

АДАПТАЦИЯ РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО РЕГИОНА К НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ ФАКТОРАМ

Ольга Геннадьевна Литовченко^{1✉}, Наталья Сергеевна Литвинова²

¹Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

²Тюменский государственный медицинский университет Минздрава России, Тюмень, Россия

¹olgalitovchenko@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-8368-2590>

²nlitvinova512@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0614-5433>

Аннотация. Представлен обзор научных публикаций об адаптации респираторной системы человека к низкотемпературным условиям северных регионов России. Показано, что холод, как пульмонотропный фактор, оказывает существенное влияние на систему внешнего дыхания человека, обуславливая перестройки в респираторной системе, направленные на снижение травмирующего действия низкой температуры в течение длительного воздействия. Результаты исследований свидетельствуют, что при адаптации респираторной системы человека в условиях Севера наблюдается уменьшение максимальной вентиляции легких и форсированной жизненной емкости легких с одновременным увеличением остаточного объема и функциональной остаточной емкости легких.

Ключевые слова: респираторная система, холод, адаптация, северная территория, внешнее дыхание

Шифр специальности: 3.3.3. Патологическая физиология.

Для цитирования: Литовченко О. Г., Литвинова Н. С. Адаптация респираторной системы человека в условиях северного региона к низкотемпературным факторам // Вестник СурГУ. Медицина. 2024. Т. 17, № 2. С. 68–72. DOI 10.35266/2949-3447-2024-2-9.

Review article

HUMAN RESPIRATORY SYSTEM'S ADAPTATION TO LOW TEMPERATURE FACTORS IN THE NORTHERN REGION

Olga G. Litovchenko^{1✉}, Natalya S. Litvinova²

¹Surgut State University, Surgut, Russia

²Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

¹olgalitovchenko@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-8368-2590>

²nlitvinova512@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0614-5433>

Abstract. The article reviews scientific publications on the human respiratory system's adaptation to low temperature factors in the northern regions of Russia. It is shown that cold, as a pulmonotropic factor, has a significant impact on the human respiratory system, leading to modifications in the respiratory system intended to reduce the trauma caused by prolonged exposure to low temperatures. The present findings show that there is a decrease in maximum voluntary ventilation and forced vital capacity of the lungs with a concomitant increase in residual volume and functional residual capacity of the lungs throughout the process of human respiratory system adapting to the North environment.

Keywords: respiratory system, cold, adaptation, northern territory, external respiration

Code: 3.3.3. Pathophysiology.

For citation: Litovchenko O. G., Litvinova N. S. Human respiratory system's adaptation to low temperature factors in the northern region. *Vestnik SurGU. Meditsina*. 2024;17(2):68–72. DOI 10.35266/2949-3447-2024-2-9.

ВВЕДЕНИЕ

Большая часть территории Российской Федерации располагается в северных регионах, отличающихся холодным климатом [1]. Природно-климатические

факторы Севера оказывают прямое непосредственное влияние на систему внешнего дыхания и являются пульмонотропными [1–3]. Связано это с тем,

что система внешнего дыхания не может быть защищена от внешних условий надежным искусственным барьером [4, 5]. Изучение проблемы функционального состояния и адаптации кислородно-транспортной системы при воздействии низкотемпературных факторов в условиях северных регионов представляется актуальной [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен анализ научной литературы российских и зарубежных авторов в базах данных eLIBRARY.RU, КиберЛенинка, Российская государственная библиотека, PubMed с глубиной поиска преимущественно 10 лет и фундаментальных исследований о состоянии респираторной системы человека в условиях воздействия низкотемпературных факторов северных регионов по ключевым словам: север, внешнее дыхание, респираторная система, низкотемпературные факторы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Адаптация представляет собой процесс целенаправленного приспособления живого организма при изменении внешних и внутренних условий природной и социальной среды. Среди всего разнообразия адаптивных явлений выделяется адаптация к низкотемпературным факторам. Экологические условия в северных регионах Российской Федерации имеют выраженную специфику, что ведет к активированию приспособительных механизмов в человеческом организме. При становлении функционального состояния организма огромную роль играет направленность компенсаторно-приспособительных реакций внешнего дыхания к различного рода климатогеографическим и сезонным условиям [6].

Важность изучения физиологических особенностей респираторной системы при воздействии на нее экстремальных факторов объясняется как высокой значимостью освоения северных регионов Российской Федерации для ее безопасности, так и значительным отрицательным воздействием подобных климатических условий на здоровье человека. Исходя из этого, изучение вопросов влияния низкотемпературных факторов на респираторную систему представляется значимым и актуальным.

