

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ НАПРЯЖЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СРОКАХ АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ СЕВЕРА

© 2021 г. И. В. Аверьянова, С. И. Вдовенко

ФГБУН «Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук» (НИЦ «Арктика» ДВО РАН), г. Магадан, Россия

**Цель:** установление степени напряжения функционального состояния организма в условиях адаптации к Северу.

**Методы:** проведено комплексное 10-летнее исследование 1 310 юношей возрастной категории 17–21 года, различающихся по длительности проживания в неблагоприятных климатических условиях Магаданской области (от нулевого до третьего поколения). Оценивалась работа кардиореспираторной системы, структура микроциркуляторного русла, а также данные биохимического профиля и основного обмена юношей.

**Результаты:** Установлено, что с увеличением сроков проживания на Северо-Востоке страны происходит последовательное снижение степени напряжения в работе сердечно-сосудистой системы, аппарата внешнего дыхания, уменьшение частоты встречаемости выхода за пределы нормативных величин показателей основного обмена, а также повышение встречаемости нормогликемии в крови. При этом наблюдается рост удельного веса отклонения показателей микрогемодинамики в ряду от нулевого к третьему поколению (снижение диаметра артериального и венозного отделов, увеличение коэффициента деформации капилляров).

**Вывод:** полученные данные подтверждают, что разработанный подход, направленный на оценку степени напряжения в работе основных физиологических систем, совпадает с результатами проведенных ранее исследований, которые указывают на формирование в особых условиях Северо-Востока России новой популяции жителей, обозначенной нами как укорененные лица и имеющие наиболее оптимальные показатели в работе функциональных систем организма.

*Ключевые слова:* юноши, Север, напряжение физиологических систем, адаптация

## HUMAN PHYSIOLOGICAL CONDITIONS AT DIFFERENT STAGES OF ADAPTATION TO THE HIGH NORTH

V. Averyanova, S. I. Vdovenko

Scientific-Research Center “Arktika” Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia

**Aim:** To study physiological conditions of the human body at different stages of adaptation to the climatic conditions of the High North.

**Methods:** A longitudinal study included 17-21-year-old young men (n = 1 310) in the Magadan region (North-East of Russia) that were followed up for 10 years. Parameters of the cardio-respiratory system, the structure of the microvasculature, as well as the data of the biochemical profile and basic metabolism of the subjects were measured and analyzed.

**Results:** Our main findings suggest that longer duration of residence in the High North is associated with decreased functional stress in cardiovascular and respiratory systems. The proportion of individuals with abnormal basal metabolic parameters and hyperglycemia was inversely associated with duration of stay in the High North. At the same time, the percentage of alterations in microcirculation indices increases from the 0 to the third generation of residents of the High North.

**Conclusion:** The results of the study are in general in line with the results of earlier studies on conditions of the main physiological systems at different stages of adaptation. They provide additional support to the hypothesis of the formation of a new population of inhabitants in the Russian High North that were newcomers but gradually adapted to the conditions of the North.

*Key words:* young males, North, physiological conditions, adaptation

### Библиографическая ссылка:

Аверьянова И. В., Вдовенко С. И. Оценка степени напряжения функционального состояния организма человека при различных сроках адаптации к условиям Севера // Экология человека. 2021. № 7. С. 12–17.

### For citing:

Averyanova I. V., Vdovenko S. I. Human Physiological Conditions at Different Stages of Adaptation to the High North. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 7, pp. 12-17.

### Введение

Проблема сохранения здоровья населения регионов Севера определяет необходимость глубокого и всестороннего изучения физиологических механизмов системной адаптации пришлого населения [3, 7], так как продолжающиеся исследования в области адаптивности человека могут сыграть определенную роль в улучшении и решении глобальных проблем здравоохранения [15]. Однако проблемы жизне-

обеспечения человека в условиях Севера до сих пор нельзя считать решенными как в практическом, так и в теоретическом смысле [6, 14].

