показателей использовать не только собственно величины разных параметров, но и степень их изменения за полугодие. Такой подход в отношении антропометрии показал наличие выраженной сезонной изменчивости массы тела и индекса массы тела (ИМТ) [9] — относительное возрастание этих показателей за зимний период. Задачей настоящего исследования стало изучение сезонной изменчивости показателей ССС у учащихся начальной школы. Ранее [7] по результатам исследований с аналогичным дизайном (2002–2009) мы сообщали о возрастании за учебный год отношения LF/HF, считающегося коррелятом автономного баланса в регуляции ССС, у учащихся 6–10-х классов. Поэтому второй задачей мы поставили сравнение текущих результатов с аналогичными данными 2004–2007 годов.

**Методы**

В исследовании проведён анализ динамики полугодовых изменений («дельты») показателей ССС школьников. Для минимизации влияния индивидуальной изменчивости самих показателей «дельту» считали в процентах от исходного уровня. Тестирования проводили в конце марта — начале апреля и в конце сентября — начале октября. Оценивали степень изменения параметров за временной интервал: от весны (в) к осени (о) — при переходе к следующему классу (учебному году) или от осени к весне — в пределах одного учебного года. Наблюдения выполнены на двух различных выборках:

1. Мониторинг двух параллелей общеобразовательной школы с конца первого класса (в1) до конца 4-го класса (в4) и с конца 4-го класса (в4) по конец 5-го класса (в5) в 2016–2019 годах (на каждом интервале наблюдений была только одна параллель). Объём выборки составил 214 человек (в динамике), всего 701 повторное измерение, состав отдельных групп представлен в табл. 1 и 2.

*Таблица 1*

**Численность групп детей разного возраста в выборке 2016–2019 годов**

Интервал наблюдения, годы	Девочки	Мальчики
7,1–7,5	17	15
7,6–8,0	48	33
8,1–8,5	56	43
8,6–9,0	59	50
9,1–9,5	59	51
9,6–10,0	53	47
10,1–10,5	40	34
10,6–11,0	15	21
11,1–11,5	6	11

*Таблица 2*

**Численность групп детей в разные интервалы наблюдения в выборке 2016–2019 годов (цифрами обозначен класс)**

Интервал наблюдения	Девочки	Мальчики
Весна 1 — осень 2	53	41
Осень 2 — весна 2	57	43
Весна 2 — осень 3	56	46
Осень 3 — весна 3	63	51
Весна 3 — осень 4	55	49
Осень 4 — весна 4	59	49
Весна 4 — осень 5	9	15
Осень 5 — весна 5	10	16

2. Трёхлетний мониторинг всей школы в 2004–2007 годах (на каждом интервале наблюдений было по три параллели). Объём выборки составил 317 человек, всего 810 повторных измерений, состав отдельных групп представлен в табл. 3.

*Таблица 3*

**Численность групп детей в разные интервалы наблюдения в выборке 2004–2007 годов (цифрами обозначен класс)**

Интервал наблюдения	Девочки	Мальчики
Осень 1 — весна 1	70	51
Весна 1 — осень 2	40	33
Осень 2 — весна 2	54	50
Весна 2 — осень 3	30	44
Осень 3 — весна 3	38	72
Весна 3 — осень 4	28	47
Осень 4 — весна 4	45	65
Весна 4 — осень 5	38	42
Осень 5 — весна 5	33	30

Школы, принимавшие участие в исследованиях в 2016–2019 и в 2004–2007 годах, — разные, но обе являются общеобразовательными, расположены на окраинах Москвы. Этнический состав в обоих случаях смешанный, с преобладанием (85–90 %) коренного населения (как русские, так и представители других национальностей). Остальные учащиеся до поступления в школы прожили в Москве несколько лет, русским языком владеют в совершенстве. Все дети были отнесены к 1-й и 2-й группам здоровья и к основной физкультурной группе. Однако между учащимися из разных выборок были и различия. Как уже описано нами ранее, у учащихся начальной школы Москвы в 2016–2019 годах по сравнению с их сверстниками 12 лет назад произошли статистически значимые изменения в показателях физического развития: дети стали выше, но возрастание массы тела и ИМТ уровня статистической значимости не достигли [10].

Поскольку ранее мы описали сезонные изменения у учащихся основной школы [7], в данном исследовании мы расширили возрастной диапазон групп сравнения и использовали результаты сезонных тестирований взрослых — женщин, педагогов и сотрудников общеобразовательных и средне-специальных образовательных учреждений. Измерения проведены в 2002–2012 годах, объём выборки — 285 человек, состав отдельных групп представлен в табл. 4.

Таблица 4

Численность групп взрослых женщин разного возраста

Возраст, лет	Весна	Осень
20–29	27	17
30–39	33	14
40–49	60	23
50–59	57	25
60–69	19	10

Все участники всех серий эксперимента приняли в нём участие на основе информированного согласия. Соблюдение международных и российских законодательных актов о юридических и этических принципах проведения научных работ с участием человека подтверждено решением Этического комитета ФГБНУ «Научно-исследовательский институт патологии и патофизиологии» (протокол № 1 от 22.01.2019).

Изучение показателей ССС проводили с помощью прибора «спироартериокардиограф» (ООО «ИНТОКС», г. Санкт-Петербург, Россия). Комплекс разрешён к применению Росздравнадзором и Минздравом РФ, сертифицирован и рекомендован к работе в детских коллективах ЦГСЭН в г. Москве: № МОС. МУ 2.4.8.002-01. Прибор позволяет проводить одновременную непрерывную регистрацию ЭКГ в 1-м стандартном отведении (с последующей оценкой вариабельности СР), пальцевого АД методом фотоплетизмографии с последующей оценкой

вариабельности систолического (АДс) и диастолического (АДд) АД, а также показателей дыхания с использованием ультразвукового датчика регистрации воздушного потока (при надетой спирометрической маске, опционально, в данной работе не использовано). Длительная непрерывная регистрация показателей СР и АД помимо максимальных, минимальных и средних величин позволяет оценить спектральные показатели их вариабельности: общую мощность спектра (Total Power — TP), абсолютную и относительную мощность стандартных диапазонов (High Frequencies — HF, Low Frequencies — LF, Very Low Frequencies — VLF). Также есть возможность оценить стресс-индекс и расчётные индексы на основе спектральных показателей вариабельности: отношение LF/HF и индекс централизации (VLF+LF) / HF спектра СР, альфа-индекс (LF(СР) / LF(АДс))<sup>1/2</sup>. Помимо этого предусмотрена прямая оценка величины чувствительности спонтанного артериального барорефлекса (ЧБР) в моменты когерентности СР и АД (в мс / мм рт. ст.) и показателей сердечной производительности (ударный и минутный объёмы крови).

Измерения проводили в положении сидя, длительность регистрации составляла 2 минуты.

Оценка соответствия закону нормального распределения полученных массивов данных с использованием критерия Шапиро — Уилка показала, что критерию нормальности (p > 0.05) соответствовали только данные по возрасту. Соответственно межгрупповые сравнения проводили с использованием непараметрических критериев: для независимых выборок — U-критерий Манна — Уитни, для связанных переменных — парный критерий Вилкоксона. Данные на рисунках представлены в виде медианы и межквартильного размаха.

### Результаты

В изученной нами выборке в 2016–2019 годах при оценке возрастной динамики по полугодовым интервалам без учёта сезонности измерений большинство показателей ССС не показали значимых возрастных изменений. Приросты с уровнями значимости за полугодовые интервалы в каждой возрастной группе представлены на рис. 1. Мы можем лишь отметить постоянный прирост ударного объёма сердца (УО) как у девочек, так и у мальчиков с некоторой приостановкой в возрасте 9 лет (рис. 1, А). В возрасте 9–11 лет отмечено постепенное снижение частоты сердечных сокращений (ЧСС) (рис. 1, Б). Уровень АДс значимо возрастал у девочек в интервале 10,0–10,5 года, у мальчиков — на полгода позже (рис. 1, В). В спектральных показателях вариабельности СР, АДс и АДд, а также производных индексах на их основе (в частности, отношения LF/HF — рис. 1, Г) динамика отсутствовала.

Учёт сезонности проводимых тестирований показал несколько иную картину. Мы также отмечаем постоянный прирост сердечной производительности, снижение ЧСС в 4-м и 5-м классах (рис. 2, А). Однако, как

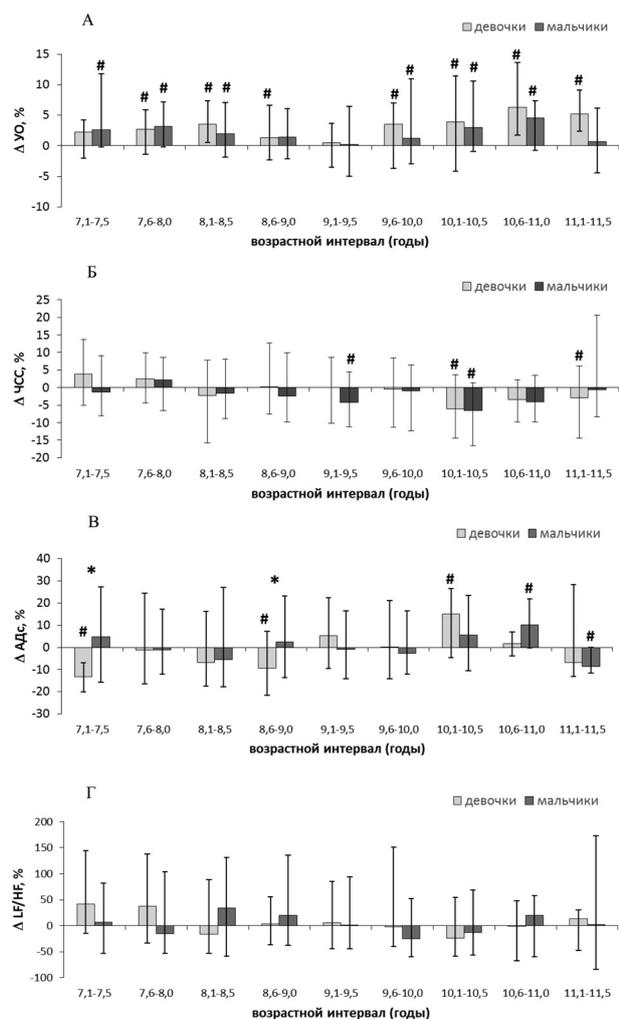


Рис. 1. Динамика прироста (в %) ударного объема сердца (А), ЧСС (Б), систолического АД (В) и отношения LF/HF спектра variability сердечного ритма (Г) за полугодовые интервалы времени (возраст указан на оси) в выборке 2016–2019 годов. Данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха. Статистически значимые изменения за интервал времени (по парному критерию Вилкоксона) обозначены #. Статистически значимые различия между девочками и мальчиками (по критерию Манна – Уитни) обозначены \*.

оказалось, ряд показателей имеет «пилообразную» динамику: мы отмечаем (рис. 2, Б) снижение за учебный год (от осени к весне, диапазоны «о–в») отношения LF/HF (диапазоны «о2–в2», «о3–в3», «о4–в4»), сменяющееся противоположным сдвигом за период от весны к осени (диапазоны «в–о»: «в2–о3», «в3–о4»). И наоборот – возрастание за учебный год АДс («о3–в3», «о4–в4») (рис. 2, В), сменяющееся снижением данного показателя за летний период («в2–о3», «в3–о4»). Учёт статистической значимости не только изменений показателей за оцениваемый период, но и отличий от показателей предыдущего периода (на рисунках отмечены значком \$), позволяет говорить о наличии «пилообразной» динамики этих показателей со 2-го по 5-й класс.

Вместе с тем мы особо отмечаем, что для большинства показателей ССС сезонная вариабельность не выявлена.

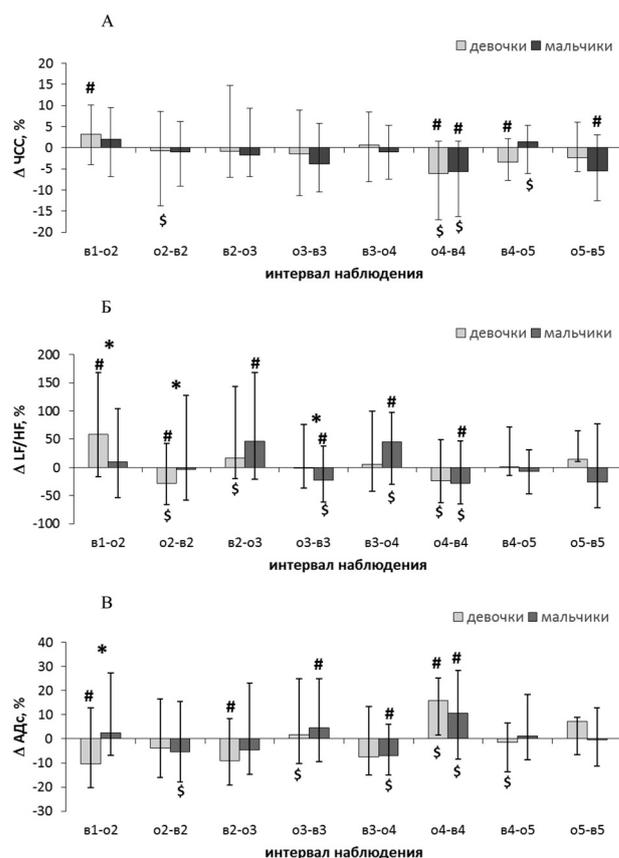


Рис. 2. Динамика прироста (в %) ЧСС (А), отношения LF/HF спектра variability сердечного ритма (Б) и систолического АД (В) по сезонам в выборке 2016–2019 годов (данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха). Обозначения периодов времени: «о» – осень, «в» – весна, цифрами обозначен класс. Обозначения статистической достоверности – как на рис. 1. Знаком «\$» обозначены статистически значимые отличия от предыдущего интервала в своей группе (по критерию Манна – Уитни).

Аналогичный подход, учитывающий сезонность проводимых измерений, был использован при анализе архивных данных за 2004–2007 годы. Оказалось, что 15 лет назад у большинства показателей ССС, включая ЧСС (рис. 3, А), также отсутствовала сезонная вариабельность. Для отношения LF/HF также была характерна «пилообразная» динамика, но с противоположным знаком – с возрастанием за учебный год и снижением за летний период (рис. 3, Б), по крайней мере, для мальчиков (диапазоны «о3–в3» и «о4–в4»). Уровень АДс также менялся в противоположном направлении – снижение за учебный год («о1–в1», «о2–в2», «о3–в3», «о5–в5») и возрастание за лето («в1–о2») (рис. 3, В). Учёт статистической значимости отличий от показателей предыдущего периода (\$) выявил наличие «пилообразной» динамики АДс на протяжении всего периода наблюдения. Максимальные изменения АДс отмечены за 1-й и 5-й классы.

Результаты измерения тех же показателей у взрослых испытуемых показали, что направленность сезонных сдвигов (в динамике) у детей в 2004–2007 годы и сезонные различия у взрослых в 2002–2012 (независимые выборки) совпадают, достигая уровня

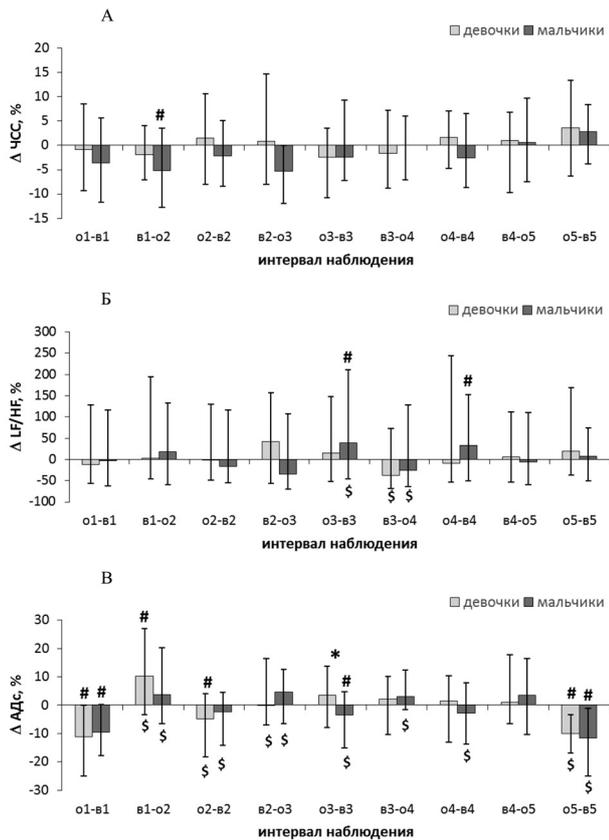


Рис. 3. Динамика прироста (в %) ЧСС (А), отношения LF/HF спектра variability сердечного ритма (Б) и систолического АД (В) по сезонам в выборке 2004–2007 годов (данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха). Обозначения периодов времени: «о» – осень, «в» – весна, цифрами обозначен класс. Обозначения статистической достоверности – как на рис. 1. Знаком «\$» обозначены статистически значимые отличия от предыдущего интервала в своей группе (по критерию Манна – Уитни).

