

ВОЛГОГРАДСКИЙ НАУЧНО-МЕДИЦИНСКИЙ ЖУРНАЛ. 2024. Т. 21, № 2. С. 45–51.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 611.01

**Иван Васильевич Гайворонский<sup>1</sup>, Варвара Геннадьевна Никонорова<sup>2</sup>,  
Владимир Владимирович Криштон<sup>3</sup>, Алексей Анатольевич Семенов<sup>4</sup>**

<sup>1, 3, 4</sup> Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>1, 4</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>1</sup> НМИЦ им. В. А. Алмазова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ГНИИИ Военной медицины МО РФ, Санкт-Петербург, Россия

<sup>1</sup> [i.v.gaivoronsky@mail.ru](mailto:i.v.gaivoronsky@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-6836-5650>

<sup>2</sup> [bgnikon@gmail.com](mailto:bgnikon@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-9453-4262>

<sup>3</sup> [chrishtop@mail.ru](mailto:chrishtop@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9267-5800>

<sup>4</sup> [semfeodosia82@mail.ru](mailto:semfeodosia82@mail.ru)

## ПОКАЗАТЕЛИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА КАК ПРЕДИКТОР УСТОЙЧИВОСТИ К ГИПОКСИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ

**Аннотация.** Поиск информативных показателей для оценки здоровья при гипоксических тренировках и индивидуализации образовательных программ является одной из актуальных научных задач. **Цель.** Определить показатели компонентного состава тела, являющиеся предикторами индивидуальной устойчивости к гипоксическим нагрузкам, и выделить соответствующие морфотипы. **Материалы и методы.** Объектом исследования послужили курсанты военного вуза обоего пола, первого курса обучения. Всего обследовано 20 юношей и 16 девушек. В качестве нагрузочной гипоксической серии были использованы восемь последовательных проб Руфье, выполнение которых заканчивалось пробой Генчи. Нагрузочная серия выполнялась в фильтрующем противогазе ГП-7. Определялись фоновые значения пробы Генчи и значения пробы Генчи в период восстановления – спустя 10 минут после снятия противогаза. Предварительно до нагрузочной серии определяли компонентный состав тела и основные антропометрические показатели, в конце пробы Генчи определяли сатурацию периферической крови. **Результаты.** Выделено три морфотипа: устойчивый с высокой работоспособностью, склонный к гипоксемии во время гипоксических нагрузок и склонный к гипоксемии в период восстановления после гипоксических нагрузок.

**Ключевые слова:** морфотип, гипоксические нагрузки, компонентный состав тела, курсанты, военный вуз

VOLGOGRAD SCIENTIFIC AND MEDICAL JOURNAL. 2024. VOL. 21, NO. 2. P. 45–51.

ORIGINAL ARTICLE

**Ivan V. Gaivoronsky<sup>1</sup>, Varvara G. Nikonorova<sup>2</sup>,  
Vladimir V. Chrishtop<sup>3</sup>, Alexey A. Semenov<sup>4</sup>**

<sup>1, 3, 4</sup> Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

<sup>1, 4</sup> St Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

<sup>1</sup> Almazov National Medical Research Center, Saint Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> State Research Testing Institute of Military Medicine Ministry of Defense of Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

<sup>1</sup> [i.v.gaivoronsky@mail.ru](mailto:i.v.gaivoronsky@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-6836-5650>

<sup>2</sup> [bgnikon@gmail.com](mailto:bgnikon@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-9453-4262>

<sup>3</sup> [chrishtop@mail.ru](mailto:chrishtop@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9267-5800>

<sup>4</sup> [semfeodosia82@mail.ru](mailto:semfeodosia82@mail.ru)