Вот уже более века антропологи и физиологи систематически изучают процессы адаптации к средовым стрессорам, влияющие на биологическую изменчивость человека [12]. В области биологической антропологии адаптация часто рассматривается как происходящий процесс трех альтернативных

взаимодействующих путей: генетической адаптации, физиологической, или функциональной, адаптации и культурно-поведенческой адаптации [4, 18–20]. Физиологическая адаптация мобилизуется для поддержания гомеостаза, позволяя оптимально поддерживать биологические функции организма (например, поддержание температуры тела, содержания кислорода в крови и тканей) в ответ на воздействие климатически-экологических стрессоров [17].

Ранее нами был разработан подход, основанный на выявлении степени напряжения в функционировании основных физиологических систем, отражающемся в отклонениях проанализированных показателей от физиологических норм, он лег в основу выявления степени адаптированности к экстремальным условиям Севера. Данный подход позволил выявить наиболее уязвимые физиологические системы при адаптации к проживанию в различных по экстремальности районах Дальневосточного региона [8]. С учетом данных наработок и того факта, что в текущее время на Северо-Востоке России сформировались и представлены популяции уроженцев-европеоидов первого – третьего поколений, возник определенный интерес, используя этот же подход, проанализировать степень напряжения основных физиологических систем организма в зависимости от длительности адаптации к условиям Севера.

Исходя из вышеперечисленного целью данной работы определено проведение оценки степени коэффициентов напряжения основных физиологических систем функционального состояния у молодых жителей с различными периодами адаптации к условиям Севера.

#### Методы

С помощью метода случайной выборки были обследованы 1 310 юношей в возрасте от 17 до 21 года, постоянных жителей г. Магадана и Магаданской области. В зависимости от продолжительности проживания на Севере все обследуемые были разделены на четыре группы. В первую группу вошли европеоиды-мигранты – приезжие из центральных районов страны, имевшие непродолжительный срок проживания на Севере, в среднем ( $7,1 \pm 1,3$ ) года, эту группу мы обозначили как «нулевое поколение» ( $n = 89$ ). Вторую группу представляли уроженцы региона в первом поколении из числа европеоидов, родители которых являлись европеоидами-мигрантами ( $n = 705$ ). В третью группу были включены уроженцы во втором поколении ( $n = 431$ ), родители которых уже являлись уроженцами Магаданской области в первом поколении. Четвертую группу представили жители области, характеризовавшиеся самым продолжительным сроком проживания в условиях Северо-Востока России – юноши третьего поколения, у которых родители относились к представителям второго поколения ( $n = 85$ ). Указанные исследования были проведены в период с 2009 по 2019 год.

Степень напряжения в деятельности сердечно-сосудистой системы оценивалась на основе показателей сердечно-сосудистой системы путем измерения систолического (САД, мм рт. ст.) и диастолического (ДАД, мм рт. ст.) артериального давления с помощью автоматического тонометра Nesei DS-1862 (Япония), а также на основе изучения структуры капилляров и микроциркуляции в зоне кожного валика (эпонихия) ногтевого ложа с использованием компьютерного видеокапилляроскопа «Капилляроскан-1» (ООО «Новые энергетические технологии», Сколково), оснащенного оптическим зондом 400x. Все записи были сделаны в положении сидя при комфортной температуре окружающей среды от 22 до 25 °C с положением руки на уровне сердца [16]. В работе проанализированы следующие морфофункциональные показатели сосудов микроциркуляторного русла: диаметр венозного отдела (мкм), диаметр артериального отдела (мкм), длина капилляра (мкм), коэффициент деформации (усл. ед.).

Выраженность напряжения в деятельности дыхательной системы оценивали по следующим показателям:  $МОС_{25\%}$ ,  $МОС_{50\%}$ ,  $МОС_{75\%}$  – мгновенные объемные скорости на участках 25, 50 и 75 % от форсированной емкости выдоха, соотнесенные с должными величинами (компьютерный спироанализатор «Диамант-С», Санкт-Петербург).

Для оценки показателей газообмена у юношей с помощью метабографа «MedGraphics VO 2000» (США) в состоянии покоя определяли суточные энергозатраты (REE, ккал/день) и соотносили с должным уровнем (REE/Ped, %).