статистической значимости в некоторых возрастных интервалах (рис. 4).

**Обсуждение результатов**

Как показывают наши данные по результатам тестирования взрослых и детей в 2004–2007 годах, а также данные других исследователей [5], сезонные колебания свойственны не слишком большому числу показателей ССС. К таковым относятся: более высокие величины отношения LF/HF спектра variability CP и более низкие значения АДс в весенних тестированиях по сравнению с осенью. Это согласуется с наблюдениями клиницистов: известно, что уровень АД зависит от времени дня, дня недели и сезона [18]. При этом более вариативными являются результаты женщин, со значимым повышением в рабочие дни. Клиницисты обращают внимание на то, что в зимние месяцы variability АД выше, чем летом [22]. Стоит также учесть данные о том, что сезонная variability более выражена у представителей эмоционально и физически напряжённых профессий, в частности у работников МЧС [20], – в сравнении с научными сотрудниками. Для них характерно повышение параметров симпатической

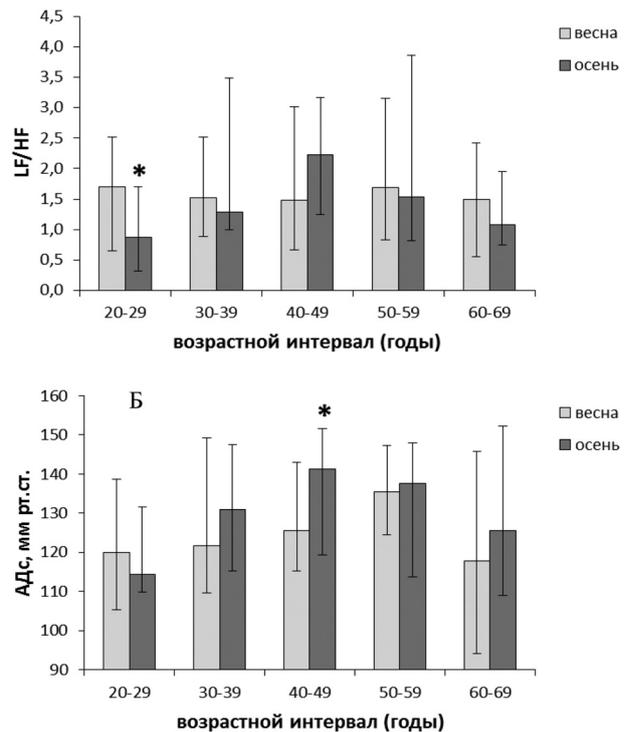


Рис. 4. Величины отношения LF/HF спектра variability сердечного ритма (А) и систолического АД (Б) по сезонам у взрослых женщин разного возраста (данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха). Статистически значимые различия между сезонами (по критерию Манна – Уитни) обозначены \*.

активности (стресс-индекса и отношения LF/HF) зимой по сравнению с летом.

Ранее (2002–2009) по результатам многолетнего мониторинга одних и тех же детей с 6-го по 10-й класс мы выявили повышение за учебный год отношения LF/HF и снижение АДс. В данной работе в те же годы выявлена аналогичная сезонная variability этих же показателей ССС и у учащихся начальной школы. Анализ сезонных различий в показателях взрослых также выявил схожие тенденции. Однако у взрослых мы анализировали независимые выборки, а не динамику изменения параметров у одних и тех же людей. Соответственно индивидуальная изменчивость показателей не позволила достичь уровня статистической значимости различий на большинстве возрастных интервалов.

Однако, как оказалось, за последние годы описанные выше сезонные изменения у учащихся начальной школы поменяли знак на противоположный: мы выявили снижение величины LF/HF и возрастание АДс за учебный год, по крайней мере – со 2-го по 4-й классы. В качестве основной причины мы предполагаем изменение образа и стиля жизни современных школьников, включая учащихся начальных классов, – компьютеризацию всех сторон жизни, в том числе и школьного образования.

Во-первых, результатом этого процесса стало значительное возрастание времени, проводимого за компьютером или иным устройством с выходом в Интернет (в том числе – для выполнения домашнего

задания), в ущерб времени, которое можно было бы посвятить физической активности. Инструментальная оценка уровня двигательной активности показала, что уже в 2008–2010 годах у детей 7–8 лет отмечалось снижение двигательной активности осенью и зимой по сравнению с весной [13]. В течение недели у учащихся начальной школы обнаружено снижение двигательной активности в выходные дни [2], когда даже в школу ходить не нужно.

Косвенным свидетельством в пользу этого предположения можно считать наши данные, полученные на этой же выборке детей и опубликованные ранее [10]: мы отмечаем скрытые (латентные) сдвиги в виде перераспределения детей внутри диапазона «норма» в сторону более высоких значений ИМТ, причём более выраженные у девочек. Важно, что степень изменения динамики ИМТ оказалась корреляционно связанной с уровнем физической нагрузки и содержанием урока физического воспитания.

Показано, что сидячий образ жизни оказывает негативное влияние на вариабельность СР, снижая амплитуду колебаний длительности межсистолических интервалов и, более того, ослабляя их циркадную вариабельность [21]. У детей и подростков низкий уровень двигательной активности негативно сказывается на эффективности автономной регуляции ССС [14, 23, 25]. Однако умеренные физические нагрузки даже в рамках школьной программы могут смягчить, вплоть до полной компенсации, данную проблему [14, 24].

Во-вторых, тотальная компьютеризация всей жизни, и образовательной среды в частности, предъявляет новые требования к организму ребёнка [1]. По сути этот процесс является стрессорным фактором, индуцирующим адаптивный ответ организма детей [16], «след» которого может изменять программу развития мозга ребёнка вплоть до морфологических изменений [17].

Пока не выявлено прямых следствий высоких (но не экстремальных) компьютерных нагрузок на базовые показатели ССС [16]. Однако показано, что дополнительные информационные (и связанные с работой на компьютере) нагрузки у детей 6–7 лет вызывают существенную активацию автономной регуляции ССС со сдвигом баланса в сторону симпатикотонии [4]. Аналогичные сдвиги описаны другими авторами у мальчиков 9 лет [5] и у учащихся 5-х классов [12]. Увеличение уровня компьютерной нагрузки до экстремального/субэкстремального (у детей с развившейся зависимостью от Интернета) коррелирует с наличием автономной дисфункции (симпатикотонии) центрального генеза [19].

Как показано нами ранее, за 12-летний период (2002–2014) у московских первоклассников произошло снижение показателей сердечной производительности при постоянстве ЧСС. Оценка параметров вариабельности СР показала, что, хотя общая мощность спектра не изменилась, отмечено возрастание индекса LF/HF. Проведённая одновременно прямая и непрямая оценка величины ЧБР не выявила дина-

мики данного показателя [8]. Полученные результаты предполагают усиление симпатической составляющей в регуляции ССС.

По результатам данного исследования мы можем предположить, что возросшие школьные нагрузки, включая пролонгацию времени общения с компьютерами и/или их аналогами, вызвали адаптивные сдвиги в динамике функционального созревания систем автономной регуляции детей. В частности, характерная для прошлых лет и для взрослых людей сезонная активация симпатического звена у современных школьников, по-видимому, усилилась. Так, если раньше всё ограничивалось возрастанием за учебный год отношения LF/HF, то в реалиях сегодняшних дней уже возрастает и само АД, напрямую зависящее от тонуса симпатической нервной системы. Тем более что АД очень вариативно именно зимой [22], на которую приходится большая часть учебного года.

Следует, однако, признать, что предположение о влиянии компьютеризации на функциональное состояние ССС детей младшего школьного возраста, её возрастную динамику и сезонные колебания нуждаются в прямой проверке — проведении сравнительных исследований этих показателей у детей с разным уровнем компьютерной нагрузки, поскольку это лишь один из факторов, которые могли оказать влияние на функциональные показатели здоровья детей.

Проведённые исследования выявили наличие сезонной вариабельности АДс и отношения LF/HF спектра вариабельности сердечного ритма, отражающего уровень автономной регуляции ССС. В настоящее время (2016–2019) в выборке учащихся начальной школы это возрастание за учебный год АДс и снижение LF/HF. Однако в более ранних исследованиях детей того же возраста (2004–2007) сезонные изменения имели противоположную направленность — снижение за учебный год АДс и возрастание LF/HF, что соответствует сезонной вариации данных показателей у взрослых людей. Причины такого изменения нуждаются в дальнейшем изучении.

#### **Благодарность**

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта № 19-29-14104 мк «Инструментальная оценка влияния цифровизации образования на физиологический баланс организма».

#### **Авторство**

Панкова Н. Б. разработала концепцию и дизайн исследования, проводила тестирования, выполнила анализ и интерпретацию данных, подготовила статью к печати; Карганов М. Ю. внёс существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, интерпретацию данных, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Панкова Наталия Борисовна — ORCID 0000-0002-3582-817X; SPIN 8069-0818

Карганов Михаил Юрьевич — ORCID 0000-0002-5862-8090; SPIN 9149-6257

## Список литературы / References

1. Байгузжин П. А., Шибкова Д. З., Айзман Р. И. Факторы, влияющие на психофизиологические процессы восприятия информации в условиях информатизации образовательной среды // *Science for Education Today*. 2019. № 5. С. 58–70. DOI: 10.15293/2658-6762.1905.04
- Baiguzhin P. A., Shibkova D. Z., Aizman R. I. Factors affecting the psychophysiological processes of perception of information in the conditions of informatization of the educational environment. *Science for Education Today*. 2019, 5, pp. 58-70. DOI: 10.15293/2658-6762.1905.04 [In Russian]
2. Бутко М. А. К проблеме дефицита двигательной активности детей младшего школьного возраста // *Культура физическая и здоровье*. 2015. № 2 (53). С. 60–62.
- Butko M. A. To the problem of deficiency of motor activity of primary school children. *Kul'tura fizicheskaya i zdorov'ye* [Physical Culture and Health]. 2015, 2 (53), pp. 60-62. [In Russian]
3. Кайсина И. Г., Сизова Е. Н., Циркин В. И., Трухина С. И. Зависимость вариабельности сердечного ритма от сезона года у 11–13-летних девочек // *Физиология человека*. 2005. Т. 31, № 4. С. 43–49.
- Kaysina I. G., Sizova E. N., Tsirkin V. I., Trukhina S. I. The dependence of heart rate variability on the season of the year in 11-13-year-old girls. *Fiziologiya cheloveka*. 2005, 31 (4), pp. 43-49. [In Russian]
4. Криволапчук И. А., Чернова М. Б., Савушкина Е. В. Особенности психофизиологической реактивности детей 5–6 и 6–8 лет при умственной, сенсомоторной и физической нагрузках // *Science for Education Today*. 2020. № 3. С. 179–195. DOI: 10.15293/2658-6762.2003.10
- Krivolapchuck I. A., Chernova M. B., Savushkina E. V. Characteristics of psychophysiological reactivity of children aged 5-6 and 6-8 years during intellectual, sensomotor and physical challenges. *Science for Education Today*. 2020, 10 (3), pp. 179-195. DOI: 10.15293/2658-6762.2003.10 [In Russian]
5. Литвин Ф. Б., Брук Т. М., Терехов П. А., Быкова И. В. Динамика вариабельности сердечного ритма в течение учебного года у мальчиков 8–9-летнего возраста из разных радиоэкологических мест проживания // *Культура физическая и здоровье*. 2019. Т. 72, № 4. С. 152–154.
- Litvin F. B., Brook T. M., Terekhov P. A., Bykova I. V. Dynamics of heart rate variability during the school year in boys of 8-9 years of age from different radioecological places of residence. *Kul'tura fizicheskaya i zdorov'ye* [Physical Culture and Health]. 2019, 72 (4), pp. 152-154. [In Russian]
6. Оттер М. Я., Шоттер А. В. Сезонные изменения сердечно-сосудистых показателей и содержания моноаминов в мозге кроликов // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 1991. Т. 111, № 5. С. 540–542.
- Otter M. Ya., Shotter A. V. Seasonal changes in cardiovascular parameters and the content of monoamines in the brain of rabbits. *Vyulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny* [Bulletin of Experimental Biology and Medicine]. 1991, 111 (5), pp. 540-542. [In Russian]
7. Панкова Н. Б., Карганов М. Ю. Обратимые изменения в сердечно-сосудистой системе организма учащихся, индуцируемые образовательной средой // *Валеология*. 2009. № 2. С. 54–59.
- Pankova N. B., Karganov M. Yu. Reversible changes in the cardiovascular system of the body of students, induced by the educational environment. *Valeologiya* [Valeology]. 2009, 2, pp. 54-59. [In Russian]
8. Панкова Н. Б., Карганов М. Ю. Сравнительный анализ показателей функционального состояния современных московских первоклассников и их сверстников в 2002–2003 годах // *Вестник Новосибирского государственного педагогического университета*. 2017. № 1 (35). С. 173–190. DOI: 10.15293/2226-3365.1701.12
- Pankova N. B., Karganov M. Yu. Comparative Analysis of Indicators of the Functional State in Contemporary Moscow First-graders and Their Peers in 2002-2003. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin]. 2017, 1 (35), pp. 173-190. DOI: 10.15293/2226-3365.1701.12 [In Russian]
9. Панкова Н. Б., Карганов М. Ю. Сезонная вариабельность возрастания антропометрических показателей у младших школьников московского региона // *Science for Education Today*. 2019. Т. 9, № 5. С. 143–162. DOI: 10.15293/2658-6762.1905.09
- Pankova N. B., Karganov M. Yu. Seasonal variability of anthropometric indices increase among younger schoolchildren in the Moscow region. *Science for Education Today*. 2019, 9 (5), pp. 143-162. DOI: 10.15293/2658-6762.1905.09 [In Russian]
10. Панкова Н. Б., Романов С. В., Карганов М. Ю. Ретроспективный анализ динамики показателей физического развития учащихся начальной школы // *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2019. № 4. С. 22–23.
- Pankova N. B., Romanov S. V., Karganov M. Yu. Retrospective analysis of the dynamics of indicators of physical development of students of the primary school. *Voprosy shkol'noy i universitetskoy meditsiny i zdorov'ya* [Problems of school and university medicine and health]. 2019, 4, pp. 22-23. [In Russian]
11. Хильдебрандт Г., Мозер М., Леховер М. Хронобиология и хрономедицина / пер. с нем. М.: Арнебия, 2006. 144 с.
- Hildebrandt G., Moser M., Lehover M. *Chronobiology and chronomedicine*. Moscow, Arnebia Publ., 2006. 144 p. [In Russian]
12. Четверик О. Н., Тарасова О. Л., Казин Э. М. Особенности психофизиологической адаптации пятиклассников к различным режимам учебного процесса // *Психология. Психофизиология*. 2019. Т. 12, № 2. С. 89–97. DOI: 10.14529/jpps190208
- Chetverik O. N., Tarasova O. L., Kazin E. M. Features of the psychophysiological adaptation of fifth graders to various modes of the educational process. *Psikhologiya. Psikhofiziologiya* [Psychology. Psychophysiology]. 2019, 12 (2), pp. 89-97. DOI: 10.14529/jpps190208 [In Russian]
13. Atkin A. J., Sharp S. J., Harrison F., Brage S., Van Sluijs E. M. F. Seasonal Variation in Children's Physical Activity and Sedentary Time. *Med Sci Sports Exerc*. 2016, 48 (3), pp. 449-456. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000786
14. Braaksma P., Stuive I., Garst R. M. E., Wesselink C. F., van der Sluis C. K., Dekker R., Schoemaker M. M. Characteristics of Physical Activity Interventions and Effects on Cardiorespiratory Fitness in Children Aged 6-12 years-A Systematic Review. *J Sci Med Sport*. 2018, 21 (3), pp. 296-306. DOI: 10.1016/j.jsams.2017.07.015
15. Fontaine G., Cossette S., Maheu-Cadotte M.-A., Mailhot T., Deschênes M.-F., Mathieu-Dupuis G., Côté J., Gagnon M.-P., Dubé V. Efficacy of adaptive e-learning for health professionals and students: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2019, 9, p. e025252. DOI: 10.1136/bmjopen-2018-025252