Ряд отечественных и зарубежных авторов сходятся во мнении, что основополагающим фактором, оказывающим влияние на респираторную систему в условиях северного климата и формирующим вектор ее адаптационных перестроек, служит низкотемпературный воздух [7–10]. При этом фактор охлаждения на территориях Крайнего Севера и местностях, приравненных к ним, воздействует непрерывно и отражается в недостатке солнечного тепла и влаги, в низкой температуре и частых сильных ветрах [11].

Результаты, полученные Г. С. Шишкиным и соавт. [12] показали, что на действие низкой температуры воздуха система внешнего дыхания реагирует защитными реакциями, которые призваны снизить ее травмирующее воздействие путем нарастания бронхиального сопротивления на вдохе и объемных показателей функционального мертвого пространства при одновременном снижении вентиляции легких.

Общеизвестно, что афферентные сигналы от кожных рецепторов носогубного треугольника при достижении дыхательного центра способны приостанавливать дыхательную активность. В случае меньшей температурной амплитуды включается срочная реакция ограничения дыхательного объема, которая достигает максимума через 10–30 минут в процессе адаптации к низким температурам в климатических условиях северных регионов нашей страны. Такая срочная реакция у адаптированных людей через 10 минут исчезает, в то время как у неадаптированных лиц сохраняется, приводя к гипоксии и так называемой «полярной одышке», или циркумпольному гипоксическому синдрому [13, 14]. Полярная одышка представляет собой один из специфических последствий неблагоприятного влияния климатических условий Севера (разреженность воздуха, холодовой фактор, формирующий повышенный кислородный запрос тканей). При дыхании холодным воздухом в течение 30 минут добавляется вторая срочная реакция, которая приводит к выключению из вентиляции и газообмена наиболее охлаждаемой части респираторной ткани. На длительное действие низкой температуры воздуха система внешнего дыхания отвечает замедленной защитной реакцией, выраженной в раскрытии резервных ацинусов. Ослабляя повреждающее действие экологического фактора, защитная реакция одновременно ограничивает газообмен, что приводит к компенсаторной гипервентиляции и напряжению аппарата внешнего дыхания [2, 12, 13].

Холод, воздействуя на организм, инициирует формирование адаптивных реакций компенсаторного типа легочной ткани, которые ориентированы на оптимизацию температуры тела человека. Сужение просвета в бронхах и бронхиолах блокирует быстрый доступ холодного воздуха в дыхательные пути и сокращает площадь контакта с эпителием. В результате развивается «калориферный» эффект, и в перибронхиальных сосудах воздух согревается. Помимо этого, сильное отделение слизи препятствует охлаждению эпителия с помощью эвапорации [15].

Вдыхание холодного воздуха с низкой влажностью вызывает конфигурации органов дыхания: продление фазы вдоха с целью вспомогательного согревания с одновременным увлажнением вдыхаемого воздуха, увеличение размерных характеристик альвеолярной поверхности легких и объемных показателей легочных капилляров [16].

Рядом отечественных ученых были проведены исследования по изучению реакции системы внешнего дыхания на длительное действие холодного воздуха [17–19].

По данным исследований И. В. Аверьяновой и соавт. [17], посвященных изучению параметров внешнего дыхания, было отмечено, что компенсаторно-приспособительные перестройки деятельности функциональных систем организма молодых мужчин, проживающих в разных климатогеографических зонах (приморской, континентальной, резко-континентальной), формируются различно. При сравнительном анализе жителей пос. Стекольный и г. Магадана авторами у сельских испытуемых выявлены меньшие величины жизненной и форсированной емкости легких и объема форсированного выдоха за 1 с. У юно-

шей из г. Сусумана наблюдалось уменьшение значений максимального объема легких относительно магаданских обследуемых. Авторы считают, что снижение воздухоносности связано с возрастанием экстремальности абиотических факторов и является защитным механизмом от отрицательного воздействия низких температур континентальной и «переходной» зон проживания. Одновременно с этим в проходимости крупных и средних бронхов какие-либо адаптационные перестройки не выявлены. Существенно высокие величины авторы наблюдали у жителей Сусумана относительно испытуемых Магадана в отношении мгновенной объемной скорости после выдоха 75 % и средней объемной скорости в интервале 25–75 % функциональной жизненной емкости легких, которые выступают в качестве индикаторных параметров состояния дистальных бронхиол и повышения сопротивляемости легочного дерева, что обусловлено высокой кислородной потребностью организма проживающих в Сусумане испытуемых, а также снижением объемных величин легочной вентиляции компенсаторного характера.