Степень напряжения биохимического профиля оценивали на основе определения уровня глюкозы в капиллярной крови (ммоль/л), взятой в утренние часы натощак спустя 10 часов после последнего приема пищи с использованием портативного биохимического экспресс-анализатора «Cardio Chek PA» (США).

Исследование было выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Протокол проводимого исследования был одобрен комиссией по биоэтике ФГБУН ИБПС ДВО РАН (№ 001/019 от 29.03.2019 г.). До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие.

#### Результаты

В условиях северного региона значительная роль в выявлении особенностей функционирования организма принадлежит оценке состояния сердечно-сосудистой системы, отражающей «цену» адаптации к малокомфортным условиям проживания [5, 10, 11]. Для изучения проявления напряжения в деятельности сердечно-сосудистой системы на основе уровня артериального давления все обследованные лица были разделены на четыре группы в соответствии с рекомендациями Европейского общества кардиологов (ESC) 2018 [21]. Распределение юношей из числа представителей нулевого поколения по уровню артериального давления показало, что у 23 % об-

следованных наблюдался оптимальный уровень артериального давления, 30 % — нормальный уровень, 38 % — высокое нормальное артериальное давление (ВНАД). Кроме того, у 9 % юношей была зафиксирована артериальная гипертензия первой степени. В группе юношей первого поколения оптимальное артериальное давление было зафиксировано в 26 % случаев, нормальное артериальное давление было выявлено у 30 % юношей, 27 % характеризовались ВНАД, и для 17 % обследованных была характерна артериальная гипертензия I степени. У юношей второго поколения оптимальным артериальным давлением характеризовались 25 % обследованных, нормальное артериальное давление было характерно для 35 %, ВНАД было отмечено у 25 % молодых людей, и 15 % имели признаки артериальной гипертензии I степени. В группе представителей третьего поколения оптимальное артериальное давление было зафиксировано у 29 % в выборке, нормальным артериальным давлением характеризовались 41 % молодых людей, ВНАД было характерно для 21 % юношей, и у 9 % была выявлена артериальная гипертензия I степени.

Частота встречаемости лиц с ВНАД и артериальной гипертензией I степени была нами расценена как степень напряжения в деятельности сердечно-сосудистой системы и составила в группе лиц нулевого поколения 47 %, у представителей первого поколения — 44 %, у обследованных второго поколения данная величина была равна 40 %, а для юношей с наибольшим сроком проживания в условиях Севера (третье поколение) степень напряжения артериального давления была отмечена у 30 % лиц.

Оценка напряжения в структуре капиллярного русла была проведена путем соотнесения полученных результатов со следующими нормативными величинами: диаметр артериального отдела — 7–17 мкм, в среднем  $(11,91 \pm 1,87)$  мкм, диаметр венозного отдела — 11–20,6 мкм,  $(15,00 \pm 2,42)$  мкм, длина капилляра — 92–295 мкм,  $(240,01 \pm 38,30)$  мкм [13], а также на основе коэффициента деформации капилляров.

Результаты проведенного исследования указывают на то, что у юношей — представителей нулевого поколения диаметр артериального отдела составил  $(8,8 \pm 0,1)$  мкм, что ниже на 26 % нормативного диапазона, представленного выше. Диаметр венозного отдела составил  $(12,3 \pm 0,2)$  мкм, ниже нормы на 18 %, что наблюдалось на фоне увеличения длины капилляра  $(325,7 \pm 5,6)$  мкм на 35 % при коэффициенте деформации  $(29,0 \pm 0,1)$  усл. ед. Сумма данных отклонений от нормативного диапазона без учета знака (снижения или увеличения) составила 108 %, что расценено нами как степень напряжения в системе микроциркуляции у юношей с наименьшим сроком адаптации к северным условиям.

Для представителей первого поколения были характерны следующие средние показатели микрогемодиализации: диаметр артериального отдела —

$(8,4 \pm 0,1)$  мкм, что ниже на 29 % нормативного диапазона; диаметр венозного отдела —  $(12,1 \pm 0,2)$  мкм, ниже на 19 %; длина капилляра —  $(310,0 \pm 5,3)$  мкм, выше нормы на 29 %; коэффициент деформации был равен  $(31,0 \pm 0,9)$  усл. ед. Сумма отклонений морфофункциональных показателей сосудов для юношей первого поколения также составила 108 %.