16. Gunnar M., Quevedo K. The neurobiology of stress and development. *Annu Rev Psychol.* 2007, 58, pp. 145-173. DOI: 10.1146/annurev.psych.58.110405.085605
17. Hoffman E. A., Clark D. B., Orendain N., Hudziak J., Squeglia L. M., Dowling G. J. Stress exposures, neurodevelopment and health measures in the ABCD study. *Neurobiol Stress.* 2019, 10, p. 100157. DOI: 10.1016/j.ynstr.2019.100157. eCollection.
18. Kim K.-I., Nikzad N., Quer G., Wineinger N. E., Vegreville M., Normand A., Schmidt N., Topol E. J., Steinhubl S. Real World Home Blood Pressure Variability in Over 56,000 Individuals with Nearly 17 Million Measurements. *Am J Hypertens.* 2018, 31 (5), pp. 566-573. DOI: 10.1093/ajh/hpx221
19. Lin P.-C., Kuo S.-Y., Lee P.-H., Sheen T.-C., Chen S.-R. Effects of Internet Addiction on Heart Rate Variability in School-Aged Children. *J Cardiovasc Nurs.* 2014, 29 (6), pp. 493-498. DOI: 10.1097/JCN.0b013e3182a477d5
20. Markov A., Solonin I., Bojko E. Heart Rate Variability in Workers of Various Professions in Contrasting Seasons of the Year. *Int J Occup Med Environ Health.* 2016, 29 (5), pp. 793-800. DOI: 10.13075/ijomh.1896.00276
21. Miyagi R., Sasawaki Y., Shiotani H. The Influence of Short-Term Sedentary Behavior on Circadian Rhythm of Heart Rate and Heart Rate Variability. *Chronobiol Int.* 2019, 36 (3), pp. 374-380. DOI: 10.1080/07420528.2018.1550422
22. Modesti P. A., Rapi S., Rogolino A., Tosi B., Galanti G. Seasonal Blood Pressure Variation: Implications for Cardiovascular Risk Stratification. *Hypertens Res.* 2018, 41 (7), pp. 475-482. DOI: 10.1038/s41440-018-0048-y
23. Oliveira R. S., Barker A. R., Wilkinson K. M., Abbott R. A., Williams C. A. Is Cardiac Autonomic Function Associated With Cardiorespiratory Fitness and Physical Activity in Children and Adolescents? A Systematic Review of Cross-Sectional Studies. *Int J Cardiol.* 2017, 236, pp. 113-122. DOI: 10.1016/j.ijcard.2017.02.022
24. Pozuelo-Carrascosa D. P., García-Hermoso A., Álvarez-Bueno C., Sánchez-López M., Martínez-Vizcaino V. Effectiveness of School-Based Physical Activity Programmes on Cardiorespiratory Fitness in Children: A Meta-Analysis of Randomised Controlled Trials. *Br J Sports Med.* 2018, 52 (19), pp. 1234-1240. DOI: 10.1136/bjsports-2017-097600
25. Veijalainen A., Haapala E. A., Väistö J., Leppänen M. H., Lintu N., Tompuri T., Seppälä S., Ekelund U., Tarvainen M. P., Westgate K., Brage S., Lakka T. A. Associations of Physical Activity, Sedentary Time, and Cardiorespiratory Fitness with Heart Rate Variability in 6- to 9-year-old Children: The PANIC Study. *Eur J Appl Physiol.* 2019, 119 (11-12), pp. 2487-2498. DOI: 10.1007/s00421-019-04231-5

**Контактная информация:**

Панкова Наталья Борисовна — доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории физико-химической и экологической патофизиологии ФГБНУ «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии»

Адрес: 125315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 8  
E-mail: nbpankova@gmail.com

## ПСИХОСЕМАНТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ СТУДЕНТОВ О ДИСТАНЦИОННОМ ОБРАЗОВАНИИ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ COVID-19

© 2020 г. <sup>1,2</sup>И. В. Васильева, <sup>3</sup>Л. Е. Дерягина, <sup>3</sup>Ю. В. Чуманов

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень; <sup>2</sup>ФГКОУ ДПО «Тюменский институт повышения квалификации сотрудников Министерства внутренних дел Российской Федерации», г. Тюмень;

<sup>3</sup>ФГКОУ ВО «Московский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации имени В. Я. Кикотя», г. Москва

В связи с угрозой распространения коронавирусной инфекции SARS-COV-2, вызвавшей пандемию COVID-19, в Российской Федерации были предприняты меры повышенной готовности, ограничивающие передвижение и использующие в образовательных организациях исключительно дистанционные образовательные технологии. *Цель* исследования – оценка представлений студентов психолого-педагогических направлений о дистанционном образовании в период пандемии COVID-19. *Методы*. В исследовании принимали участие студенты психолого-педагогических направлений Тюменского государственного университета (n = 353) и Курганского государственного университета (n = 53). Методом свободных ассоциаций на стимул «дистантный формат обучения в условиях карантина» было получено семантическое поле из 3 654 слов (иногда словосочетаний). *Результаты*. Семантическое поле самооощения студентов в условиях дистантного обучения из-за карантина по COVID-19 в целом характеризуется стабильным, позитивным фоном. Ассоциативный ряд сконцентрирован на нахождении в домашней обстановке (соблюдение предписанного режима самоизоляции) в комфортных условиях, выполнении заданий (чтении, письме), находясь за компьютером, и стремлении успеть выполнить задания до обозначенного преподавателем срока. Из наиболее часто используемых ассоциаций условно негативной коннотации можно выделить только указания на сложность и длительность. Сложность связана с необходимостью осваивать академическую информацию без непосредственного контакта с преподавателями (до выхода вузов с «технических каникул» по COVID-19 использование сервисов ZOOM и MicrosoftTeams не было распространено среди преподавателей). *Выводы*. Базовые потребности студентов по большей части не являются фрустрированными, соматические и психологические симптомы стресса – значимыми. Потребности в общении и саморазвитии не являются напряженными. Студенты вовлечены в учебный процесс, но испытывают когнитивные трудности с усвоением материала в онлайн-формате. Основной фокус внимания смещен на учебный процесс, на удовлетворение потребности в познании, выполнение требований образовательного процесса, что позволяет говорить о сфокусированности представлений студентов-психологов на вовлеченность в учебный процесс в период пандемии COVID-19.

**Ключевые слова:** дистанционные образовательные технологии, студенты, представления, пандемия, COVID-19, самоизоляция

## PSYCHOSEMANTIC RESEARCH OF STUDENTS' REPRESENTATIONS ABOUT DISTANCE EDUCATION DURING COVID-19

<sup>1,2</sup>I. V. Vasileva, <sup>3</sup>L. E. Deryagina, <sup>3</sup>Yu. V. Chumanov

<sup>1</sup>University of Tyumen, Tyumen; <sup>2</sup>Tyumen Law Institute of the Russian Interior Ministry, Tyumen; <sup>3</sup>Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation named after V. Ya. Kikotya, Moscow, Russia

Due to the widespread danger of coronavirus infection SARS-COV-2, which caused the COVID-19 pandemic, advanced readiness measures were taken in the Russian Federation, restricting movement and using exclusively distance educational technologies in educational organizations. *The aim* of the study is to assess the perceptions of students of psychological and pedagogical departments about distance education during the COVID-19 pandemic. *Methods*. The study involved students of psychological and pedagogical departments of Tyumen State University (n = 353) and Kurgan State University (n = 53). A semantic field of 3,654 words (sometimes phrases) was obtained by the method of free associations to the stimulus "distant learning format under quarantine conditions". *Results*. The semantic field of self-awareness of students in conditions of distance learning due to COVID-19 quarantine is generally characterized by a stable, positive background. The associative array is focused on being at home (observing the prescribed self-isolation regime) in comfortable conditions, completing assignments (reading, writing) while at the computer, and striving to complete tasks before the deadline indicated by the teacher. Of the most frequently used associations of conventionally negative connotations, only indications of complexity and duration can be distinguished. The difficulty is associated with the need to master academic information without direct contact with teachers (before the universities left the "technical vacation" on COVID-19, the use of ZOOM and MicrosoftTeams services was not common among teachers). *Conclusions*. The basic needs of students for the most part are not frustrated, somatic and psychological stress symptoms are significant. The needs for communication and self-development are not stressful. Students are involved in the educational process, but have cognitive difficulties in material digestion online. The main focus of attention is shifted to the educational process, meeting a needs for knowledge, meeting the requirements of the educational process, which suggests the focus of students' (psychologists) ideas on involvement in the educational process during the COVID-19 pandemic.

**Key words:** distance learning technologies, students, presentations, pandemic, COVID-19, self-isolation

### Библиографическая ссылка:

Васильева И. В., Дерягина Л. Е., Чуманов Ю. В. Психосемантическое исследование представлений студентов о дистанционном образовании в период пандемии COVID-19 // Экология человека. 2020. № 12. С. 45–51.

### For citing:

Vasileva I. V., Deryagina L. E., Chumanov Yu. V. Psychosemantic Research of Students' Representations about Distance Education During Covid-19. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 12, pp. 45-51.

Основные исследования по изучению поведения и особенностей психического реагирования человека в экстремальных условиях реализованы на материале боевых действий, террористических актов, техногенных и природных катастроф. В конце 2019 – начале 2020 года мир столкнулся с экстремальной ситуацией другого характера – пандемией COVID-19, и одновременно наблюдаются признаки инфодемии. Источник заражения для непосредственного наблюдения недоступен, профилактические меры не гарантируют обеспечения защиты, специфическая вакцина к настоящему моменту не разработана, протокол медикаментозной терапии также в стадии разработки. Карантин как ситуация самоизоляции является кризисной для населения, поскольку: ограничена возможность получения разнообразных стимулов из внешней среды; ограничена возможность перемещения; ограничена возможность непосредственного взаимодействия со значимыми людьми; увеличен поток тревожащей информации из СМИ. Все эти факторы вызывают психогенные реакции населения, находящегося в зоне потенциального поражения COVID-19. Можно также полагать, что пандемия является ситуацией социального стресса [1], поскольку она разрушила привычную жизнь людей. Социальный стресс, связанный с пандемией, проявляется в ситуациях измененного социального взаимодействия, наблюдается и ожидается индивидуальная и групповая неуспешность в самых разных сферах, чему способствуют сообщения в средствах массовой информации. Е. В. Федосеев [7] рассматривает пандемию COVID-19 как коллективное горе, дестабилизирующее все социальные системы государства и людей, зависящих от успешного функционирования этих систем. Экстремальная ситуация с пандемией COVID-19 коренным образом отличается от экстремальных ситуаций, связанных с боевыми действиями, техногенными катастрофами и стихийными бедствиями по тому основанию, что отсутствует легко фиксируемый психикой фактор угрозы (нет взрывов, выстрелов, разрушений), не наблюдается гибель людей непосредственно на глазах у других [7]. Для психологической практики нашей страны, по некоторым своим характеристикам, психогенное воздействие пандемии COVID-19 схоже с радиационной угрозой аварии на Чернобыльской АЭС: действие травмирующего фактора не фиксируется сознанием, наступление поражающих последствий неконтролируемо. Мировой опыт показывает, что во время эпидемий SARS (ТОРС), MERS (Ближневосточный респираторный синдром), H1N1 (свиной грипп) необходимо психосоциальное сопровождение для снижения негативных последствий [13]. S. K. W. Cheng et al. [9] описывают наличие симптоматики дистресса у выживших после эпидемии SARS еще в течение месяца после выздоровления. L. Duan, G. Zhu [10] описывают трудности, с которыми столкнулась система здравоохранения Китая для оказания не только медицинской, но и психологической помощи пациентам с COVID-19 и остальному

населению, испытывающему стрессовые реакции: несмотря на наличие практических рекомендаций по психологическому сопровождению людей в такой ситуации, внедрение в реальную практику происходит с трудом; не существует централизованного управления по развертыванию психологического сопровождения населения; недостаток квалифицированных специалистов (психологов, психиатров) по работе с людьми в экстремальных ситуациях; развитие госпитального синдрома у пациентов инфекционных отделений. Одна из основных рекомендаций китайских исследователей – необходимость подготовки большего числа специалистов, способных оказывать психологическую помощь в экстремальных ситуациях, поскольку это способствует снижению негативных эффектов эпидемии в целом. С. Wang et al. [14] исследуют психогенные реакции населения во время эпидемии по аналогии с симптоматикой посттравматического стрессового расстройства. В 53% случаев респонденты сообщают об умеренном или тяжелом психологическом влиянии пандемии. Специфическими факторами, чаще ассоциированными с выраженными симптомами стресса выступали женский пол, студенческий статус, плохая самооценка здоровья, неврологические симптомы. Исследователи полагают, что эти результаты помогут с более точной адресацией психологической помощи и профилактики во время пандемии. А. Main et al. [12] исследовали трудности психологической адаптации китайских студентов во время эпидемии SARS в Пекине в 2003 году. Показано, что активное преодоление как совладающее поведение снижает негативную психологическую симптоматику. Таким образом, игнорирование вопросов психологического благополучия населения во время пандемии, а именно отсутствие системы подготовки специалистов психосоциальной поддержки, способно усугубить бедность, увеличить случаи нарушения карантина, криминального поведения. Исследования ученых тех стран, которые раньше столкнулись с пандемией COVID-19, демонстрируют, что студенчество является уязвимой частью населения перед лицом не только биологических, но и психологических угроз, связанных с пандемией [11, 15]. Для повышения безопасности с 16 марта 2020 года высшие учебные заведения Российской Федерации перешли на дистантный формат образования. Цель настоящей работы – оценка представлений студентов психолого-педагогических направлений о дистантном образовании в период пандемии COVID-19.

### Методы

*Характеристика участников исследования.* Опрошено 406 студентов психолого-педагогических направлений Тюменского государственного университета ( $n = 353$ ) и Курганского государственного университета ( $n = 53$ ). В исследовании участвовали 383 студентки и 23 студента.

*Процедура формирования выборки.* Участвовали студенты, обучающиеся по направлениям «Психология» и «Педагогика». Участие испытуемых в исследовании

довании было добровольным и не финансировалось. Сбор данных реализован посредством заполнения google-формы. Процедура формирования выборки состояла в привлечении как можно большего количества участников через рассылку на корпоративную почту студентов письма с приглашением к исследованию. Запрос на участие в исследовании был направлен 1 936 студентам. Исследование проходило в анонимном формате. Сбор данных проводился с 01 по 07 апреля 2020 года — период так называемых «технических каникул», нерабочий период по пандемии COVID-19, использовавшийся для настраивания технологических процессов организации дистанционного обучения и работы.

*Схема проведения исследования.* Исследование реализовано как качественное с использованием психосемантической методологии [2]. Психосемантический подход позволяет получить от испытуемого информацию, менее контролируемую со стороны установки на социальную желательность, нежели прямой вопрос о самочувствии. Исследовательский вопрос [6] формулировался следующим образом: предложите ассоциации на выражение «дистантный формат обучения в условиях карантина». На данный стимул нужно было дать девять ассоциаций в формате: три существительных, три прилагательных и три глагола.

Форма дизайна исследования реализована в виде опроса:

1. Заполнение анкеты со скрининговыми данными (пол, возраст, аффилированность к тому или иному вузу и направлению обучения).

2. Сбор данных методом свободных ассоциаций на стимул «дистантный формат обучения в условиях карантина».

В целях валидации данных в соответствии с требованиями к проведению качественных исследований [4] использовался тип триангуляции «аудит исследования». Аудит исследования состоял в том, что все процессы сбора данных были автоматизированы, а соответственно не зависели от субъективности исследователей. Исследовательский вопрос сформулирован достаточно обще, во избежание влияния эффекта социальной желательности. Размещение полученных данных в google-формах позволяет независимым исследователям (при получении ссылки), проверять полученные авторами результаты. Этические стандарты соблюдались посредством организации анонимного подхода к сбору данных.

### Результаты

Методом свободных ассоциаций на стимул «дистантный формат обучения в условиях карантина» было получено семантическое поле из 3 654 слов (иногда словосочетаний). Эти ассоциации были классифицированы по укрупненным семантическим группам 3 046 слов, остальные 608 слов оказались вне категорий или нерелевантные поставленной задаче. К нерелевантным ответам были отнесены те, которые не соответствовали инструкции (например,

испытуемый написал: три глагола, три прилагательных, три существительных), инвективная лексика, целые фразы. Весь массив полученных данных был обработан с помощью покатегориального частотного анализа, была использована экспертная оценка для распределения единиц анализа по категориям. Частотный анализ основан на учете частоты употребления тех или иных семантических единиц. З. З. Вахитова, Е. Л. Доценко отмечают: «... Если некие семантические единицы (слова) выражаются чаще других, следовательно, они важнее других и ... извлекаются из более мощной категории сознания, и что в иерархии категорий некоторые из них являются более мощными» [2, с. 71]. Выделение семантических категорий в представлениях людей относительно дистантного формата обучения в условиях карантина позволяет описать содержание обыденного сознания и зафиксировать представления, являющиеся маркерами удовлетворенности и/или фрустрированности потребностей. В исследовании реализован эксплораторный подход к анализу данных. Семантические категории выделялись постфактум, это обеспечивает возможность получения безустановочных данных о состоянии участников в интересующий исследователей период.