## INDICATORS OF PHYSICAL DEVELOPMENT OF THE HUMAN BODY AS A PREDICTOR OF RESISTANCE TO HYPOXIC LOADS

**Abstract.** The search for informative indicators for assessing health during hypoxic training and individualizing educational tracks is one of the current scientific tasks. **Purpose.** to determine indicators of the component composition of the body, which are predictors of individual resistance to hypoxic loads, and to identify the corresponding morphotypes. **Materials and methods.** The studies were conducted on practically healthy individuals (military university

cadets) of both sexes, first year students. A total of 20 boys and 16 girls were examined. Eight consecutive Ruffier tests were used as a load hypoxic series, the execution of which ended with the Genchi test. The entire load series was carried out in a GP-7 filter gas mask. The background values of the Genchi test and the values of the Genchi test during the recovery period were also determined – 10 minutes after removing the gas mask. Before the loading series, the component composition of the body and the main anthropometric indicators were determined, and at the end of the Genchi test the saturation of peripheral blood was determined. **Results.** The results obtained allowed us to identify three morphotypes: stable with high performance, prone to hypoxemia during hypoxic loads and prone to hypoxemia during recovery after hypoxic loads.

**Keywords:** *morphotype, hypoxic loads, body composition, cadets, military university*

В военных учебных заведениях широкое распространение имеет проведение тренировок курсантов в условиях гипоксии [1].

Формирование неспецифической адаптации к условиям гипоксии повышает устойчивость организма к физическим и психическим нагрузкам в период подготовки и ведения боевых действий, аэробной и анаэробной выносливости, воспитанию решительности и самообладания. Использование фильтрующего противогаза в качестве фактора гипоксии при выполнении упражнений на занятиях по физической подготовке позволяет существенно увеличить функциональные резервы организма [2].

Индивидуально-типологические и половые особенности морфофункциональных показателей организма обучающихся являются предпосылками различных уровней устойчивости к гипоксии [3]. Компонентный состав тела как комплексный показатель физического развития отражает функциональные свойства организма [4]. Знание особенностей компонентного состава тела практически здоровых лиц, курсантов военного вуза, позволит разработать индивидуальный подход к выбору военной специализации, усовершенствовать систему гипоксических тренировок, предотвратит причинение потенциального вреда здоровью.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определить показатели компонентного состава тела, являющиеся предикторами индивидуальной устойчивости к гипоксическим нагрузкам, и выделить соответствующие морфотипы.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлись курсанты военного вуза обоего пола, первого года обучения. Всего обследовано 20 юношей и 16 девушек. Исследование проводилось с соблюдением принципов добровольности, прав и свобод личности, гарантированных ст. 21 и 22 Конституции РФ. Добровольцы подписали информированное

согласие протокола исследования, утвержденного независимым этическим комитетом при Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова (протокол № 263 от 31 мая 2022 г.).

Измерение антропометрических параметров осуществлялось по классической методике с учетом рекомендаций Д. Б. Никитюка (2013), включающей определение следующих параметров: масса тела и длина тела (измерялись при помощи медицинских электронных весов с ростомером Soehnle 7831); обхватные размеры измерялись при помощи прорезиненной сантиметровой ленты с точностью 0,5 см.

Индекс массы тела (индекс Кетле, ИМТ) отображался автоматически на дисплее электронных весов Soehnle 7831.

Измерение компонентного состава тела проводилось методом биоимпедансометрии с помощью анализатора Tanita MC-780 MA. Всего измерено 29 показателей компонентного состава тела. Диапазон нормы определяли с помощью приложения, входящего в комплект поставки оборудования (аттестат аккредитации РОСС RU.31112.ИЛ.00014).

Определены фоновые значения пробы Генчи (регистрация времени задержки дыхания после максимального выдоха), измерен пульс и сатурации периферической крови ( $SpO_2$ ); проведена нагрузочная серия проб Руфье, 15-минутное восстановление; повторно выполнена проба Генчи, определена сатурация крови. Включение измерения сатурации крови в процессе выполнения пробы повышает объективность и информативность проводимого исследования, позволяет точнее диагностировать функциональное состояние организма [5]. Нагрузочная серия включала в себя восемь последовательных проб Руфье, по окончании каждой из которых следовал 5-минутный отдых (каждая проба включает предварительное измерение пульса, выполнение испытуемым 30 приседаний за 45 секунд, измерение пульса через 15 секунд от начала отдыха и в конце первой минуты отдыха). Соответственно,

рассчитывались восемь индексов Руфье (ИР). Для имитации условий гипоксии во время нагрузочной серии испытуемые надевали фильтрующий противогаз ГП-7 [2]. Подборку, подгонку, обслуживание и хранение противогаза осуществляли в соответствии с «Положением об организации обеспечения населения средствами индивидуальной защиты», утвержденным приказом МЧС России от 01.10.2014 № 543. В конце нагрузочной серии испытуемыми выполнялась проба Генчи в противогазе.