В группе обследуемых второго поколения средние показатели диаметра артериального давления были равны  $(8,5 \pm 0,1)$  мкм, что на 28 % ниже нормативного показателя; диаметр венозного давления —  $(12,1 \pm 0,2)$  мкм, ниже на 19 % нормативного показателя, и длина капилляра имела величину  $(310,6 \pm 4,0)$  мкм, что на 29 % превышает нормативный показатель. Коэффициент деформации у представителей второго поколения был равен  $(32,1 \pm 0,8)$  усл. ед. Сумма степени напряжения в микроциркуляционном русле у юношей второго поколения в сумме составила 108 %.

Сумма напряжения в системе микрогемодиализации для молодых жителей с наибольшим сроком адаптации к северным условиям (представители третьего поколения) в сумме составила 113 %, что складывалось из снижения диаметра артериального отдела на 31 % при среднем значении показателя  $(8,2 \pm 0,1)$  мкм и венозного отдела на 20 %, среднее значение  $(12,0 \pm 0,2)$  мкм, с повышением длины капилляра на 27 %, среднее значение  $(304,8 \pm 4,9)$  мкм, при коэффициенте деформации  $(35,1 \pm 0,8)$  усл. ед.

Анализ полученных данных относительно изучения степени напряжения в деятельности дыхательной системы при разных сроках адаптации к северным условиям был проведен на основе отклонений характеристик внешнего дыхания и показателей газоанализа от нормативных показателей для исследуемой возрастной группы. Анализ данных характеристик показал, что для юношей — представителей нулевого поколения — превышение величины  $МОС_{25\%}$  относительно должных величин составило 13 %,  $МОС_{50\%}$  — 16 %, а  $МОС_{75\%}$  — 34 %, что в сумме составило 63 %. В группе лиц из числа первого поколения было выявлено превышение относительно нормативного диапазона  $МОС_{25\%}$  на 10 %,  $МОС_{50\%}$  на 16 %,  $МОС_{75\%}$  на 34 %, что равнялось 60 % степени напряжения функции внешнего дыхания. У юношей второго поколения степень напряжения относительно характеристик внешнего дыхания в сумме составила 47 %, что складывалось из повышения  $МОС_{25\%}$  на 5 %,  $МОС_{50\%}$  на 35 %, а  $МОС_{75\%}$  на 35 % относительно возрастной нормы. Для группы юношей с наиболее продолжительным сроком проживания на Севера было характерно превышение  $МОС_{25\%}$ ,  $МОС_{50\%}$ ,  $МОС_{75\%}$  на 2, 2 и 32 % соответственно, что в сумме составило 36 %. Наблюдаемое в группах представителей нулевого, первого, второго и третьего поколений превышение показателя  $REE/Ped\%$  на 31, 34, 25 и 14 % соответственно рассматривалось нами как напряжение уровня основного обмена относительно должных величин.

В группе молодых жителей с различным сроком адаптации к условиям Севера было отмечено превышение нормативного диапазона для нормогликемии (5,6 ммоль/л) у 30 % представителей нулевого поколения, 29 % — первого поколения, 27 % второго поколения и 25 % обследуемых третьего поколения, что интерпретировалось нами как напряжение биохимического профиля.

### Обсуждение результатов

Таким образом, проведенный анализ степени напряжения с учетом отклонений от нормативных показателей основных физиологических показателей позволил нам установить следующее: относительно характеристики артериального давления степень напряжения в группе лиц нулевого поколения составила 47 %, представителей первого поколения — 44 %, юношей второго поколения — 40 % и молодых людей третьего поколения — 30 %.

Необходимо отметить, что степень напряжения в системе микроциркуляции не имела отличий у юношей, представляющих нулевое, первое и второе поколения, и в среднем составила 108 %, тогда как у лиц с наибольшим сроком адаптации к условиям Севера отклонение в показателях микрогемодикуляции от нормативных величин было равно 113 %.