Полученные ассоциации распределялись по укрупненным смысловым категориям, связанным с удовлетворенностью потребностей (по классификации А. Маслоу [3]) и доминирующим видом деятельности. Внутри укрупненных смысловых категорий оказалось возможным выделить семантические маркеры дефицита и удовлетворенности потребности. Семантическое поле самоощущения студентов психологического и педагогического направлений в условиях дистантного обучения из-за карантина по COVID-19 в целом характеризуется стабильным, позитивным фоном (табл. 1). Ассоциативный ряд сконцентрирован на нахождении в домашней обстановке (соблюдение предписанного режима самоизоляции) в комфортных условиях, выполнении заданий (чтении, письме), находясь за компьютером, и стремлении успеть выполнить задания до обозначенного преподавателем срока. Из наиболее часто используемых ассоциаций условно негативной коннотации можно выделить только указания на сложность и длительность. Полагаем, что сложность связана с необходимостью осваивать академическую информацию без непосредственного контакта с преподавателями (до выхода вузов с «технических каникул» по COVID-19 использование сервисов ZOOM и MicrosoftTeams не было распространено среди преподавателей). Длительность указывает на затруднения в работе интернет-связи, студенты почувствовали разницу в скорости соединения, загрузки, отправки корреспонденции, звонков, участия в видеочатах в сравнении с привычным для них способом. Было выделено 16 кластеров смысловых категорий (см. табл. 1). Более детальный анализ семантического поля позволяет увидеть, что ассоциации могут быть классифицированы в соответствии с иерархической структурой потребностей А. Маслоу, также значимая

Таблица 1

**Сводная таблица оценок по смысловым кластерам**

Кластер смысловых категорий	Подкатегория семантического анализа/количество семантических единиц	Суммарное количество семантических единиц в кластере
Удовлетворенность потребности в питании		19
Удовлетворенность потребности во сне	Дефицит сна/41	50
	Удовлетворенность количеством сна/9	
Удовлетворенность потребности в отдыхе	Удовлетворенность потребности в отдыхе/44	95
	Фрустрация потребности в отдыхе/51	
Удовлетворенность потребности в здоровье	Удовлетворенность состоянием здоровья/7	18
	Фрустрация состояния соматического благополучия/11	
Удовлетворенность потребности в физической безопасности	Удовлетворенность безопасностью/147	190
	Фрустрация потребности в безопасности/43	
Симптомы стресса	Пассивная стресс-реакция/88	160
	Активная стресс-реакция/72	
Удовлетворенность потребности в общении	Удовлетворенность потребности в общении/25	68
	Фрустрация потребности в общении/43	
Удовлетворенность потребности в познании (интерес как индикатор)	Наличие интереса/35	136
	Отсутствие интереса/101	
Удовлетворенность потребности в саморазвитии	Удовлетворенность потребности в развитии/80	81
	Фрустрация потребности в развитии/1	
Условия учебного процесса	Доступность/32	203
	Загруженность/57	
	Удаленность/45	
Условия жизнедеятельности	Новизна/69	270
	Дом/105	
	Круглосуточность/102	
	Сидячий образ жизни/46	
Включенность в учебный процесс	Необходимость/12	1001
	Индивидуальность/5	
	Домашние задания/114	
	Учебные действия/565	
	Представленность учебных действий в репрезентативных системах: Писать/81	
	Слушать/15	
	Смотреть/24	
	Читать/47	
Результативность обучения/24		
Средства организации обучения и особенности их функционирования	Временные условия обучения/131	238

Продолжение таблицы 1

Кластер смысловых категорий	Подкатегория семантического анализа/количество семантических единиц	Суммарное количество семантических единиц в кластере
Нарушения в процессе организации дистантного обучения		99
Трудности студента в режиме дистантного обучения	Когнитивные трудности обучения/264	292
	Функциональные трудности обучения/28	
Волевые качества личности как ресурсы по совладанию с трудной ситуацией		126
Все категории (3654 – все полученные ассоциации, 608 ассоциаций – вне категорий)		3046

Таблица 2

**Сводная таблица оценок по укрупненным смысловым кластерам**

Укрупненный кластер смысловых категорий	Суммарное количество семантических единиц в кластере	Ранговое место кластера в семантическом поле выборки
Физиологические потребности (сон, питание, отдых)	164 (+72/–55)	7
Физическая безопасность и здоровье, симптомы стресса	368 (+154/–214)	3
Потребность в общении	68 (+25/–43)	11
Потребность в познании	136 (+35/–101)	8
Потребность в саморазвитии	81 (+80/–1)	10
Включенность в учебный процесс	1001	1
Трудности студента и нарушения в процессе организации дистантного обучения	386	2
Условия жизнедеятельности	270	4
Средства организации обучения и особенности их функционирования	238	5
Условия учебного процесса	203	6
Волевые качества личности как ресурсы по совладанию с трудной ситуацией	126	9

*Примечание.* (+N/–N) – количество семантических единиц с положительной и отрицательной коннотацией

часть ассоциаций связана с особенностями реализации процесса и содержания обучения в дистантном формате. И в дальнейшем анализе эти категории были объединены в укрупненные смысловые группы по уровням пирамиды потребностей А. Маслоу (табл. 2).

### Обсуждение результатов

Такие группы, как удовлетворенность потребности в питании, сне, отдыхе, относятся к группе физиологических потребностей. Полностью удовлетворенной является только потребность в питании, семантическое поле этого кластера ассоциаций имеет исключительно положительные коннотации. Удовлетворенность потребности во сне уже имеет

различия, больше ассоциаций, указывающих на то, что сон нарушен и часть студентов не высыпается. Возможно, это связано с тем, что режим дня сбит и вследствие этого некоторые студенты испытывают сонливость. Однако говорить о том, что это общая тенденция, нельзя, поскольку доля фрустрированных мала. Это не указывает на фрустрацию потребности в отдыхе, поскольку семантическое поле этой группы ассоциаций распределено относительно равномерно между маркерами фрустрированности и удовлетворенности. В целом физиологические потребности студентов следует считать удовлетворенными и малозначимыми в актуальной жизненной ситуации, поскольку занимают всего лишь 7-е ранговое место по частоте встречаемости ассоциаций, семантически связанных с темой сна, питания и отдыха. Если следовать логике иерархической структуры потребностей А. Маслоу, то следующей необходимо рассмотреть группу ассоциаций, связанных со здоровьем и безопасностью. Они были выделены по отдельности, вследствие специфичности ситуации карантина, а после — объединены в укрупненную смысловую категорию. Судя по тому, что студенты дали крайне мало ассоциаций, тематически связанных с категорией здоровье, можно говорить о том, что эта потребность не является актуальной. Потребность в безопасности более выражена, причем респонденты демонстрируют преимущественно удовлетворенность этой потребности. Группа ассоциаций, связанных с симптоматикой стресса, делится семантически на маркеры активной и пассивной стресс-реакции, они представлены относительно равномерно. В целом можно говорить о том, что нет указаний на перевес негативных семантических маркеров, в отличие от позитивных. То есть потребность в безопасности в целом как физического состояния, так и психологического — удовлетворена. Но необходимо обратить внимание, что эта семантическая группа находится на 3-м ранговом месте, то есть значимо представлена в семантическом поле респондентов и актуальное равновесие может быть легко изменено в худшую сторону.

Следующая группа ассоциаций связана с удовлетворением потребности в общении. Несмотря на ситуацию социального дистанцирования, потребность в общении не является значимой для студентов психолого-педагогических направлений, поскольку занимает самый последний (11-й) ранг среди всех представленных. Содержательно наблюдается перевес фрустрированности потребности над ее удовлетворенностью. Полагаем, что такое положение объясняется привычностью молодого поколения к электронным средствам коммуникации, снимающим значимую фрустрацию от отсутствия реального взаимодействия с представителями референтной группы. Следующая группа ассоциаций связана с потребностью в познании. Эта потребность нашла отражение в двух семантических группах: познание как интерес (эмоциональный компонент) и познание как включенность в учебный процесс. Эмоциональный

компонент познания — интерес не является значимой потребностью, занимает 8-й ранг по выборке в целом. При этом наблюдается перевес негативной коннотации: студенты чаще сообщают о скуке, чем об эмоциональной вовлеченности. Мы полагаем также, что большая часть потребности в познании удовлетворяется в учебной деятельности, которая в данном семантическом пространстве занимает первый ранг. Группа ассоциаций, связанных с потребностью в саморазвитии, мало значима, занимает 10-й ранг, но при этом представлена исключительно ассоциациями с позитивной коннотацией. Эти ассоциации указывают на то, что часть студентов намерена использовать условия карантина с целью развития саморазвития и самосовершенствования. Можно заключить, что среди групп потребностей наиболее выраженной в период карантина является потребность в безопасности.

Следующие укрупненные семантические группы связаны с учебной деятельностью студентов. Наиболее представлен кластер ассоциаций, указывающий на то, что в период дистантного обучения студенты активно включены в учебный процесс (1-й ранг). Эта включенность отражена в сосредоточенности на выполнении учебных действий (думать, работать, изучать и т. д.), выполнении домашнего задания, репрезентативных системах, задействованных в ходе обучения, результативности обучения и необходимости соблюдать сроки выполнения заданий. Основные способы переработки учебной информации для студентов связаны с чтением и подготовкой записей. Это говорит о том, что в период до выхода с «технических каникул» преподаватели вузов мало использовали интерактивные компоненты обучения, предпочитая адресовать студентов к изучению литературы. Следующая укрупненная семантическая группа связана с трудностями студента и нарушениями в процессе организации дистантного обучения (2-й ранг). Среди трудностей студента выделяются когнитивные и функциональные. Когнитивные преимущественно связаны со сложностями в понимании материала, а функциональные — с перегрузкой заданиями. Наиболее значимо представлены когнитивные трудности. Организационные проблемы дистантного обучения в виде необходимости адаптироваться к новым техническим решениям, перегрузки каналов связи [8] осложняют жизнь всем участникам процесса, но в сравнении с когнитивными трудностями выглядят незначимыми. Следующая укрупненная семантическая группа (4-й ранг) связана с условиями жизнедеятельности в целом в условиях карантина. Семантическое поле сообщает о том, что студенты склонны соблюдать режим самоизоляции, находиться дома, осознают это как временную необходимость, ведут преимущественно сидячий образ жизни. Несмотря на несомненную полезность режима самоизоляции в условиях пандемии, снижение физической активности может негативно сказаться и на когнитивной успешности студентов. Гиподинамия — один из неочевидных рисков режима самоизоляции для студентов. Традиционно гиподинамия как угроза

здоровью рассматривается для пожилых людей, однако это является неспецифической угрозой [5]. Пятое ранговое место занимает группа ассоциаций, связанная со средствами, обеспечивающими учебный процесс. До окончания «технических каникул» эти средства преимущественно связываются с компьютерной техникой и доступом в сеть интернет, и, в частности, в электронную почту. Шестое ранговое место занимает группа ассоциаций, связанная с условиями учебного процесса. Основные смысловые блоки связаны с доступностью, загруженностью, дистанцированностью и новизной условий деятельности. В целом интерпретировать условия обучения можно так: необычно и много, но реально выполнить. Такая оценка в целом имеет положительную коннотацию и указывает на «рабочий» настрой студентов в преодолении трудностей карантина. Отдельно выделяется кластер — индикаторов волевых ресурсов (9 ранг), которые студенты, считают возможным и необходимым задействовать для переживания и преодоления карантина. Это качества, связанные с умением планировать, организовывать и контролировать себя. Таким образом, полученные результаты позволяют говорить о сфокусированности представлений студентов-психологов на вовлеченности в учебный процесс в период пандемии COVID-19. Результаты настоящего исследования могут быть оперативно использованы университетскими средствами массовой информации, службой тьюторов, профессорско-преподавательским составом для выстраивания психологически безопасной онлайн-коммуникации и снятия потенциальных психологических рисков от пребывания студентов в карантине.

### Выводы

1. Базовые потребности студентов психолого-педагогических направлений по большей части не являются фрустрированными. Студенты чувствуют себя в безопасности, не испытывают сложностей с питанием и сном. Соматические и психологические симптомы стресса, испытываемые студентами, не являются значимыми.

2. Потребности в общении и саморазвитии не являются напряженными. Основной фокус внимания смещен на учебный процесс, на удовлетворение потребности в познании, выполнение требований образовательного процесса.

3. Вовлеченность в учебный процесс является наиболее выраженной семантической областью, а основной зоной напряжения выступают трудности в организации дистантного обучения. Вовлеченность поддерживает темы, связанные с условиями обучения, которые позволяют говорить о том, что студенты ответственно соблюдают режим самоизоляции, находятся дома, активно вовлечены в учебный процесс посредством дистантного формата обучения. Наиболее выраженными трудностями являются когнитивные — проблемы с пониманием материала, осваиваемого в онлайн-формате.

### Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-013-00423.

Авторский коллектив благодарит за помощь в сборе данных студентов Тюменского государственного университета и Курганского государственного университета, которые в непростое время пандемии COVID-19 откликнулись на просьбу об участии в исследовании.

### Авторство

Васильева И. В. осуществила сбор и анализ данных, подготовила первый вариант статьи; Дерягина Л. Е. контролировала выполнение статистического анализа, внесла существенный вклад в интерпретацию данных, осуществляла правки текста; Чуманов Ю. В. провел подготовку протокола исследования, внес существенный вклад в интерпретацию данных, осуществлял правки текста.

Васильева Ирина Витальевна — ORCID 0000-0003-0740-7260; SPIN 8706-1517

Дерягина Лариса Евгеньевна — ORCID 0000-0001-5522-5950; SPIN 6606-6628

Чуманов Юрий Викторович — ORCID 0000-0003-4705-4463; SPIN 9627-0474

### Список литературы

1. *Василенко Е. А.* Проблема сущности и функций социального стресса в психологии // Вестник Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета. 2019. № 3. С. 299–319. URL: <https://doi.org/10.25588/CSPU.2019.27.22.020>.
2. *Вахитова З. З., Доценко Е. Л.* Психосемантика. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2014. 292 с.
3. *Маслоу А. Х.* Мотивация и личность. СПб.: Питер, 2019. 400 с.
4. *Мельникова О. Т., Хорошилов Д. А.* Стратегии валидизации качественных исследований в психологии // Психологические исследования. 2015. Т. 8, № 44. С. 3. URL: <http://psystudy.ru/index.php/num/2015v8n44/1207-melnikova44.html> (дата обращения: 17.06.2020).
5. *Пустовалова Л. И., Дюдюн Т. Ю., Буданова Е. И.* Характеристика качества жизни студентов высших образовательных учреждений // Вестник Московского финансово-юридического университета. 2016. № 1. С. 275–283.
6. *Улановский А. М.* Качественные исследования: подходы, стратегии, методы // Психологический журнал. 2009. Т. 30, № 2. С. 18–28.
7. *Федосеев Е. В.* Жизнь после карантина: психология смыслов и коронавирус COVID-19 // Психологические проблемы смысла жизни и акме. 2020. № 25. С. 34–47. URL: <https://doi.org/10.24411/9999-042A-2020-00040>.
8. *Яковлев А.* На Урале из-за всеобщей самоизоляции в разы упала скорость интернета URL: <https://ura.news/news/1052425281> (дата обращения: 17.05.2020).
9. *Cheng S. K. W. et al.* Psychological distress and negative appraisals in survivors of severe acute respiratory syndrome (SARS) // *Psychological Medicine*. 2004. Vol. 34, N 7. P. 1187–1195.
10. *Duan L., Zhu G.* Psychological interventions for people affected by the COVID-19 epidemic // *The Lancet Psychiatry*. 2020. Vol. 7, N 4. P. 300–302.
11. *Liu X., Liu J., Zhong, X.* Psychological State of College Students During COVID-19 Epidemic // 10 March 2020, Available at: <https://ssrn.com/abstract=3552814> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3552814>.

12. Main A., Zhou Q., Ma Y., Luecken L.J., Liu X. Relations of SARS-related stressors and coping to Chinese college students' psychological adjustment during the 2003 Beijing SARS epidemic // *Journal of Counseling Psychology*. Jul 2011. Vol. 58 (3). P. 410–423. URL: <https://doi.org/10.1037/a0023632>.

13. Maunder R. et al. The immediate psychological and occupational impact of the 2003 SARS outbreak in a teaching hospital // *Cmaj*. 2003. Vol. 168, N 10. P. 1245–1251.

14. Wang C., Pan R., Wan X., Tan Y., Xu L., Ho C. S., Ho R. C. Immediate psychological responses and associated factors during the initial stage of the 2019 coronavirus disease (COVID-19) epidemic among the general population in china // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. Vol. 17, N 5. P. 1729. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph17051729>

15. Yang H., Bin P., He A. J. Opinions from the epicenter: an online survey of university students in Wuhan amidst the COVID-19 outbreak // *Journal of Chinese Governance*. 2020. N 5 (2). P. 234–248. URL: <https://doi.org/10.1080/23812346.2020.1745411>.

### References

1. Vasilenko E. A. The problem of the essence and functions of social stress in psychology. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo gumanitarno-pedagogicheskogo universiteta* [Bulletin of the South Ural State Humanitarian and Pedagogical University]. 2019, 3, pp. 299-319. DOI: 10.25588/CSPU.2019.27.22.020 [In Russian]

2. Vakhitova Z. Z., Dotsenko E. L. *Psikhoosemantika* [Psychosemantics]. Tyumen, Publishing House of the Tyumen State University. 2014, 292 p.