Выбор методов исследования определялся их адекватностью, достаточной информативностью и безвредностью в соответствии с поставленными задачами выполняемой работы. На всем протяжении исследования была обеспечена безопасность, предварительно проведены четкая разъяснительная работа и инструктаж. В любой момент доброволец мог снять противогаз и прекратить участие в исследовании.

Для статистического анализа полученных данных применялась программа Statistica 12. Достоверность динамики физиологических показателей определялась при помощи теста

Вилкоксона для связанных выборок. Достоверность половых различий и различий компонентного состава тела подгрупп определялась при помощи теста Мана – Уитна. Различия считались значимыми при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Работоспособность сердечно-сосудистой системы, как показатель устойчивости к гипоксической нагрузке, оценивалась по индексу Руфье. Рост показателей ИР на протяжении первых четырех нагрузочных проб говорит о снижении работоспособности.

Стабилизация показателей 4–6 проб характеризует вработываемость при продолжающейся нагрузке. Для юношей характерна большая работоспособность, которая сохраняется на протяжении всей нагрузочной серии.

В соответствии с полученными показателями медианных значений индекса Руфье исследуемая выборка была распределена на две подгруппы: с высокой работоспособностью и с низкой работоспособностью (табл. 1).

Таблица 1

### Сравнительная характеристика антропометрических показателей и компонентного состава тела у юношей и девушек с высокой и низкой работоспособностью

Показатель	Мужчины		Женщины	
	Высокая работоспособность ИР < 16 (n = 10)	Низкая работоспособность ИР > 16 (n = 10)	Высокая работоспособность ИР < 19 (n = 8)	Низкая работоспособность ИР > 19 (n = 8)
Рост, см	173,0 (167,0–188,5)	188,5 (182,5–193,5)	156,0 (154,5–157,5)	168,0* (166,0–170,0)
Окружность грудной клетки, см	89,0 (87,5–95,0)	96,0* (91,0–100,5)	85,0 (81,5–88,5)	83,5 (81,0–87,0)
Обхват плеча, см	27,0 (25,5–29,0)	29,0* (27,5–30,5)	25,8 (25,1–26,4)	24,0 (22,5–25,5)
Межостный размер, см	28,8 (27,5–30,0)	30,0* (28,5–31,0)	29,5 (27,5–31,5)	31,0 (26,0–32,5)
Межвертельный размер, см	31,0 (30,5–32,0)	31,5 (30,0–32,5)	32,0 (31,0–33,0)	32,5 (31,5–33,0)
Содержание жира, %	9,4 (8,3–10,8)	10,15 (9,3–11,0)	23,55 (21,8–25,3)	18,6* (14,3–22,9)
Жировая масса, кг	5,9 (5,4–7,4)	8,1* (6,75–9,5)	13,7 (11,7–15,8)	11,5* (8,0–14,9)
Нижние конечности, жировая масса, кг	2,2 (1,3–3,1)	2,4 (1,8–3,0)	7,2 (6,2–8,4)	5,8* (4,6–7,1)

\* Различия между исследуемыми подгруппами достоверны ( $p < 0,05$ ).

Состояние компенсаторных механизмов организма было оценено по показателям времени задержки дыхания и сатурации крови во время пробы Генчи.

Показатель сатурации периферической крови по окончании пробы Генчи был выбран в

качестве показателя, дискриминирующего исследуемую выборку на подгруппы (табл. 3).

Показатели у юношей и девушек достоверно различались с фоновыми значениями. Сатурация крови продемонстрировала снижение в восстановительный период, что информирует

о способности организма к восстановлению резервов после окончания гипоксической нагрузки.

На основании данных табл. 2 выделены признаки морфотипа с низкой устойчивостью к гипоксическим нагрузкам: увеличенный вес и ИМТ, широкий таз, большие проксимальные и дистальные охватные диаметры конечностей, увеличенная общая костная, и жировая масса, мышечная масса туловища.