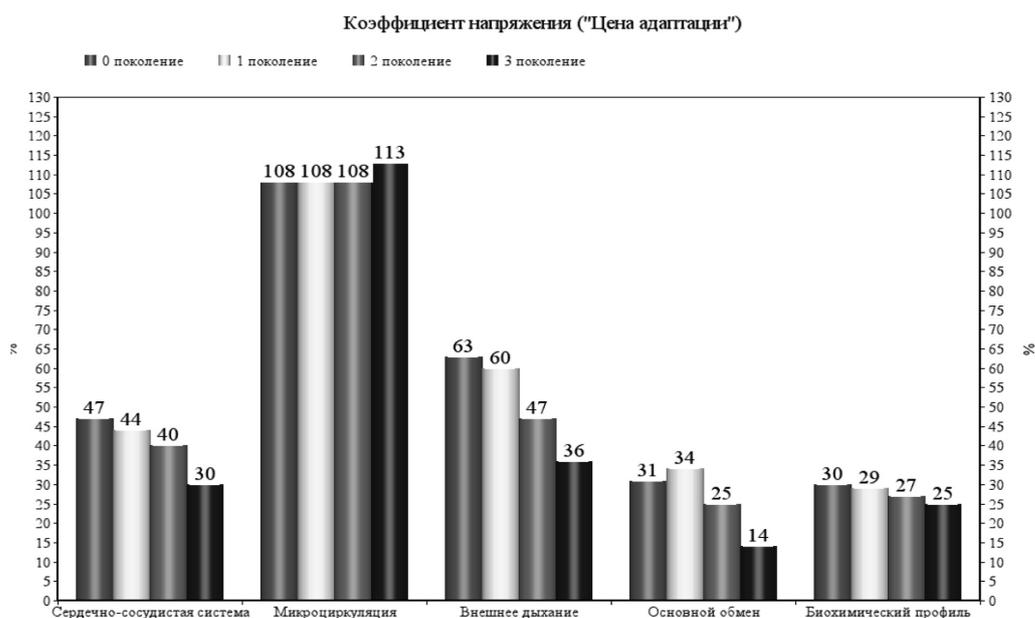
Относительно показателей функции внешнего дыхания у лиц нулевого поколения степень напряжения достигла 63 %, первого поколения — 60 %, второго поколения — 47 % и третьего поколения — 36 %.

Превышение показателей основного обмена относительно должной величины (REE/Ped%) составило 31, 34, 25 и 14 % у обследуемых нулевого, первого, второго и третьего поколений соответственно. При этом у 30 % представителей нулевого поколения,

29 % — из числа первого поколения, 27 % юношей второго поколения и у 25 % обследуемых третьего поколения было отмечено напряжение биохимического профиля на основе выявленной гипергликемии.

Расчет суммы коэффициентов напряжения функционального состояния по основным физиологическим системам при различных сроках адаптации представлен на рисунке. Из приведенных данных видно, что в ряду нулевое — третье поколение отмечается снижение напряжения в деятельности практически всех изученных систем за исключением показателей микроциркуляции. Полученные результаты согласуются с данными наших ранних работ, где при изучении показателей сердечно-сосудистой системы в зависимости от сроков адаптации к условиям Севера было обнаружено, что у представителей третьего поколения наблюдаются наиболее оптимальные показатели в работе системы, проявляющиеся значимо более низкими значениями артериального давления (как САД, так и ДАД), а также частоты сердечных сокращений, что свидетельствует о более экономной работе сердечно-сосудистой системы в неблагоприятных климатических условиях Северо-Востока России и определяет направленность адаптационных перестроек, связанную с минимизацией энергетических затрат функциональных систем организма при действии холодового фактора [2].

Выводы также подтверждаются и данными, полученными при анализе морфологических перестроек капилляроскопического паттерна в зависимости от срока адаптации к условиям Севера, результаты которого свидетельствуют, что с увеличением срока адаптации к условиям Севера происходит уменьшение диаметра артериального и венозного отдела капилляров с одновременным уменьшением средней длины капил-



Степень напряжения функционального состояния организма в зависимости от срока адаптации к условиям Севера (0-е, 1-е, 2-е, 3-е поколение)

ляра [9]. Это также совпадает с полученными ранее результатами исследований, в которых указывается на оптимизацию системы дыхания за счет минимизации характеристик внешнего дыхания и снижения показателей основного обмена при продолжительных сроках адаптации к северным условиям [1].