3. Maslou A. Kh. *Motivatsiya i lichnost'* [Motivation and personality]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2019, 400 p.

4. Mel'nikova O. T., Khoroshilov D. A. *Strategies for validating qualitative research in psychology. Psikhologicheskie issledovaniya* [Psychological research]. 2015, 8 (44), p. 3. Available at: <http://psystudy.ru/index.php/num/2015v8n44/1207-mel'nikova44.html> (accessed: 17.06.2020). [In Russian]

5. Pustovalova L. I., Dyudyun T. Yu., Budanova E. I. Characterization of the quality of life of students of higher educational institutions. *Vestnik Moskovskogo finansovo-yuridicheskogo universiteta* [Bulletin of the Moscow Finance and Law University]. 2016, 1, pp. 275-283. [In Russian]

6. Ulanovsky A. M. Qualitative researchers: approaches, strategies, methods. *Psikhologicheskii Zhurnal* [Journal of Psychology]. 2009, 30 (12), pp. 18-28. [In Russian]

7. Fedoseenko E. V. Life after quarantine: the psychology of meanings and the coronavirus COVID-19. *Psikhologicheskie*

*problemy smysla zhizni i acme* [Psychological problems of the meaning of life and acme]. 2020, 25, pp. 34-47. doi: 10.24411/9999-042A-2020-00040.

8. Yakovlev A. *Na Urale iz-za vseobshchei samoizolyatsii v razy upala skorost' internet* [In the Urals, due to universal self-isolation, the speed of the Internet has dropped several times]. Available at: <https://ura.news/news/1052425281> (accessed: 17.05.2020)

9. Cheng S. K. W. et al. Psychological distress and negative appraisals in survivors of severe acute respiratory syndrome (SARS). *Psychological Medicine*. 2004, 34 (7), pp. 1187-1195.

10. Duan L., Zhu G. Psychological interventions for people affected by the COVID-19 epidemic. *The Lancet Psychiatry*. 2020, 7 (4), pp. 300-302.

11. Liu X., Liu J., Zhong X. *Psychological State of College Students During COVID-19 Epidemic*. 10 March 2020. Available at: <https://ssrn.com/abstract=3552814> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3552814>.

12. Main A., Zhou Q., Ma Y., Luecken L. J., & Liu X. Relations of SARS-related stressors and coping to Chinese college students' psychological adjustment during the 2003 Beijing SARS epidemic. *Journal of Counseling Psychology*. Jul 2011, 58 (3), pp. 410-423. <https://doi.org/10.1037/a0023632>.

13. Maunder R. et al. The immediate psychological and occupational impact of the 2003 SARS outbreak in a teaching hospital. *Cmaj*. 2003, 168 (10), pp. 1245-1251.

14. Wang C. et al. Immediate psychological responses and associated factors during the initial stage of the 2019 coronavirus disease (COVID-19) epidemic among the general population in china. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020, 17 (5), p. 1729.

15. Yang H., Bin P., He A. J. Opinions from the epicenter: an online survey of university students in Wuhan amidst the COVID-19 outbreak. *Journal of Chinese Governance*. 2020, 5 (2), pp. 234-248. URL: <https://doi.org/10.1080/23812346.2020.1745411>

### Контактная информация:

Васильева Инна Витальевна — доктор психологических наук, доцент, зав. кафедрой общей и социальной психологии ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»; профессор кафедры философии, иностранных языков, гуманитарной подготовки сотрудников ОВД ФГКОУ ВО «Тюменский институт повышения квалификации сотрудников МВД России», г. Тюмень,

Адрес: 625007, г. Тюмень, проезд 9 Мая, д. 5

E-mail: [i.v.vasileva@utmn.ru](mailto:i.v.vasileva@utmn.ru)

УДК 614.2(1-22)

DOI: 10.33396/1728-0869-2020-12-52-58

## ОТНОШЕНИЕ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ К СВОЕМУ ЗДОРОВЬЮ И ДОСТУПНОСТИ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

© 2020 г. Т. В. Блинова, А. А. Вяльшина, \*В. А. Русановский

ФГБУН «Институт аграрных проблем Российской академии наук», г. Саратов;

\*ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.» г. Саратов

Проблемы, связанные с укреплением здоровья, сокращением смертности и ростом продолжительности жизни населения, являются важным направлением фундаментальных и прикладных исследований экологии человека. Цель работы – анализ отношения сельского населения к своему здоровью, качеству и доступности медицинских услуг, выступающих факторами снижения смертности. Методы. Исследование основано на данных Выборочного наблюдения качества и доступности услуг в сферах образования, здравоохранения и социального обслуживания, содействия занятости населения, проведенного Росстатом в 2017 г. Выборка репрезентативная, опрошено 115 155 человек. Для целей исследования сформирована подвыборка из 65 046 человек, в том числе 11 063 жителей сельской местности. Многомерные распределения рассчитывались с помощью пакета прикладных программ SPSS 17.0. Результаты. Исследования показали, что в сельской местности меньшая доля респондентов оценивает состояние своего здоровья как хорошее (40,3 %) и очень хорошее (3,3 %), чем в городской (47,7 и 3,7 %). Однако за медицинской помощью сельчане обращаются реже, чем горожане, что в значительной степени объясняется низкой доступностью медицинских услуг для сельского населения. Жители сельских поселений получают не только бесплатное, но и платное медицинское обслуживание. Основными причинами являются отсутствие специалистов (оборудования) в местной поликлинике (35,4 %), большие очереди (28,3 %) или отдаленность организаций, где медицинское обслуживание осуществляется бесплатно (5,1 %). Наибольшее недовольство сельского и городского населения вызывают рост цен на необходимые лекарства и увеличение объемов платной медицинской помощи. В то же время удовлетворенность сельских жителей работой медицинских учреждений выше, чем горожан. Выводы. Сохраняются различия и неравенство в доступности медицинской помощи для сельского и городского населения. Результаты проведенного исследования свидетельствуют, что жители городов предъявляют более высокие требования к качеству и условиям предоставления необходимых медицинских услуг, в то время как сельчане в большей степени обеспокоены низкой доступностью медицинской помощи.

**Ключевые слова:** медицинская помощь, здоровье, сельское население, доступность, Россия

## SELF-PERCEIVED HEALTH, AVAILABILITY OF MEDICAL CARE AND HEALTH ATTITUDES AMONG RURAL POPULATION IN RUSSIA

T. V. Blinova, A. A. Vyalshina, \*V. A. Rusanovskiy

Institute of Agrarian Problems of the Russian Academy of Sciences, Saratov;

\*Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

Health promotion, reduction of mortality and increase in life expectancy are among the national priorities in the Russian Federation. The aim of the study was to assess self-perceived health, availability of healthcare services and attitudes towards health among rural residents of Russia. Methods: This descriptive study is a part of the nationally representative population survey conducted by Rosstat in 2017 (n = 115 155). For the purpose of this study, a subsample of 65 046 individuals was taken with 11 063 of them being residents of rural areas. Results: A smaller proportion of rural respondents perceived their health as good (40.3 %) and very good (3.3 %) compared to their urban counterparts (47.7 % and 3.7 % respectively). Rural residents reported seeking medical care less often than urban residents, which is largely due to the low availability of medical services for the rural population. Residents of rural areas both free and fee-based medical care. The main reasons for using private clinics include lack of specialists or equipment at the rural polyclinics (35.4 %), long queues (28.3 %) and the remoteness of free medical care organizations (5.1 %). Rural residents were mostly dissatisfied with rising prices for medicines and the increased number of paid medical services. At the same time, rural residents were more satisfied with medical institutions than their urban counterparts. Conclusions: We observed substantial urban-rural variations in the availability of health care services. Urban residents have greater demands on the quality and conditions for the provision of medical services, while rural residents are more concerned with the availability of medical care.

**Key words:** medical care, health, rural population, accessibility, Russia

### Библиографическая ссылка:

Блинова Т. В., Вяльшина А. А., Русановский В. А. Отношение сельского населения к своему здоровью и доступности медицинской помощи // Экология человека. 2020. № 12. С. 52–58.

### For citing:

Blinova T. V., Vyalshina A. A., Rusanovskiy V. A. Self-Perceived Health, Availability of Medical Care and Health Attitudes among Rural Population in Russia. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 12, pp. 52-58.

Проблемы, связанные с укреплением здоровья, сокращением смертности и ростом продолжительности жизни населения, являются важным направлением фундаментальных и прикладных исследований экологии человека. В российской и зарубежной литературе опубликовано немало работ, посвященных факторам

здоровья и снижения смертности населения, эффективности функционирования системы здравоохранения [7, 16–18]. Авторами предложены методики определения классов причин, в наибольшей степени сдерживающих рост продолжительности жизни, что позволяет разрабатывать целевые региональные про-

граммы [10], выполнена интегральная оценка влияния социально-экономических и экологических факторов на сокращение уровня смертности [12]. Наряду с рассмотрением медицинских аспектов поддержания здоровья исследователи изучают особенности само-сохранительного поведения различных социально-демографических групп, отношение населения к собственному здоровью, определяют степень доступности медицинской помощи [7, 8]. Гораздо меньше работ, посвященных здоровью сельского населения, которое испытывает трудности с получением не только высокотехнологичных медицинских услуг, но и первичной медико-санитарной помощи [3, 5, 15].

Сельское население составляет 37,3 млн человек, или 25,4 % населения страны, число сельских поселений превышает 17 тыс. [11]. Продолжительность жизни сельского населения ниже, а смертность выше, чем городского, особенно острой проблемой является сверхсмертность мужчин трудоспособного возраста. Сокращение численности сельского населения трудоспособного возраста, временно приостановленное в результате проведения пенсионной реформы, продолжится в среднесрочной перспективе, что повышает не только социальную, но и экономическую значимость сохранения здоровья и сокращения смертности лиц трудоспособного возраста [2]. Важными условиями сохранения и укрепления здоровья сельского населения выступают меры, направленные на формирование приверженности здоровому образу жизни, развитие социальной инфраструктуры села, обеспечение транспортной и экономической доступности качественной медицинской помощи, в том числе высокотехнологичной. Однако удаленность многих поселений от центра обслуживания, дисперсионный характер расселения, слабое развитие дорожно-транспортной инфраструктуры являются барьерами, препятствующими повышению доступности медицинской помощи [1]. Сельские жители обращаются за медицинской помощью на 25,0 % реже, чем городские, что, как правило, обусловлено удаленностью сельских поселений от медицинских учреждений [6]. Доступность и качество медицинских услуг, которые всегда выступали приоритетами современного здравоохранения, особенно актуальны в период пандемии коронавируса COVID-19, когда возрастают риски заболеваемости и смертности населения.

Целью исследования является анализ отношения сельского населения к своему здоровью, качеству и доступности медицинских услуг, выступающих факторами снижения смертности. Главные задачи исследования:

- оценить отношение сельского населения к своему здоровью, определить уровень обращаемости за медицинской помощью;
- сопоставить субъективные оценки состояния здоровья сельского и городского населения;
- оценить сельско-городские различия в степени удовлетворенности населения медицинской помощью.

## Методы

Исследование основано на данных Выборочного наблюдения качества и доступности услуг в сферах образования, здравоохранения и социального обслуживания, содействия занятости населения, проведенного Росстатом на территории Российской Федерации в 2017 г. [4]. При формировании выборочной совокупности «использована модель многофазной выборки с реализацией на последней фазе двухступенчатого отбора», при этом в качестве единиц наблюдения выступили частные домохозяйства и члены домохозяйств (Приказ Федеральной службы государственной статистики от 2 февраля 2017 г., № 66. URL: [https://rosstat.gov.ru/free\\_doc/new\\_site/quality17/index.html](https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/quality17/index.html)). Выборка репрезентативная, опрошено 48 тыс. домохозяйств, включающих 115 155 человек, связанных или нет отношениями родства [4]. Для решения поставленных исследовательских задач и оценки сельско-городских различий нами сформирована целевая подвыборка, включающая 65 046 человек, в том числе 11 063 жителей сельской местности с численностью поселений до 1 000 человек (17,0 %) и 53 983 жителей городов с численностью населения 50 000 и более (83,0 %). В составе респондентов, проживающих в городе, 22 750 мужчин (42,1 %) и 31 233 женщин (57,9 %). В сельской местности проживают 44,6 % мужчин (4 932) и 55,4 % женщин (6 131). Субъективная оценка качества и доступности услуг здравоохранения определялась через анализ степени удовлетворенности работой медицинских учреждений, выявление проблем и трудностей при обращении за отдельными видами медицинской помощи (первичная доврачебная помощь, обращение к врачу-специалисту, обращение за медицинскими исследованиями, вызов срочной медицинской помощи, получение стационарной помощи). Многомерные распределения отношения сельского населения к своему здоровью, качеству и доступности медицинских услуг в зависимости от пола, возраста, субъективной оценки состояния здоровья рассчитывались с помощью пакета прикладных программ SPSS 17.0 (IBM SPSS Statistics. URL: <https://www.ibm.com/ru-ru/products/spss-statistics>). Данная работа представляет собой дескриптивное исследование с использованием результатов выборочного наблюдения Росстата, проведенного во всех регионах России.

## Результаты

Инструментарий опроса позволяет получить обобщенные и детализированные по возрасту, полу и другим социально-демографическим признакам субъективные оценки состояния здоровья и степени удовлетворенности услугами здравоохранения сельского и городского населения. Результаты исследования показывают, что в сельской местности позитивно оценивают состояние своего здоровья (хорошее и очень хорошее) меньшая часть респондентов (40,3 и 3,3 % соответственно), чем в городской (47,7 и 3,7 %) (табл. 1).

Таблица 1  
Субъективная оценка состояния здоровья  
сельского и городского населения, %

Состояние здоровья	Сельское население (поселения до 1 000 жителей)	Городское население (50 000 и более жителей)
Очень хорошее	3.3	3.7
Хорошее	40.3	47.7
Удовлетворительное	50.9	42.5
Плохое	5.1	5.6
Очень плохое	0.4	0.5

Примечание для табл. 1–4. Рассчитано авторами по данным Выборочного наблюдения [4].

Если учитывать гендерные различия, то следует отметить, что женщины, как городские так и сельские, менее позитивно оценивают состояние своего здоровья, чем мужчины. Как хорошее и очень хорошее оценивают свое здоровье 39,2 % сельских женщин и 49,1 % сельских мужчин, в городе так же оценили свое здоровье 46,4 % женщин и 58,4 % мужчин. Однако наиболее значительные различия в самооценках здоровья связаны с возрастом (табл. 2). Удельный вес сельских жителей, оценивающих свое здоровье как плохое и очень плохое, колеблется от 1,2 % (16–30 лет) до 36,2 % (старше 80 лет). Позитивно оценивают свое здоровье (хорошее и очень хорошее) 71,9 % 16–30-летних сельчан, 27 % в возрасте 46–60 лет и 2,8 % тех, кто старше 80 лет. Считают свое здоровье удовлетворительным от 27,0 % сельчан в возрасте 16–30 лет до 74,6 % в возрасте 61–80 лет.

Таблица 2  
Субъективная оценка состояния здоровья  
сельского населения в зависимости от возраста, %

Состояние здоровья	16–30 лет	31–45 лет	46–60 лет	61–80 лет	Старше 80 лет
Очень хорошее	7.8	2.7	0.9	0.0	0.0
Хорошее	64.1	48.3	26.1	9.5	2.8
Удовлетворительное	27.0	46.8	68.4	74.6	61.0
Плохое	1.1	2.1	4.3	15.1	31.2
Очень плохое	0.1	0.1	0.2	0.9	5.0

Субъективная оценка здоровья горожан с возрастом также изменяется в сторону понижения, если 79,1 % 16–30-летних оценивают свое здоровье как хорошее и очень хорошее, то в возрастной группе 61–80 лет таких 9,5 %. Однако во всех возрастных группах городского населения 16–60 лет, включенных в выборку, по сравнению с сельским выше доля тех, кто позитивно оценивает свое здоровье (хорошее и очень хорошее). Возрастные показатели субъективного здоровья городского населения, рассчитанные как разница положительных и отрицательных оценок, выше, чем сельского, и колеблются от 77,8 в группе 16–30 лет, 62,9 у лиц 31–45 лет и 28,3 у

46–60-летних. Отрицательные оценки преобладают в возрастах 61–80 (–8,3) и старше 80 лет (–42,1). Возрастные показатели субъективного здоровья сельского населения колеблются от 70,7 (16–30 лет) до 48,8 (31–45 лет) и 22,5 (46–60 лет), достигая отрицательных значений в возрастных группах 61–80 (–6,5) и старше 80 лет (–33,4).