Для оценки качества восстановления систем организма после гипоксической нагрузки исследовалась сатурация крови в пробе Генчи, проведенной спустя десять минут после окончания гипоксической нагрузки. Исследуемые выборки юношей и девушек были распределены на

две подгруппы относительно медианных значений сатурации крови после снятия фильтрующего противогАЗа:  $SpO_2 > 95$  и  $SpO_2 < 95$  (табл. 3).

Морфотип со сниженной сатурацией периферической крови в период восстановления характеризуется сниженным ИМТ, уменьшенными обхватами плеча, предплечий, бедра и перераспределением жировой массы – снижением ее в конечностях с сохранением средних значений в туловище.

Также для данной категории лиц характерны более высокие показатели работоспособности сердечно-сосудистой системы в конце нагрузочной сессии, особенно в подгруппах с сатурацией более 95 %.

Таблица 2

**Характеристика антропометрических показателей и компонентного состава тела у юношей и девушек со сниженной сатурацией ( $SpO_2 < 95$ ) в процессе гипоксической тренировки**

Показатель	Мужчины	Женщины
	$SpO_2 < 95$ (n = 5)	$SpO_2 < 95^{**}$ (n = 6)
Рост, см	186,0* (176,5–200,0)	161,0 (152,5–164,5)
Масса тела, кг	90,4* (72,7–99,3)	65,7 (60,4–68,4)
ИМТ кг/м <sup>2</sup>	23,5* (21,7–24,4)	28,1 (23,3–30,5)
Проксим. обхват предплечья, см	28,0 (26,0–29,5)	25,5 (22,5–26,5)
Обхват бедра, см	54 (51,0–55,5)	56,0 (53,5–57,0)
Обхват голени, см	39,5* (36,5–40,5)	34,5 (34,0–35,5)
Межостный размер, см	29,5* (28,5–31,0)	31,0 (26,5–32,0)
Межвертельный размер, см	33 (32–33)	34 (32,5–34,75)
Саркопенический индекс, кг/м <sup>2</sup> )	9,4* (8,6–9,8)	8,03 (6,9–8,6)
Нижние конечн., жировая масса, кг	3,6* (2,6–4,1)	9,4 (7,6–10,4)
Верхние конечн., жировая масса, кг	1,5* (1,1–1,7)	2,5 (1,8–2,8)
Туловище, жировая масса, кг	5,7 (4,1–6,5)	5,9 (5,8–6)

\* Различия между исследуемыми подгруппами достоверны ( $p < 0,05$ ); \*\* в качестве пограничного значения была выбрана сатурация 95 %, ввиду того, что показатель сатурации ниже 95 % свидетельствует о развитии гипоксического состояния [6].

Таблица 3

**Характеристика антропометрических показателей и компонентного состава тела у юношей и девушек со сниженной сатурацией ( $SpO_2 < 95$ ) в период восстановления**

Показатель	Мужчины	Женщины
	$SpO_2 < 95$ (n = 7)	$SpO_2 < 95$ (n = 8)
ИМТ	19,1 (18,8–19,5)	19,9 (18,5–21,4)
Рост	183* (181,5–184,5)	168 (166–170)
Обхват плеча, см	25,5* (25,3–25,8)	24,0 (22,5–25,5)
Обхват предплечья, см	23* (22,5–23,5)	21,5 (20,8–22,3)
Обхват бедра, см	47,5 (46,8–48,3)	49,5 (45,75–53,25)
Верхние конечности, жировая масса, кг	0,8* (0,6–1,0)	1,3 (1,0–1,6)
Нижние конечности, жировая масса, кг	1,3* (1,2–1,3)	5,8 (4,6–7,1)
Туловище, жировая масса, кг	3,4* (3,2–3,5)	4,4 (2,6–6,3)
Индекс Руфье (восьмая проба)	16,7* (15,7–17,6)	21,5 (21,0–21,8)

\* Различия между исследуемыми подгруппами достоверны ( $p < 0,05$ ).