Полученные в ходе исследования данные достаточно наглядно демонстрируют тот факт, что разработанный подход, направленный на оценку степени напряжения в функционировании основных физиологических систем, совпадает с ранее полученными результатами исследований, где указывается на то, что в современных условиях Северо-Востока России происходит процесс формирования новой популяции, обозначенной нами как укорененные лица (с наибольшим сроком адаптации к условиям Севера), характеризующиеся наиболее оптимальными показателями физиологических систем и снижением коэффициентов напряжения в их деятельности.

#### Авторство

Аверьянова И. В. разработала концепцию статьи, утвердила дизайн исследования, подготовила её первоначальный вариант, внесла решающий вклад в анализ полученных данных; Вдовенко С. И. внес вклад в подготовку и проведение исследований, доработку рукописи статьи.

Аверьянова Инесса Владиславовна – ORCID 0000-0002-4511-6782, SPIN 9402-0363

Вдовенко Сергей Игоревич – ORCID 0000-0003-4761-5144, SPIN 5475-4644

#### Список литературы / References

1. Аверьянова И. В., Вдовенко С. И. Динамика показателей системы метаболизма у жителей Магаданской области в зависимости от сроков проживания в условиях Северо-Востока России // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 2019. № 6. С. 407–414.
2. Аверьянова И. В., Вдовенко С. И. Показатели сердечно-сосудистой системы у европеоидных жителей Магаданской области в зависимости от сроков проживания в условиях Северо-Востока России // Якутский медицинский журнал. 2018. № 4. С. 89–91. DOI 10.25789/УМЖ.2018.64.27
3. Агаджанян Н. А., Ермакова Н. В. Экологический портрет человека на Севере. М.: КРУК, 1997. 208 с.
4. Агаджанян Н. А., Ермакова Н. В. *Экологический портрет человека на Севере* [Environmental portrait of a man in the North]. Moscow, 1997, 208 p.
5. Богданов А. Н. Особенности адаптации, психологического и функционального состояния организма человека в условиях севера // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2014. № 4. С. 63–69.
6. Богданов А. Н. Особенности адаптации, психологического и функционального состояния человека в условиях севера. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [RUDN Journal of Ecology and Life Safety]. 2014, 4, pp. 63-69. 2014. [In Russian]
7. Богданов А. Н. Онтогенетические аспекты формирования сердечно-сосудистой патологии в Среднем Приобье. Проблемы качества образовательной системы СурГПИ // Сборник докладов VIII отчетной научной конференции. Сургут: РИО СурГПИ, 2004. С. 28–29.
8. Bogdanov A. N. Ontogenetic aspects of cardiovascular pathology development in Middle Ob Region. The educational system quality problems. In: *Collection of reports of the VIII reporting scientific conference*. Surgut, 2004, pp. 28-29. [In Russian]
9. Бузинов Р. В., Кики П. Ф., Унгурияну Т. Н., Ярыгина М. В., Гудков А. Б. От Поморья до Приморья: социально-гигиенические и экологические проблемы здоровья населения: монография. Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2016. 397 с.
10. Buzinov R. V., Kiku P. F., Unguryanu T. N., Yarygina M. V., Gudkov A. B. *From Pomorie to Primorye: socio-hygienic and environmental problems of public health*. Arkhangelsk, Publishing house of the Northern State Medical University, 2016, 397 p. [In Russian]
11. Казначеев В. П., Казначеев С. В. Адаптация и конституция человека. Новосибирск: Наука, 1986. 120 с.
12. Kaznacheev V. P., Kaznacheev S. V. *Human adaptation and physique*. Novosibirsk, Nauka Publ., 2004, 120 p. [In Russian]
13. Луговая Е. А., Аверьянова И. В. Оценка коэффициента напряжения адаптационных перестроек организма при хроническом воздействии Севера // Анализ риска здоровью. 2020. № 2. С. 84–82.
14. Lugovaya E. A., Averyanova I. V. Assessing tension coefficient of body adaptation reserves under chronic exposure to factors existing in polar regions. *Analiz riska zdorov'yu* [Health Risk Analysis]. 2020, 2, pp. 84-82. [In Russian]
15. Максимов А. Л., Харин А. В. Структура капилляров и микроциркуляции у аборигенов и укорененных европеоидов – постоянных жителей Крайнего Северо-Востока России // Экология человека. 2016. № 11. С. 23–28.
16. Maksimov A. L., Kharin A. V. Capillary and microcirculation structure observed in aborigines and north-born caucasoids residents of Russia's extreme North-East. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2016, 11, pp. 23-28. [In Russian]
17. Нифонтова О. Л., Гудков А. Б., Щербаклова А. Э. Характеристика параметров ритма сердца у детей коренного населения Ханты-Мансийского автономного округа // Экология человека. 2007. № 11. С. 41–44.
18. Nifontova O. L., Gudkov A. B., Shcherbakova A. E. Description of parameters of cardiac rhythm in indigenous children in Khanty-Mansiysky autonomous area. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2007, 11, pp. 41-44. [In Russian]
19. Нифонтова О. Л., Литовченко О. Л., Гудков А. Б. Показатели центральной и периферической гемодинамики детей коренной народности Севера // Экология человека. 2010. № 1. С. 28–32.
20. Nifontova O. L., Litovchenko O. L., Gudkov A. B. Indices of central and peripheral hemodynamics in indigenous children