Несмотря на более низкие показатели субъективного здоровья, жители сельских поселений обращаются за медицинской помощью реже, чем горожане. Так, в течение 12 месяцев, предшествующих опросу, за медицинской помощью обратились 81,6 % горожан старше 80 лет, 56,5 % из тех, кому 46–60 лет и 45,7 % 16–30-летних. Из числа сельских жителей за тот же период обратились 70,2 % пенсионеров старше 80 лет, 49,7 % тех, кому 46–60 лет, и 39,0 % 16–30-летних. Опрос показал высокую зависимость субъективной оценки здоровья и обращаемости за медицинским обслуживанием от возраста как в сельской, так и городской местности. Старшие возрастные группы населения обращаются за медицинскими услугами чаще, чем молодежь. Вместе с тем нельзя не заметить, что сельское население каждой из возрастных групп гораздо реже, чем городское, обращается за медицинскими услугами. Причиной выступает низкая доступность медицинской помощи для сельского населения, обеспечение которой является одним из статистически значимых факторов сохранения здоровья и увеличения продолжительности жизни населения [7, 12].

При опросе большинство респондентов сказали, что получают медицинскую помощь бесплатно, имея полис обязательного медицинского страхования (ОМС), однако некоторые из них по разным причинам оплачивают медицинские услуги из собственных средств. Как свидетельствуют результаты исследований, чаще оплачиваются консультации врачей-специалистов (28,6 % горожан и 16,7 % сельчан) и диагностические обследования (22,6 и 13,9 % соответственно). Обращение сельчан за платными медицинскими услугами является вынужденным и объясняется отсутствием специалистов или оборудования в своей поликлинике (35,4 %), наличием очередей (28,3 %), а также отдаленностью медицинских организаций, в которых необходимые услуги предоставляются бесплатно (5,1 %). Городские жители причинами обращения в коммерческие медицинские центры называют низкое качество медицинских услуг, предоставляемых бесплатно (39,6 %), очереди (27,2 %) и отсутствие специалистов (19,3 %). Если обращение сельских жителей за платными медицинскими услугами, как правило, означает выполнение рекомендаций лечащего врача (платная услуга была предложена врачом), а также отсутствие необходимого оборудования или специалистов в учреждении сельской медицины, то главными причинами получения услуг частной медицины горожанами является уверенность в том, что коммерческие услуги более надежные, качественные и предоставляются с использованием современных

технологий. Кроме того, для населения, проживающего в городах, выше не только транспортная, но и экономическая доступность медицинских услуг, предоставляемых на платной основе.

Результаты опроса показали, что более высокая доля городского населения, чем сельского, имеет финансовую возможность оплачивать медицинские услуги. Среди горожан 16,8 % опрошенных могут позволить себе оплату медицинских услуг без ограничений текущих расходов и еще 63,5 % – при некоторых ограничениях. Необходимо отметить, что экономическая доступность медицинской помощи для сельских жителей, как и удельный вес платежеспособных пациентов, значительно ниже. Каждому третьему сельчанину (32,1 %) платные медицинские услуги вообще недоступны, только 13,6 % могут позволить себе оплатить их без дополнительных ограничений, а 54,0 % – со значительными трудностями. Экономическая и территориальная доступность предоставляемой медицинской помощи, а также ее качество во много определяют степень удовлетворенности населения работой учреждений системы здравоохранения.

Удовлетворенность населения оказанием медицинских услуг наряду с другими показателями отражает эффективность функционирования системы здравоохранения. При низкой экономической и транспортной доступности медицинских услуг и множестве проблем сельского здравоохранения результаты опроса показывают, что удовлетворенность сельских жителей работой медицинских учреждений в целом выше, чем горожан.

Данные табл. 3 свидетельствуют, что доминируют положительные и средние оценки оказания амбулаторной помощи, а также проведения диагностических исследований. Работой поликлиник (амбулаторий) удовлетворены полностью 42,7 % сельчан и еще 47,6 % довольны, но не в полной мере. Среди городских жителей меньше довольных в полной мере (38,2 %) и выше доля тех, кто совершенно не удовлетворен работой поликлиники (13,3 %), по сравнению с 9,7 % сельского населения. Деятельностью диагностических служб в полной мере довольны сельские (47,9 %) и городские (51,5 %) жители, не в полной мере удовлетворены 41,3 % сельчан и 37,7 % горожан. Сохраняются гендерные различия в степени удовлетворенности работой медицинских учреждений. Проведенный анализ показал, что женщины чаще мужчин обращались в поликлиники (амбулатории) как в городе, так и на селе. Среди них выше удельный вес недовольных работой поликлиник, причем в городе больше, чем на селе (13,6 % по сравнению с 10,3). Сельские мужчины в большей степени, чем городские, полностью удовлетворены работой поликлиник (44,1 и 41,9 % соответственно). За услугами диагностических служб в сельской местности чаще обращались мужчины, при этом выяснилось, что около 12,5 % из них остались совершенно недовольными.

Таблица 3

Удовлетворенность сельского и городского населения работой медицинских учреждений, % обратившихся

Степень удовлетворенности	Работой поликлиники		Вызовом скорой помощи		Работой диагностических служб	
	Село	Город	Село	Город	Село	Город
Удовлетворен в полной мере	42.7	38.2	24.1	18.0	47.9	51.5
Удовлетворен, но не в полной мере	47.7	48.5	43.5	42.2	41.3	37.7
Совсем не удовлетворен	9.6	13.3	32.4	39.3	10.8	10.8

Удельный вес положительных оценок в значительной степени зависит от возраста респондентов. В сельской местности вместе с возрастом жителей увеличивается доля удовлетворенных работой поликлиник (амбулаторий), достигая 52,4 % в группе лиц старше 80 лет (табл. 4). При сравнении положительных и отрицательных оценок обнаруживается, что для этой же возрастной группы сельского населения характерна и наиболее высокая доля недовольных работой поликлиники (11,9 %). Это означает наличие двух разных «сегментов» пожилых пациентов, резко различающихся степенью удовлетворенности работой поликлиник. В старших возрастных группах сельского населения, включенного в выборку, высока удовлетворенность работой диагностических служб (67,6 % по сравнению с 44,9 % тех, кому 46–60 лет). В молодежных когортах недовольство работой диагностических служб выше в сравнении с пожилыми. Совсем не удовлетворены 12,1 % лиц 16–30 лет и 5,7 % тех, кто старше 80 лет.

Таблица 4

Удовлетворенность сельского населения работой медицинских учреждений в зависимости от возраста, % обратившихся

Степень удовлетворенности	16–30 лет	31–45 лет	46–60 лет	61–80 лет	Старше 80 лет
Удовлетворенность работой поликлиник (амбулаторий)					
Удовлетворены в полной мере	40.8	40.2	40.7	46.3	52.4
Удовлетворены, но не в полной мере	50.8	48.4	50.2	45.1	35.7
Не удовлетворены совсем	8.4	11.4	9.1	8.5	11.9
Удовлетворенность работой диагностических служб					
Удовлетворены в полной мере	49.1	45.8	44.9	52.7	67.6
Удовлетворены, но не в полной мере	38.6	43.1	43.0	39.0	26.7
Не удовлетворены совсем	12.1	11.1	11.9	8.2	5.7
Удовлетворенность вызовом скорой помощи					
Удовлетворены в полной мере	22.7	16.7	26.7	37.5	16.7
Удовлетворены, но не в полной мере	40.9	41.7	50.0	31.3	50.0
Не удовлетворены совсем	36.4	41.6	23.3	31.2	33.3

Наибольшую неудовлетворенность вызывают бригады скорой помощи, на что указали 39,3 % горожан и 32,4 % сельчан. Основными причинами недовольства большая часть респондентов называют длительное ожидание приезда, отсутствие свободной бригады, невозможность связаться с диспетчером, рекомендации по телефону вместо оформления вызова. В полной мере довольны услугами скорой помощи лишь 24,1 % сельчан и 18,0 % горожан. При этом больше остальных довольны услугами скорой помощи пожилые сельчане в возрасте 61–80 лет (37,5 %). Наиболее низкая удовлетворенность отличает молодежь и людей среднего возраста. Так, около 36,4 % молодежи в возрасте 16–30 лет и 41,6 % 31–45 летних совершенно не довольны вызовом скорой помощи.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют, что жители городов предъявляют более высокие требования к качеству и условиям предоставления необходимых медицинских услуг, чем сельчане. Сельчане в большей мере обеспокоены нехваткой хорошо оснащенных больниц и поликлиник в сельской местности (57,0 %), около 39,8 % указали на отсутствие специалистов нужного профиля в медицинских учреждениях, к которым они прикреплены. Жители городов чаще, чем жители сельских поселений, указывают на недостаточно высокий уровень квалификации медицинских работников, в то время как сельчан больше беспокоит невнимательность персонала. Жители городов обеспокоены отсутствием правовой защиты пациентов (53,2 %), считают, что врачи не предоставляют им информации о побочных эффектах назначенных лекарств и диагностических (лечебных) процедур (41,7 %), недовольны тем, что врачи не дают им профилактических рекомендаций по укреплению здоровья (25,4 %). Однако жители как городов, так и сельской местности единодушны в негативной оценке непомерно высоких цен на необходимые лекарства (96,0 %), а также ежегодного увеличения объемов платной медицинской помощи (83,0–85,0 %).

За услугами стационарной медицинской помощи в последние 12 месяцев чаще обращались сельские жители, чем городские (15,1 и 11,6 % соответственно). Три четверти горожан указали на отсутствие трудностей при госпитализации, тогда как у 21,2 % сельчан возникли незначительные проблемы. Около 16,0 % респондентов вне зависимости от места проживания столкнулись с требованием оплаты медицинской помощи в стационаре, а 18,0 % вынуждены были оплачивать услуги неофициально. Госпитализированные сельчане чаще указывали на частичную оплату лекарств и перевязочных материалов, (37,3 %), около 8,0 % сказали, что полностью оплачивали приобретение лекарств, необходимых для лечения. Сельчане, имеющие неоднократный опыт обращения за медицинской помощью, с сожалением вспоминают такие факты, как повторная госпитализация по поводу того же заболевания (5,6 %), расхождение при установлении диагноза разными

врачами (3,0 %), внутрибольничное инфицирование и осложнения (2,7 %), что свидетельствует о недостаточно высоком качестве оказания медицинских услуг сельскому населению. В то же время анализ средних оценок удовлетворенности условиями госпитализации показывает, что сельские жители в большей степени удовлетворены профессионализмом врачей, а также комфортностью условий пребывания по сравнению с горожанами. Жители городов довольны наличием современного оборудования и лекарств, которыми не всегда может похвастаться сельская медицина.

### Обсуждение результатов

В статье выполнен анализ отношения сельского населения к своему здоровью, качеству и доступности медицинских услуг в зависимости от места проживания, выявлены сельско-городские различия. Отмечено, что обеспечение доступности медицинской помощи выступает фактором не только снижения уровня смертности сельского населения, но и сокращения неравенства в отношении здоровья граждан, проживающих в разных типах поселений.

Проведенные исследования показали, что сохраняются различия и неравенство в доступности медицинской помощи для сельского и городского населения. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что городские жители демонстрируют более высокие запросы, во-первых, к качеству оказания медицинской помощи и усилению ее профилактической направленности, во-вторых, профессиональной компетенции медицинских работников, в-третьих, условиям ее оказания (удобное время, комфортные условия). Жители сельской местности отличаются более скромными требованиями к качеству, но в большей степени акцентируют внимание на низкой доступности медицинской помощи, отсутствии необходимого оборудования и лекарств. Парадоксы сельской жизни состоят в том, что, с одной стороны, меньшая часть сельчан оценивает свое здоровье как хорошее, но за медицинской помощью они обращаются реже, чем горожане. С другой стороны, сельчане, в особенности жители отдаленных поселений, получают меньшие объемы медицинской помощи, но проявляют большую терпимость к недостаткам в организации медицинских услуг. Сельское население обеспокоено низкой доступностью как высокотехнологичной, так и первичной медико-санитарной помощи, в то время как горожане предъявляют более высокие требования к качеству оказываемых услуг. Схожие выводы получены и другими исследователями, которые подчеркивают, что для жителей городов именно качество медицинской помощи важнее, чем ее доступность, вместе с уменьшением размера населенного пункта предпочтения меняются в сторону доступности. Так, удельный вес респондентов, выбирающих доступность, достигает в сельской местности 45,0 % по сравнению с 26,0 % в столице [9, с. 46].

Следует отметить, что перечень причин неудовлетворенности работой поликлиник (амбулаторий)

в городских и сельских поселениях почти одинаков, однако среди горожан значительно выше удельный вес недовольных предоставлением почти всех видов медицинских услуг. Так, около 76,4 % горожан не удовлетворены наличием больших очередей в государственных поликлиниках и длительным ожиданием приема врача, в то время как в сельской местности таковых 67,7 %. В городе около 57,5 % недовольны качеством работы врачей-специалистов (среди сельских жителей таких 53,4 %). Условиями ожидания приема врача недовольны 32,6 % горожан и 23,2 % сельчан. К работе участкового врача предъявляют претензии около 31,4 % городских и 24,7 % сельских жителей. Сельские жители чаще городских не удовлетворены отсутствием оборудования и лекарств в поликлинике или амбулатории (60,9 %), неудобством времени работы специалистов (29,5 %), а также работой среднего медицинского персонала (16,3 %). Иными словами, недовольство жителей сельской местности объясняется в основном низкой доступностью медицинской помощи, в то время как жителей городов — неудобством условий и качеством оказания медицинских услуг.

Проблема обеспечения доступности медицинской помощи для всех слоев общества и социально-демографических групп населения имеет высокую актуальность и социальную значимость в условиях пандемии коронавируса COVID-19. Обеспечение доступности медицинской помощи является одним из факторов сокращения смертности сельского населения и повышения продолжительности жизни. Полученные результаты подтверждаются данными ранее проведенных исследований, согласно которым низкая экономическая и территориальная доступность медицинских услуг выступают факторами, ограничивающими рост продолжительности жизни сельского населения [13].

Полученные результаты свидетельствуют, что сельское население, несмотря на более низкую самооценку своего здоровья, реже обращается за медицинской помощью, чем городское. Горожане в большей степени заботятся о своем здоровье, доступность медицинской помощи и лекарственная обеспеченность населения, проживающего в городе, выше, чем в сельской местности. Жители городов гораздо чаще, чем жители сельских поселений, обращаются за платными медицинскими услугами, будучи уверенными в более высоком их качестве. Они также ценят лучшие условия коммерческих медицинских центров и удобный график работы врачей. Сельские жители оплачивают медицинские услуги, как правило, только по назначению врача, в ситуации крайней необходимости или из-за отсутствия нужных специалистов (оборудования) в близлежащей поликлинике. Парадокс состоит в том, что, несмотря на худшие условия, жители сельской местности в большей степени удовлетворены работой поликлиник и диагностических служб (довольны в полной и не в полной мере) по сравнению с горожанами. Это согласуется с выводами других авторов, которые подчеркивают,

что факторы, связанные с более высоким уровнем удовлетворенности, включают не только молодой возраст и высокий экономический статус, но и место жительства в сельской местности [14].

Понимание отношения разных групп населения, проживающих в городской и сельской местности, к своему здоровью, качеству и доступности медицинской помощи позволит сконцентрировать ресурсы государства на наиболее значимых направлениях улучшения социальной среды и условий жизнедеятельности граждан. Совершенствование механизмов и инструментов управления системой сельского здравоохранения на основе оценки потребностей населения повысит эффективность оказания медицинской помощи, уровень удовлетворенности пациентов, а также качество жизни сельчан.

#### Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), проект № 19-010-00229.

#### Авторство

Блинова Т. В. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, анализ и интерпретацию данных; Вяльшина А. А. внесла существенный вклад в получение, анализ и интерпретацию данных; Русановский В. А. участвовал в анализе данных, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Блинова Татьяна Викторовна — ORCID 0000-0001-6144-7314; SPIN 3290-4792

Вяльшина Анна Александровна — ORCID 0000-0001-6723-5961; SPIN 1069-0031

Русановский Виктор Александрович — ORCID 0000-0002-9785-4525; SPIN 2422-7954

#### Список литературы

1. Белова Н. И. Сельское здравоохранение: состояние, тенденции и проблемы // Социологические исследования. 2017. № 3. С. 97–105.
2. Блинова Т. В. Демографические угрозы и ограничения развития сельских территорий России // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2018. № 2. С. 14–19.
3. Богачёв А. И., Полухина М. Г., Студенникова Н. С. Обеспеченность услугами здравоохранения сельских жителей Центральной России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. Т. 12. Вып. 7. С. 166–177.
4. Выборочное наблюдение качества и доступности услуг в сферах образования, здравоохранения и социального обслуживания, содействия занятости в 2017 г. Росстат: 2017. URL: [https://rosstat.gov.ru/free\\_doc/new\\_site/quality17/index.html](https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/quality17/index.html) (дата обращения: 01.02.2020).
5. Вяльшина А. А. Влияние уровня образования на состояние здоровья сельского населения. Социальные аспекты здоровья населения. 2020. № 66 (1). С. 6. DOI: 10.21045/2071-5021-2020-66-1-6.
6. Доклад на комиссии Минздрава РФ по мониторингу достижения целевых показателей социально-экономического развития. URL: <http://www.rosminzdrav.ru/news/minzdravrossii> (дата обращения: 01.02.2020).