По данным о снижении сатурации во время обеих проб Генчи была выделена подгруппа лиц, имевших сатурацию периферической крови более 95 % во время всего эксперимента (табл. 4). На основании таблицы можно заключить, что лица, устойчивые к гипоксическим тренировкам, характеризуются низким ростом, увеличенной окружностью грудной клетки и саркопеническим индексом, сниженным общим импедансом и распределением жировой массы преимущественно в конечностях.

В подгруппах с удовлетворительной и неудовлетворительной сатурацией пробы Руфье

достоверно различались. Для подгрупп с высокой сатурацией был характерен достоверно более низкий индекс Руфье, что характеризовало большую работоспособность в течение гипоксической тренировки.

Рост индекса Руфье характеризует снижение работоспособности сердечно-сосудистой системы, этот показатель прямо пропорционально связан с весом участников гипоксической тренировки, межвертельным размером, жировой массой туловища и их метаболическим возрастом, и обратно пропорционально связан с индексом саркопении (табл. 4).

Таблица 4

**Особенности показателей испытуемых без снижения  $SpO_2 > 95$  как в течение нагрузочной серии, так и во время восстановления (во время всего эксперимента)**

Показатель	Мужчины		Женщины	
	$SpO_2 < 95$ (n = 12)	$SpO_2 > 95$ (n = 4)	$SpO_2 < 95$ (n = 14)	$SpO_2 > 95$ (n = 6)
Длина тела, см	186,5 (182,5–191,5)	167,0* (165,0–178,5)	164,0 (158,5–168,0)	155,5* (148,5–157,0)
Окружность грудной клетки, см	86,5 (86,5–89,5)	91,0 (90,0–101,0)	89,5 (83,5–91,0)	92,0* (87,0–102,5)
Обхват талии, см	66,0 (65,5–71,0)	74,5* (74,5–77,0)	67,0 (64,0–69,5)	72,5* (70,02–74,5)
Саркопенический индекс, кг/м <sup>2</sup>	8,15 (7,85–8,78)	8,4 (8,1–8,5)	6,42 (6,28–7,23)	8,0* (7,9–8,4)
Общий импеданс, Ohm	612 (548–638)	533* (483–546)	706 (645–719)	583* (536–629)
Верхние конечности, жировая масса, кг	0,8 (0,7–1,0)	1,0 (1–1,2)	1,9 (1,3–2,2)	2,5 (2,0–2,8)
Нижние конечности, жировая масса, кг	1,3 (1,2–2,5)	2,9 (2,8–3,5)	8,3 (5,8–8,9)	9,4 (7,5–10,2)
Индекс Руфье (восьмая проба)	16,4 (15,6–17,45)	12,4* (11,8–14,5)	20,7 (19,4–21,45)	18,1* (17,1–19,1)

\* Различия между исследуемыми подгруппами достоверны ( $p < 0,05$ )

По полученным показателям исследуемой выборки были выделены три морфотипа практически здоровых лиц:

1) морфотип, устойчивый к гипоксическим нагрузкам (табл. 4):

- сниженный рост;
- увеличенной окружностью грудной клетки;
- перераспределением жировой массы из тела в конечности;

2) морфотип со сниженной устойчивостью к гипоксическим нагрузкам (табл. 2):

- увеличенный вес и высокий ИМТ;
- широкий таз, и большой межвертельный размер;
- высокие показатели жировой массы;

3) морфотип с затрудненным восстановлением после физических нагрузок (табл. 3):

- сниженный ИМТ;
- уменьшенными обхватами плеча и бедра;
- снижением жировой массы в конечностях с сохранением средних значений в туловище.

Несмотря на актуальность задачи прогнозирования устойчивости к гипоксии, многие существующие исследования характеризуют не морфотипические, а функциональные особенности [7]. Применение в таких исследованиях специального оборудования затрудняет экстраполяцию результатов на исследования, проводимые с другим оборудованием, и накладывает ограничение на использование этих методов в качестве

скрининговых на большой выборке людей, например, на курсантах с целью индивидуализации профориентационных мероприятий.

Полученные нами результаты указывают на наличие специфического морфотипа, ассоциированного с устойчивым к гипоксии фенотипом обследуемых. Такие различия в резистентности к гипоксии связаны с морфотипом, обусловленным суммой генотипических особенностей [8, 9]. Прежде всего, мы выявили связь низкого роста с устойчивостью к гипоксическим нагрузкам и высокой работоспособностью сосудисто-сердечной системы в условиях гипоксической тренировки. Последнее может быть вызвано также биомеханической целесообразностью [10].