of the North. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2010, 1, pp. 28-32. [In Russian]

12. Anton S. C., Leonard W. R., Robertson M. L. An ecomorphological model of the initial hominid dispersal from Africa. *Journal of Human Evolution*. 2002, 43, pp. 773-785. <https://doi.org/10.1006/jhev.2002.0602>

13. Etehad Tavakol M., Fatemi A., Karbalaie A., Emrani Z., Erlandsson B. E. Nailfold capillaroscopy in rheumatic diseases: Which parameters should be evaluated? *Biomed Res. Int.* 2015, 2015, pp. 1-17. <https://doi.org/10.1155/2015/974530>

14. Jungmann H. Response to Meteorological Stress as a Function of Age. *Experientia*. 1987, 43 (1), pp. 54-57. <https://doi.org/10.1007/bf01940353>

15. Lachance J., Tishkoff S. A. Population genomics of human adaptation. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 2013, 44, pp. 123-143. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110512-135833>

16. Lambova S., Müller-Ladner U. Nailfold capillaroscopy of the toes in healthy subjects. *Annals of the rheumatic diseases*. 2015, 74 (2), pp. 1262-1264. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2015-eular.5709>

17. Leonard W. R. Physiological Adaptations to Environmental Stressors. Basics in Human Evolution. Chapter 18. Academic Press. 2015, pp. 251-272 <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802652-6.00018-9>

18. Leonard W. R. Centennial perspective on human adaptability. *American Journal of Physical Anthropology*. 2018, 165 (4), pp. 813-833.

19. Makinen T. M. Human cold exposure, adaptation and performance in high latitude environments. *Am. J. Hum. Biol.* 2007, 19 (2), pp. 155-164. <https://doi.org/10.1002/ajhb.20627>

20. Mishra D. K., Kumar A., Srivastava D. S. L., Mittal R. D. Allelic variation of GSTT1, GSTM1 and GSTP1 genes in North Indian population. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. 2004, 5, pp. 362-365. <https://doi.org/10.1016/j.gmbhs.2012.10.001>

21. Williams B., Mancia G. Ten Commandments of the 2018 ESC/ESH HTN Guidelines on Hypertension in Adults. *Eur. Heart J.* 2018, 39 (33), pp. 3007-3008. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy439>

**Контактная информация:**

Аверьянова Инесса Владиславовна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии экстремальных состояний ФГБУН «Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук»

Адрес: 685000, г. Магадан, пр. Карла Маркса д. 24  
E-mail: Inessa1382@mail.ru.