7. Карпикова И. С. Качество и доступность медицинских услуг: мнение населения и специалистов сферы здравоохранения // Социологические исследования. 2015. № 6. С. 53–57.

8. Кислицына О. А. Факторы, оказывающие влияние на удовлетворенность россиян системой здравоохранения. Социальные аспекты здоровья населения. 2020. № 66 (2). DOI: 10.21045/2071-50212020-66-2-8.

9. Кочкина Н. Н., Красильникова М. Д., Шишкин С. В. Доступность и качество медицинской помощи в оценках населения. Препринт WP8/2015/03. НИУ Высшая школа экономики. 2015. 56 с.

10. Миронова А. А., Наркевич А. Н., Виноградов К. А., Курбанисмаилов Р. Б., Гржибовский А. М. Методика оценки нагрузки смертности от различных причин на ожидаемую продолжительность жизни // Экология человека. 2020. № 5. С. 57–64.

11. Россия в цифрах. 2019. Крат. стат. сб./ Росстат. М., 2019.

12. Чащин В. П., Аскарков Р. А., Лакман И. А., Аскарова З. Ф. Интегральная оценка влияния социально-экономических, экологических факторов на общую смертность населения // Экология человека. 2020. № 4. С. 4–11. DOI: 10.33396/1728-0869 -2020-4-4-11.

13. Blinova T., Bylina S., Rusanovskiy V. Factors Affecting the Life Expectancy at Birth of the Rural Population in Russia // *Ponte*. 2020. N 76 (1). P. 9–18. DOI: 10.21506/j. ponte. 2020.1.2.

14. Footman K., Roberts B., Mills A., Richardson E., McKee M. Public satisfaction as a measure of health system performance: A study of nine countries in the former Soviet Union // *Health Policy*. 2013. N 112 (1). P. 62–69.

15. Lahooti H., Rod K. and Kangarlu A. Healthcare Delivery to the rural area in Iran // *American Journal of Biomedical Sciences & Research*. 2019. N 3 (5). P. 426–430. DOI: 10.34297/AJBSR.2019. 03.000709.

16. Tashobya C. K., da Silveira V. C., Ssengooba F. et al. Health systems performance assessment in low-income countries: learning from international experiences // *Globalization and Health*. 2014. N 10 (5). DOI: 10.1186/1744-8603-10-5.

17. Wang L., Wang Z., Ma Q. et al. The development and reform of public health in China from 1949 to 2019 // *Global Health*. 2019. N 15 (45). DOI: 10.1186/s12992-019-0486-6.

18. Zhai S., Wang P., Wang A. et al. A study on satisfaction with publicly financed health services in China // *Global Health*. 2017. N 13 (67). DOI: 10.1186/s12992-017-0292-y.

## References

1. Belova N. I. Healthcare in Rural Areas: Condition, Tendencies and Challenges. *Sotsiologicheskiye issledovaniya* [Sociological Studies]. 2017, 3, pp. 97-105. [In Russian]

2. Blinova T. V. Demographic threats and limitations of the development of rural territories in Russia. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo sotsial'no-ehkonomicheskogo universiteta* [Vestnik of Saratov State Socio-Economic University]. 2018, 2, pp. 14-19. [In Russian]

3. Bogachev A. I., Polukhina M. G., Studennikova N. S. Provision of rural residents of Central Russia with health services. *Natsional'nyye interesy: priority i bezopasnost'* [National Interests: Priorities and Security]. 2016, 12 (7), pp. 166-177. [In Russian]

4. *The results of Selective supervision of quality and availability of services in education, health care and social service, assistance of employment of the population*. Rosstat, 2017. Available at: [https://rosstat.gov.ru/free\\_doc/new\\_site/quality17/index.html](https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/quality17/index.html) (accessed: 01.02.2020). [In Russian]

5. Vyalshina A. A. Impact of education on health status of rural population. *Social'nye aspekty zdorov'a naseleniya* [Social aspects of population health]. 2020; 66 (1), p. 6. DOI: 10.21045/2071-5021-2020 -66-1-6. [In Russian]

6. *Report on the commission of the Ministry of Health of the Russian Federation on monitoring the achievement of target indicators of socio-economic development*. Available at: <http://www.rosminzdrav.ru/news/minzdravrossii> (accessed: 01.02.2020). [In Russian]

7. Karpikova I. S. Quality and availability of medical services: population and health care experts' opinions. *Sotsiologicheskiye issledovaniya* [Sociological Studies]. 2015, 6, pp. 53-57. [In Russian]

8. Kislicyna O. A. Determinants of healthcare system satisfaction among Russians. *Social'nye aspekty zdorov'a naseleniya* [Social aspects of population health]. 2020, 66 (2). DOI: 10.21045/2071-50212020-66-2-8. [In Russian]

9. Kochkina N. N., Krasilnikova M. D., Shishkin S. V. *Dostupnost' i kachestvo meditsinskoj pomoshhi v otsenkakh naseleniya* [Accessibility and quality of medical care in population estimates]. Preprint. NRU Higher School of Economics, 2015, 56 p. [In Russian]

10. Mironova A. A., Narkevich A. N., Vinogradov K. A., Kurbanismayilov R. B., Grjibovski A. M. Estimation Method of Contribution of Cause-Specific Mortality to Life Expectancy. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 5, pp. 57-64. [In Russian]

11. *Russia in Figures. 2019. Brief statistical handbook*. Rosstat. Moscow, 2019. [In Russian]

12. Chashchin V. P., Askarov R. A., Lakman I. A., Askarova Z. F. Integral Assessment of the Effects of Socio-Economic and Ecological Factors on Mortality. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 4, pp. 4-11. DOI: 10.33396/1728-0869 -2020-4-4-11. [In Russian]

13. Blinova T., Bylina S., Rusanovskiy V. Factors Affecting the Life Expectancy at Birth of the Rural Population in Russia. *Ponte*. 2020, 76 (1), pp. 9-18. DOI: 10.21506/j. ponte. 2020.1.2.

14. Footman K., Roberts B., Mills A., Richardson E., McKee M. Public satisfaction as a measure of health system performance: A study of nine countries in the former Soviet Union. *Health Policy*. 2013, 112 (1), pp. 62-69. [In Russian]

15. Lahooti H., Rod K. and Kangarlu A. Healthcare Delivery to the rural area in Iran. *American Journal of Biomedical Sciences & Research*. 2019, 3 (5), pp. 426-430. DOI: 10.34297/AJBSR.2019. 03.000709.

16. Tashobya C. K., da Silveira V. C., Ssengooba F. et al. Health systems performance assessment in low-income countries: learning from international experiences. *Globalization and Health*. 2014, 10 (5). DOI: 10.1186/1744-8603-10-5.

17. Wang L., Wang Z., Ma Q. et al. The development and reform of public health in China from 1949 to 2019. *Global Health*. 2019, 15 (45). DOI: 10.1186/s12992-019-0486-6.

18. Zhai, S., Wang P., Wang A. et al. A study on satisfaction with publicly financed health services in China. *Global Health*. 2017, 13 (67). DOI:10.1186/s12992-017-0292-y.

## Контактная информация:

Блинова Татьяна Викторовна — доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории социального развития агропромышленного комплекса и сельских территорий ФГБУН «Институт аграрных проблем РАН»

Адрес: 410012, г. Саратов, ул. Московская, д. 94

E-mail: ruandre@mail.ru

УДК 616.89-008.441.44-057.36

DOI: 10.33396/1728-0869-2020-12-59-64

## КОМПЛЕКС МЕР МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПО ПРОФИЛАКТИКЕ СУИЦИДАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ В ОРГАНАХ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ

© 2020 г. <sup>1</sup>В. А. Сидоренко, <sup>2</sup>А. Л. Сухоруков, <sup>2</sup>Е. Г. Ичитовкина,  
<sup>3</sup>А. Г. Соловьев, <sup>2</sup>Ю. В. Богдасаров

<sup>1</sup>Департамент по материально-техническому и медицинскому обеспечению МВД России, г. Москва;

<sup>2</sup>Управление медицинского обеспечения Департамента по материально-техническому и медицинскому обеспечению МВД России, г. Москва; <sup>3</sup>Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

Повседневная служебная деятельность сотрудников органов внутренних дел (ОВД) связана с повышенными моральными нагрузками, которые неблагоприятно воздействуют на их эмоциональное состояние, снижают психологические ресурсы личности и являются причиной ухудшения их психического здоровья, в том числе с риском формирования суицидальной настроенности. На формирование суицидального поведения у сотрудников ОВД влияют социальные, служебные и личностные факторы, поэтому для повышения эффективности профилактики данных состояний в системе Министерства внутренних дел (МВД) России требуется разработка комплексных организационных мер и механизмов взаимодействия подразделений по своевременному выявлению негативных отклонений в состоянии психического здоровья сотрудников ОВД, связанных с риском возникновения суицидального поведения. *Цель исследования* – методологическое обоснование и систематизация современных направлений организации междисциплинарного взаимодействия по профилактике суицидального поведения в ОВД. *Методы.* Методической базой работы явился комплексный анализ руководящих документов МВД России последних лет по реорганизации медицинской, в частности психиатрической, и психологической помощи сотрудникам. *Результаты.* Профилактика суицидальных действий в системе МВД России представлена на двух уровнях – при осуществлении мероприятий по профессиональному психологическому отбору кандидатов на службу в ОВД и проведении ежегодных медицинских осмотров и медико-психологического сопровождения действующих сотрудников. Предложены организационно-методические меры, направленные на взаимодействие медицинской, психологической, кадровой служб и образовательных организаций системы МВД России по вопросам профилактики суицидальных действий. Разработан единый механизм системного мониторинга состояния психического здоровья сотрудников с использованием ведомственных электронно-цифровых ресурсов. *Вывод:* для повышения эффективности профилактики суицидальных действий сотрудников ОВД необходимо принятие организационно-методических мер, направленных на систематизацию междисциплинарного взаимодействия с последовательной дифференциацией функций служб и специалистов и совершенствованием нормативно-правовой и научно-методической базы для обеспечения деятельности ведомственных специалистов в области психического здоровья

**Ключевые слова:** сотрудники Министерства внутренних дел России, суицидальное поведение, профилактика

## INTERDISCIPLINARY MEASURES TO PREVENT SUICIDAL BEHAVIOR AMONG THE PERSONNEL OF THE INTERNAL AFFAIRS BODIES

<sup>1</sup>V. A. Sidorenko, <sup>2</sup>A. L. Sukhorukov, <sup>2</sup>E. G. Ichitovkina, <sup>3</sup>A. G. Soloviev, <sup>2</sup>Yu. V. Bogdasarov

<sup>1</sup>Department of logistics and medical support, Ministry of Internal Affairs of Russia, Moscow;

<sup>2</sup>Department of medical support, Department of material, technical and medical support, Ministry of Internal Affairs of Russia, Moscow; <sup>3</sup>Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

Professional activities of employees of the Internal Affairs Bodies (IAB) are associated with increased stress which affects their emotional state, reduces the psychological resources and may have serious consequences for mental health including the risk of suicide. Development of suicidal behavior in police officers is a result of a complex interaction of social, personal and occupational factors. The Ministry of Internal Affairs (MIA) of Russia prioritizes promotion of mental health and prevention of mental illnesses. Thus, it is necessary to develop complex measures for early detection of deviations in the state of mental health of IAB employees associated with the risk for suicidal behavior. *The aim* of the study is the methodological substantiation and systematization of modern trends in the organization of interdisciplinary interaction for prevention of suicidal behavior in the Internal Affairs Bodies. *Methods.* We performed a comprehensive analysis of the regulatory documentation of the Russian Ministry of Internal Affairs on the reorganization of medical, psychiatric and psychological services for the employees. *Results.* Prevention of suicidal behavior in the system of the Ministry of Internal Affairs has two levels: 1) implementation of measures for the professional psychological selection of candidates for police services. 2) annual medical examinations and psychological services for the employees. Organizational and methodological measures aimed at the interaction of medical, psychological, personnel services and educational organizations of the Russian Ministry of Internal Affairs on prevention of suicidal behavior are proposed. A unified mechanism for monitoring of the state of mental health of employees has been developed using departmental electronic digital resources. *Conclusion:* to improve the effectiveness of the measures directed at prevention of suicide among police officers, it is necessary to take organizational and methodological measures aimed at systematizing interdisciplinary interaction with a consistent differentiation of services and specialists' functions and improving the regulatory and methodological basis to ensure the activities of specialists in the field of mental health.

**Key words:** employees of the Ministry of Internal Affairs of Russia, suicidal behavior, prevention

### Библиографическая ссылка:

Сидоренко В. А., Сухоруков А. Л., Ичитовкина Е. Г., Соловьев А. Г., Богдасаров Ю. В. Комплекс мер междисциплинарного взаимодействия по профилактике суицидального поведения в органах внутренних дел // Экология человека. 2020. № 11. С. 59–64.

### For citing:

Sidorenko V. A., Sukhorukov A. L., Ichitovkina E. G., Soloviev A. G., Bogdasarov Yu. V. Interdisciplinary Measures to Prevent Suicidal Behavior among the Personnel of the Internal Affairs Bodies. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 11, pp. 59-64.

Одним из важных направлений национальной безопасности России в области сохранения и укрепления здоровья граждан является создание федеральных программ по профилактике социально значимых нарушений здоровья, в том числе психогенно обусловленных заболеваний с суицидальными намерениями, с разработкой единых междисциплинарных подходов к их психопрофилактике, раннему выявлению и проведению своевременной терапии [12]. Важным направлением политики кадрового обеспечения Министерства внутренних дел (МВД) России определена профилактика суицидальных происшествий среди действующих сотрудников органов внутренних дел (ОВД) [6]. Суициды занимают одно из ведущих мест в структуре смертности от внешних причин. Факторами риска суицидов являются как социальные проблемы, так и индивидуально-психологические особенности, оказывающие влияние на возникновение расстройств психического здоровья, в том числе депрессивные нарушения и тревожные расстройства [3, 4]. Служебная деятельность сотрудников ОВД связана с воздействием стрессовых факторов в экстремальных ситуациях, сопряженных с непосредственной угрозой жизни и здоровью, высоким психофизиологическим напряжением, что повышает риск формирования нарушений психического здоровья, в том числе с суицидальными намерениями [1].

В 2018 г. была предложена и успешно апробирована Концепция развития психиатрической службы МВД России [4]. Основные ее положения включали улучшение качества и результативности предоставления медицинских услуг в области психиатрии в медицинских организациях, подведомственных МВД России. Была детально аргументирована потребность изменений в существующем порядке оказания психиатрической помощи с образованием принципиально новой структуры ведомственной психиатрической службы. Предложенные направления реорганизации оказания психиатрической помощи были одобрены руководством Управления медицинского обеспечения департамента тыла и организационно-методической комиссией МВД России. В итоговых положениях Концепции регламентированы направления совершенствования психолого-психиатрической помощи сотрудникам ОВД в медицинских общесоматических учреждениях здравоохранения, в том числе разработка комплекса междисциплинарных организационных мер, направленных на раннее выявление факторов риска формирования суицидального поведения. Причины суицидальных попыток у сотрудников ОВД многоаспектны, что обуславливает трудности диагностики психического неблагополучия при воздействии психотравмирующих обстоятельств [5]. Это требует совершенствования организационных подходов к повышению результативности проводимых мероприятий по психопрофилактике суицидальных происшествий в системе МВД России и разработки междисциплинарных механизмов взаимодействия подразделений по минимизации возникновения неблагоприятных

психоэмоциональных состояний у личного состава, способствующих суицидальному поведению [4].

Цель исследования — методологическое обоснование и систематизация современных направлений организации междисциплинарного взаимодействия по профилактике суицидального поведения в ОВД Российской Федерации.

### Методы

Методической базой работы явился комплексный анализ руководящих документов МВД России последних лет по реорганизации медицинской, в частности, психиатрической, и психологической помощи сотрудникам и кандидатам, поступающим на службу в ОВД.

### Результаты

Профилактика суицидальных действий в системе МВД России может быть представлена на двух уровнях — при осуществлении мероприятий по проведению профессионального психологического отбора кандидатов на службу и при осуществлении ежегодных медицинских осмотров и психологических исследований действующих сотрудников.

**Профилактические мероприятия на этапах профессионального психологического отбора кандидатов на службу в ОВД.** Первичная профилактика суицидальных действий проводится при профессиональном психологическом отборе кандидатов на службу в ОВД и регулируется Постановлением Правительства Российской Федерации [7] и ведомственными нормативно-правовыми актами МВД России [8, 10, 11], в которых определены ограничения для поступления на службу лиц, имевших в личном анамнезе суицидальные действия, официально зарегистрированные психические заболевания. В то же время не учитываются донологические формы реактивных невротических состояний и аддиктивное поведение, наиболее часто приводящие к суицидальным действиям [2]. При проведении профессионального психологического отбора кандидаты на службу в ОВД имеют обратную мотивацию и скрывают наличие в анамнезе психического неблагополучия и психосоциальных проблем.