Выявленные закономерности, на наш взгляд, делают перспективным дальнейшее исследование морфотипов с разной устойчивостью к гипоксической нагрузке, представляют возможность масштабирования выборки на другие курсы и иные организации с целью более точного установления границ морфотипов, исследования их динамики, а также выявления адаптационного потенциала каждого из них и разработки индивидуально-типологических рекомендаций по оптимизации физических нагрузок и выбора образовательной траектории.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Относительно устойчивости к гипоксическим тренировкам выделено три морфотипа практически здоровых лиц: устойчивый с высокой работоспособностью, склонный к гипоксемии во время гипоксических нагрузок и склонный к гипоксемии в период восстановления после гипоксических нагрузок.

1. Устойчивые к гипоксическим нагрузкам, относительно исследуемой выборки, характеризуются сниженным ростом, увеличенной окружностью грудной клетки, сниженным общим импедансом и перераспределением жировой массы из тела в конечности.

2. Склонные к гипоксемии во время гипоксических нагрузок характеризуются, относительно исследуемой выборки, увеличенным весом, ИМТ, большим межвертельным размером и большими значениями жировой массы.

3. Склонные к гипоксемии в период восстановления после гипоксических нагрузок характеризуются сниженным ИМТ, уменьшенными обхватами конечностей и снижением доли жирового компонента в конечностях.

Полученные нами результаты позволяют прогнозировать в исследуемой выборке стартовый потенциал обучающихся по отношению к устойчивости к гипоксическим нагрузкам, что может быть ценным инструментом при профессиональном отборе, построении индивидуальных траекторий обучения с целью снижения риска вреда здоровью при применении гипоксических тренировок.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Глубокая М. В., Глубокий В. А., Струганов С. М. Гипоксическая тренировка курсантов и слушателей образовательной организации МВД России. *Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт*. 2021;6:26–31. doi: 10.24412/2305-8404-2021-6-26-31.
2. Зиамбетов В. Ю., Пятибрат А. О. Влияние гипоксической тренировки в изолирующем противогазе на повышение резистентности организма к влиянию экстремальных условий профессиональной деятельности. *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2021;4:71–77. doi: doi.org/10.25016/2541-7487-2021-0-4-71-77.
3. Семенов А. А., Гайворонский И. В., Криштоп В. В. Кластерный анализ как интегратор разных методик оценки физического развития практически здоровых лиц юношеского возраста. *Астраханский медицинский журнал*. 2023;18(1):72–80. doi: 10.29039/1992-6499-2023-1-72-80.
4. Гайворонский И. В., Семенов А. А., Криштоп В. В. Сравнительная гендерная характеристика физического развития абитуриентов военной образовательной организации по данным корреляционного анализа. *Журнал анатомии и гистопатологии*. 2022; 11(3):16–22. doi: doi.org/10.18499/2225-7357-2022-11-3-16-22.
5. Левшин И. В., Черный В. С., Мызников И. Л. и др. Оценка устойчивости и чувствительности организма атлета к гипоксии на основе результатов теста с задержкой дыхания на вдохе (пробы Штанге). *Спорт, человек, здоровье: XI Международный конгресс*. 2023;5:339–341. doi: 10.18720/SPBPU/2/id23-256.
6. Луняк И. И., Погоньшева И. А. Гипоксические состояния у студентов северного вуза. *XIX Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета*. 2017;194–196.
7. Глазачев О. С., Геппе Н. А., Тимофеев Ю. С. и др. Индикаторы индивидуальной устойчивости к гипоксии – путь оптимизации применения гипоксических тренировок у детей. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2020;65(4):78–84.
8. Лукьянова Л. Д. Сигнальные механизмы гипоксии. Москва: РАН. 2019. 215 с.

9. Лукьянова Л. Д., Кирова Ю. И., Сукоян Г. В. Сигнальные механизмы адаптации к гипоксии и их роль в системной регуляции. *Биологические мембраны*. 2012;29(4):238.

10. Губа В. П. Основы спортивной подготовки: методы оценки и прогнозирования (морфобиомеханический подход). Москва: Советский спорт. 2012. 384 с.

## REFERENCES

1. Glubokaya M. V., Glubokiy V. A., Struganov S. M. Hypoxic training of cadets and students of the educational organization of the Ministry of Internal Affairs of Russia. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Fizicheskaya kul'tura. Sport = News of Tula State University. Physical Culture. Sport*. 2021;(6):26–31. doi: 10.24412/2305-8404-2021-6-26-31. (In Russ.).

2. Ziambetov V. Yu., Pyatibrat A. O. The influence of hypoxic training in an insulating gas mask on increasing the body's resistance to the influence of extreme conditions of professional activity. *Mediko-biologicheskie i social'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnyh situacijah = Medical-biological and social-psychological problems of safety in emergency situations*. 2021;(4):71–77. doi.org/10.25016/2541-7487-2021-0-4-71-77. (In Russ.).

3. Semenov A. A., Gaivoronsky I. V., Krishtop V. V. Cluster analysis as an integrator of different methods for assessing the physical development of practically healthy adolescents. *Astrahanskij medicinskij zhurnal = Astrakhan Medical Journal*. 2023;18(1):72–80. doi:10.29039/1992-6499-2023-1-72-80. (In Russ.).

4. Gaivoronsky I. V., Semenov A. A., Krishtop V. V. Comparative gender characteristics of the physical de-

velopment of applicants to a military educational organization according to correlation analysis. *Zhurnal anatomii i gistopatologii = Zhurnal anatomii i gistopatologii*. 2022; 11(3):16–22. doi.org/10.18499/2225-7357-2022-11-3-16-32. (In Russ.).

5. Levshin I. V., Cherny V. S., Myznikov I. L. et al. Assessment of the resistance and sensitivity of the athlete's body to hypoxia based on the results of the test with holding the breath while inhaling (Stange test). *Sport, chelovek, zdorov'e: XI Mezhdunarodnyj kongress = Sports, man, health: XI International Congress*. 2023;(5):339–341. doi: 10.18720/SPBPU/2/id23-256. (In Russ.).

6. Lunyak I. I., Pogonyshva I. A. Hypoxic conditions among students of a northern university. *XIX Vserossijskaya studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta. = XIX All-Russian Student Scientific and Practical Conference of Nizhnevartovsk State University*. 2017:194–196. (In Russ.).

7. Glazachev O. S., Geppe N. A., Timofeev Yu. S. et al. Indicators of individual resistance to hypoxia – a way to optimize the use of hypoxic training in children. *Rossijskij vestnik perinatologii i pediatrii = Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2020;65(4):78–84. (In Russ.).

8. Lukyanova L. D. Signaling mechanisms of hypoxia. Moscow: RAS. 2019. 215 p. (In Russ.).

9. Lukyanova L. D., Kirova Yu. I., Sukoyan G. V. Signaling mechanisms of adaptation to hypoxia and their role in systemic regulation. *Biologicheskie membrany = Biological membranes*. 2012;29(4):238. (In Russ.).

10. Guba V. P. Fundamentals of sports training: methods of assessment and forecasting (morphobiomechanical approach). Moscow: Soviet sport. 2012. 384 p. (In Russ.).

## Информация об авторах

**И. В. Гайворонский** – доктор медицинских наук, профессор

**В. Г. Никонорова** – кандидат медицинских наук, младший научный сотрудник

**В. В. Криштоп** – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник

**А. А. Семенов** – кандидат медицинских наук, докторант

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

Статья поступила в редакцию 07.02.2024; одобрена после рецензирования 28.02.2024; принята к публикации 17.03.2024.

## Information about the authors

**I. V. Gaivoronsky** – Doctor of Medical Sciences, Professor

**V. G. Nikonorova** – Candidate of Medical Sciences, Researcher

**V. V. Chrishtop** – Candidate of Medical Sciences, Main Researcher

**A. A. Semenov** – Candidate of Medical Sciences, Doctoral Student

*The authors declare no conflicts of interests.*

The article was submitted 07.02.2024; approved after reviewing 28.02.2024; accepted for publication 17.03.2024.