Несомненно, следует уделять повышенное внимание кандидатам на службу, имеющим признаки поведенческих аддикций, включая получившие широкое распространение в обществе в последнее время (азартные игры, экстремальные увлечения, представляющие угрозу для здоровья, немотивированные займы крупных сумм денег, в том числе в организациях микрофинансирования, нарушение сексуальной ориентации), — данные особенности поведения могут являться важным фактором совершения суицида. Эти состояния могут потребовать дополнительного обследования кандидата для выявления более глубоких расстройств психической деятельности. Необходимым является выявление среди кандидатов на службу лиц, ранее получавших терапию в связи с невротическими реакциями и реактивными пограничными психическими расстройствами (ППР). При трудоустройстве



Группы риска суицидального поведения при профессионально-психологическом отборе и медико-психологическом сопровождении личного состава МВД России

кандидат предоставляет психиатру военно-врачебной комиссии официальный документ о том, что он не наблюдался у психиатра по месту жительства. С учетом роста количества частнопрактикующих врачей психиатров, психотерапевтов и, в целом, клиник психиатрического профиля, мы не имеем достоверной информации о наличии у кандидата фактов лечения в анамнезе. Необходимо активно выявлять наличие психопатологических нарушений, для этого важно преодолеть барьер стигматизации, чтобы получить информацию непосредственно от самого кандидата.

**Профилактические мероприятия у действующих сотрудников ОВД.** Профилактика суицидов у сотрудников ОВД регламентирована Приказом МВД России [9], где регулируются вопросы преимущественно служебной и психосоциальной направленности и ответственность за чрезвычайные происшествия возложена на кадровые и воспитательные подразделения МВД России. Существуют объективные проблемы диагностики психического неблагополучия сотрудников, которые связаны в том числе с недостаточной систематизацией факторов суицидального риска в документах, регламентирующих деятельность социальных, медицинских психологов и врачей психиатрического профиля. Обращает на себя внимание и недостаточная дифференциация функций специалистов, отвечающих за обследование личного состава; требует совершенствования алгоритм внутриведомственного взаимодействия между медицинскими, кадровыми, воспитательными подразделениями МВД России и ведомственными образовательными организациями, реализующими программы дополнительного профессионального образования для специалистов в области психического здоровья, с учетом современных тенденций развития аддиктологии, психиатрии и социальной психологии.

Систематизация основных групп риска лиц в формировании суицидального поведения при проведении мероприятий по профессиональному психологическому отбору и проведению плановой ежегодной диспансеризации личного состава ОВД представлена на рисунке.

#### Обсуждение результатов

С учетом вышеизложенного повышение качества оказания профилактической антисуицидальной помощи в системе МВД России связано с выполнением всеми заинтересованными участниками междисциплинарного взаимодействия следующих последовательных согласованных действий.

*Ведомственными медицинскими организациями* — реформация службы охраны психического здоровья, а именно:

- внедрение бригадного полипрофессионального подхода при проведении диагностики, терапии и реабилитации сотрудников с ППР;
- разработка комплекса мер по дестигматизации психолого-психиатрической помощи и интеграции службы охраны психического здоровья в общесоматическую ведомственную систему здравоохранения;
- создание электронной системы мониторинга психического здоровья сотрудников с использованием цифровых технологий с разработкой модуля психиатрической службы в подсистеме сервиса обеспечения деятельности подразделений тылового обеспечения — медицина;
- организация консультативной помощи ведущими психиатрами МВД России региональным медико-санитарным частям (МСЧ) МВД с использованием дистанционных технологий сервиса видеоконференцсвязи по вопросам диагностики, лечения, реабилитации сотрудников;

– разработка комплекса мероприятий при проведении плановой диспансеризации сотрудников ОВД, направленных на повышение ранней диагностики их психического неблагополучия;

– разработка унифицированных автоматизированных тестовых методик экспресс-диагностики суицидального риска с высокой степенью достоверности результатов;

– совершенствование функционирования службы экстренной помощи для сотрудников, оказавшихся в стрессовой ситуации, имеющих нарушения психоэмоционального состояния с использованием телефона доверия и современных мессенджеров;

– привлечение для работы в службе экстренной помощи ведущих специалистов в области психиатрии и психотерапии из региональных МСЧ МВД России согласно установленному графику;

– разработка новых критериев и методик профессионально психологического отбора, касающегося выявления медицинских факторов риска согласно Постановлению Правительства Российской Федерации [7], включающих современные представления о химических и поведенческих аддикциях;

– разработка проекта нового нормативно-правового акта вместо действующего Приказа МВД России [10] о выявлении факторов риска аддиктивного поведения при профессиональном психологическом отборе с учетом современных тенденций аддиктологии;

– организация обучения медицинских психологов по дополнительным профессиональным программам по патопсихологии и психокоррекции;

– организация на постоянной основе работы школ психического здоровья на базе МСЧ МВД России по вопросам охраны психического здоровья сотрудников и профилактики формирования психических расстройств.

*Управлениями по работе с личным составом:*

– разработка и апробация современных форм и методов сотрудничества психологов и начальников служб ведомства при выявлении признаков суицидальной настроенности подчиненных с минимизацией директивного влияния руководителей подразделений на конечный результат психологического обследования;

– разработка перечня ежегодных мероприятий, направленных на укрепление психического благополучия сотрудников и повышение суицидологической компетентности сотрудников, включая руководство подразделений МВД России;

– усиление контролирующих функций кадровых и психологических служб в территориальных органах МВД России, где в течение последних трех лет произошли суицидальные происшествия;

– совершенствование нормативно-правового регулирования деятельности психологов в профилактике суицидального поведения сотрудников;

– разработка в системе информационно-аналитического обеспечения деятельности МВД России сервиса для социальных психологов, включающего динамические сведения о психологическом состоянии

каждого сотрудника, с возможностью математической оценки динамики психологического состояния;

– разработка механизма эффективной диагностики психоэмоционального состояния сотрудников перед поступлением на службу с табельным оружием с использованием современных киберфизических методов дистанционной диагностики психоэмоционального состояния;

– формирование позитивного отношения сотрудников ОВД к психологам подразделений для преодоления барьера стигматизации, для стимулирования сотрудников ОВД, оказавшихся в кризисной ситуации, обращаться за психологической поддержкой и профессиональной помощью.

*Психологической службой системы МВД России:*

– обоснование необходимости повышения квалификации социальных психологов Управления по работе с личным составом МВД России по вопросам, включающим основы медицинской психологии, патопсихологии, пограничной психиатрии, аутоагрессивного поведения и способам и методам его профилактики;

– разработка мер по улучшению качества проведения адресной экспериментально-психологической диагностики сотрудников, отнесенных к группе повышенного внимания, и своевременного оказания им профессиональной психологической помощи;

– повышение качества прогноза формирования нарушений психологического состояния и профилактических психокоррекционных мер, в том числе с использованием проективных патопсихологических тестовых инструментов;

– совершенствование механизмов оперативного взаимодействия с медицинскими специалистами по вопросам профилактики психического неблагополучия сотрудников, со своевременным направлением их на консультации к врачам психиатрического профиля;

– создание системы мониторинга психологического состояния сотрудников в каждом конкретном подразделении с использованием цифровых технологий в рамках сервиса информационно-аналитического обеспечения деятельности МВД России;

– совершенствование форм и методов исследования социально-психологического климата в подразделениях ОВД со своевременной регуляцией деструктивных тенденций, происходящих в служебных коллективах ОВД, принятием конструктивных организационных мер по предотвращению и разрешению конфликтных ситуаций и проведением психокоррекционных мероприятий их участникам;

– разработка мер качественного инструктирования сотрудников и руководства о наличии риска формирования суицидального поведения сотрудников, находящихся в стрессовой ситуации, для организации комплекса мер, направленных на оказание им психосоциальной и психолого-психиатрической помощи.

*Образовательными организациями системы МВД России:*

– разработка программ повышения квалификации дополнительного профессионального образования

медицинских психологов по специальности «медицинская психология» объемом не менее 144 часов;

– разработка программ дополнительного профессионального образования для социальных и медицинских психологов, включающих изучение основ патопсихологии, пограничной психиатрии и психокоррекционной работы с лицами, имеющими признаки донозологических невротических состояний и клинически сформировавшихся психических расстройств;

– научно-методическое обеспечение новых программ по охране психического здоровья, с разработкой учебников, учебных пособий, практикумов, соответствующих учебно-тематическим планам новых образовательных программ;

– создание полигона для осуществления образовательного процесса, включающего необходимое цифровое оборудование при проведении диагностики и помещения для проведения групповой психотерапии и психокоррекции, согласно нормам положенности МВД России и требованиям Минздрава России при оснащении кабинетов врачей-психотерапевтов, осуществление реализации данных программ на клинической базе;

– внедрение дистанционных форм обучения и привлечение к образовательному процессу ведущих специалистов в данной области Минздрава России и Минобороны России на условиях внешнего соместительства;

– разработка скрининг-методик для выявления психического неблагополучия сотрудников на ранних этапах его формирования с последующим авторским сопровождением научной работы и апробацией результатов в территориальных органах МВД России;

– разработка методик диагностики суицидального риска с учетом современных тенденций аддиктологии, психиатрии, психологии для использования ведомственными медицинскими специалистами в рамках проведения ежегодной диспансеризации личного состава;

– оптимизация подготовки кадров высшей квалификации в системе МВД России по медицинским, психологическим и юридическим направлениям;

– проведение на постоянной основе научных исследований с изучением ведущего отечественного и зарубежного опыта психиатрами, клиническими и социальными психологами с лицами, несущими службу в экстремальных условиях профессиональной деятельности.

### Вывод

Для повышения эффективности профилактики суицидального поведения сотрудников ОВД необходимо принятие организационно-методических мер, направленных на четкое взаимодействие медицинской, психологической, кадровой служб и образовательных организаций системы МВД России с последовательной дифференциацией функций служб и специалистов, разработкой нормативно-правовой и научно-методической базы для обеспечения их деятельности.

### Авторство

Сухоруков А. Л. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования; Сидоренко В. А. внес существенный вклад в концепцию исследования, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Соловьев А. Г. внес существенный вклад в анализ и интерпретацию данных; Ичитовкина Е. Г. подготовила первый вариант статьи; Богдасаров Ю. В. внес существенный вклад в анализ и интерпретацию данных.

Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

Сидоренко Виталий Алексеевич – SPIN 7139-5052; ORCID 0000-0003-3328-4567

Сухоруков Александр Леонидович – SPIN 3994-6052; ORCID 0000-0001-5319-7829

Ичитовкина Елена Геннадьевна – SPIN 4333-0282; ORCID 0000-0001-8876-669X

Соловьев Андрей Горгоньевич – SPIN 2952-0619; ORCID 0000-0002-0350-1359

Богдасаров Юрий Владимирович – SPIN 2712-5854; ORCID 0000-0003-2360-1629

### Список литературы

1. Аналитический обзор деятельности Центров психофизиологической диагностики Федеральных казённых учреждений. Медико-санитарные части МВД России по субъектам Российской Федерации. М., 2018. 14 с.

2. Богдасаров Ю. В. Пути и способы реализации стратегии государственной антинаркотической политики в органах внутренних дел Российской Федерации // Вопросы материально-технического и медицинского обеспечения. 2018. № 6. С. 37–44.

3. Ичитовкина Е. Г., Злоказова М. В., Соловьев А. Г. Влияние личностных и психосоциальных характеристик на развитие пограничных психических расстройств у комбатантов Министерства внутренних дел // Вестник психотерапии. 2011. № 37 (42). С. 56–68.

4. Концепция развития психиатрической службы МВД России: Письмо ДТ МВД России 10.04.2018 № 29/ЦЧ/9-2098. М., 2018. 12 с.

5. Марченко А. А., Гончаренко А. Ю., Краснов А. А., Лобачев А. В. Особенности диагностики невротических расстройств у военнослужащих // Вестник Российской военно-медицинской академии 2015. № 1 (49). С. 48–53.

6. Никитин И. Е., Соловьев А. Г., Ичитовкина Е. Г., Злоказова М. В. Организационные аспекты профилактики суицидального поведения в органах внутренних дел // Неврологический вестник. Журнал им. В. М. Бехтерева. 2018. Т. 50, № 3. С. 17–19.

7. Постановление Правительства РФ от 06.12.2012 № 1259 «Об утверждении Правил профессионального психологического отбора на службу в органы внутренних дел Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. 2012. № 50 (ч. 6). Ст. 7075.

8. Приказ МВД России от 2.04.2018 № 190 «О мерах по реализации в Министерстве внутренних дел Российской Федерации правовых актов по вопросам проведения военно-врачебной экспертизы». М., 2018. 3 с.

9. Приказ МВД России от 24.12.2008 № 1142 «О практике суицидальных происшествий в органах, подразделениях, учреждениях системы МВД России». М., 2008. 5 с.

10. Приказ МВД России от 25.02.2015 № 1130 «Об утверждении методик выявления злоупотребления алкоголем

или токсическими веществами, потребления без назначения врача наркотических средств или психотропных веществ, склонности к совершению суицидальных действий, а также критериев оценки результатов комплексного обследования, направленных на их выявление». М., 2015. 14 с.

11. Приказ МВД России от 01.10.2014 № 840 «О мерах по реализации в органах внутренних дел Российской Федерации Постановления Правительства Российской Федерации от 06.12.2012 № 1259». М., 2014. 10 с.

12. Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 № 1662-р «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г.» // Собрание законодательств РФ. 2008. № 40 (ч. 5). Ст. 4033.

### References

1. *Medical and sanitary units of the Russian Ministry of Internal Affairs in the Russian Federation subjects*. Moscow, 2018, 14 p. [In Russian]

2. Bogdasarov Yu. V. Implementation directions of the strategy of state anti-drug policy in the ministry of internal affairs of Russia. *Voprosy material'no-tekhnicheskogo i meditsinskogo obespecheniya* [Logistics and medical support issues]. 2018, 6, pp. 37-44. [In Russian]

3. Ichitovkina E. G., Zlokazova M. V., Soloviev A. G. Effects of personal and psychosocial characteristics on a progress of borderline mental disorders in combatants of the ministry of internal affairs. *Vestnik psikhoterapii* [The Bulletin of Psychotherapy]. 2011, 37 (42). pp. 56-68. [In Russian]

4. *Concept of development of the psychiatric service of the Russian Ministry of Internal Affairs*. Russian MIA DT letter. 10.04.2018 N 29/TsCh/9-2098. Moscow, 2018, 12 p. [In Russian]

5. Marchenko A. A., Goncharenko A. Yu., Krasnov A. A., Lobachev A. V. Diagnostic features of neurotic disorders at servicemen. *Vestnik Rossiiskoi voenno-meditsinskoi akademii* [Bulletin of the Russian Military Medical Academy]. 2015, 1 (49), 4, pp. 8-53. [In Russian]

6. Nikitin I. E., Soloviev A. G., Ichitovkina E. G., Zlokazova M. V. Organizational aspects of suicide conduct prevention in internal Affairs bodies. *Nevrologicheskii vestnik. Zhurnal im. V. M. Bekhtereva* [Neurological Bulletin. Journal

named after V. M. Bekhterev]. 2018, 50 (3), pp. 17-19 [In Russian]

7. Russian Government Decree 06.12.2012, N 1259 "On approval of the Rules of professional psychological selection for service in the internal Affairs bodies of the Russian Federation". *Sobranie zakonodatel'stv Rossiiskoi Federatsii* [Meeting of the laws of the Russian Federation]. 2012, 50 (pt. 6). St. 7075 [In Russian]

8. Order of the Russian Interior Ministry 2.04.2018, N 190 "On the prevention of suicide cases in the organs, departments, agencies Ministry of Internal Affairs of Russia". Moscow, 2018, 3 p. [In Russian]

9. Order of the Russian Interior Ministry 24.12.2008, N 1142 "On the prevention of suicide cases in the organs, departments, agencies Ministry of Internal Affairs of Russia". Moscow, 2008, 5 p. [In Russian]

10. Order of the Russian Interior Ministry 25.02.2015, N 1130 "On approval of methods for detecting alcohol or toxic substance abuse, consumption of narcotic drugs or psychotropic substances without a doctor's prescription, propensity to commit suicidal actions, as well as criteria for evaluating the results of a comprehensive survey aimed at detecting them". Moscow, 2015, 14 p. [In Russian]

11. Order of the Russian Interior Ministry 01.10.2014, N 840 "On measures to implement in the internal Affairs bodies of the Russian Federation the decree of the Government of the Russian Federation of 06.12.2012 No. 1259". Moscow, 2014, 10 p. [In Russian]

12. Russian Government Order 17.11.2008, N 1662-р "On the Concept of long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period up to 2020". *Sobranie zakonodatel'stv Rossiiskoi Federatsii* [Meeting of the laws of the Russian Federation]. 2008, 40 (pt. 5). St. 4033 [In Russian]

### Контактная информация:

Соловьев Андрей Горгоньевич — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой психиатрии и клинической психологии ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51

E-mail: asoloviev1@yandex.ru.