Таким образом, для лиц мужского пола в возрасте от 18 до 22 лет, живущих в г. Сусуман, где наблюдаются максимально экстремальные климатические условия, в энергетическом плане в наибольшей степени характерно продуктивное взаимодействие всех функциональных систем организма. Это является фундаментом стабилизации гомеостатичности внутренней среды в процессе адаптации к абиотическим факторам внешней окружающей среды [17].

Позже, в 2021 г., эти же авторы, исследовав 1 310 юношей в возрасте от 17 до 21 года из числа постоянных жителей г. Магадана и Магаданской области, подразделив их на группы в зависимости от срока проживания в северном регионе, установили, что относительно показателей функции внешнего дыхания у лиц нулевого поколения (срок проживания до 10 лет) степень напряжения достигла 63 %, у людей первого поколения, родители которых являлись европеоидами-мигрантами – 60 %, второго поколения – 47 % и третьего поколения – 36 % [18].

В работе Н. В. Ефимовой и соавт. [19], посвященной изучению адаптивных реакций дыхательной системы у студенческой молодежи, обучающейся в медицинском вузе г. Архангельска, показано, что коренные жители северных широт в сезонной динамике имеют увеличение показателей легочных объемов в зимние месяцы. Авторы связывают это с необходимостью обеспечивать возросшие метаболические потребности организма, что можно считать адаптивной реакцией респираторной системы, которая ведет к более продуктивному кондиционированию воздуха. Сравнение динамических легочных объемов в разные сезоны года выявило пиковую напряженность функционирования системы внешнего дыхания зимой. При этом у обследованных женщин эта напряженность была более выражена по сравнению с таковой у мужчин. Динамические характеристики функции внешнего дыхания у жителей Европейского Севера имеют годовой дрейф. Максимальные ресурсы респираторной системы немного ниже в зимний период года по сравнению с другими сезонами [19, 20].

Значительный интерес к проблеме адаптации военнослужащих нашей страны к условиям северных широт исходит из специфики и важности профессиональной деятельности людей по сохранению безопасности Российской Федерации и обеспечению ее государственных задач [21]. Исследователями показано, что у военнослужащих различного срока службы в арктическом климатическом поясе долговременные защитно-приспособительные реакции инертны к полярной гипоксии и холоду, при этом наблюдается обструктивный тип вентиляционных нарушений.

Ассоциация защитной реакции и пролонгированного воздействия холодного воздуха на респираторную систему изучалась Г. С. Шишкиным и Н. В. Устюжаниновой у юношей призывного возраста в Магаданской области, Чукотском автономном округе и Западной Сибири. Авторы констатировали, что при 0 °С большинство участников исследования из Магаданской области имели меньшие величины остаточного объема легких и функциональной остаточной емкости легких относительно усредненных величин для людей, проживающих в нормальных, не экстремальных экологических условиях. В случае снижения температурного режима окружающей среды до -10 °С количество испытуемых лиц, обладающих повышенными остаточным объемом легких и функциональной остаточной емкостью легких, повысилось незначительно. Однако, когда температура находилась в диапазоне от -10 до -24 °С, численность такой группы выросла значительно – до 48,9 % [12]. При этом авторы указали, что защитная адаптационная реакция системы внешнего дыхания совершается путем расширения просвета терминальных бронхиол резервных ацинусов наряду с их присоединением к процессу вентиляции, что ведет к нарастанию вентилируемого объема легких с одновременным снижением отношения вентиляционного объема легких к вентилируемому. Данные адаптационные изменения способствуют нейтрализации отрицательного воздействия низкой температуры вдыхаемого воздуха и поддержанию температурного гомеостаза в дыхательных отделах легких и проявляются как тренирующее воздействие на организм [12].

Исследованиями других ученых было показано, что у военнослужащих при несении службы в высоких широтах при совокупном влиянии холодного воздуха и низкой влажности на верхние дыхательные пути и бронхиальное дерево происходят адаптивные перестройки в системе внешнего дыхания, которые выражаются в адстрикции максимальной вентиляции легких и форсированной жизненной емкости легких. Это приводит к ухудшению проходимости воздухоносных путей, что способствует формированию напряженности процесса дыхания и появлению «полярной одышки», которая у человека наблюдается во время энергичной физической работы на открытом воздухе. Показатели потребления энергии при физических нагрузках на начальном этапе жизни на Севере значительно выше относительно таковой в условиях с более мягким климатом. Спустя несколько месяцев наблюдается модификация и синхронизация ряда функций организма. Выполнение физической работы сопровождается уже незначительной

одышкой, а позднее может полностью нивелироваться [22]. По мнению авторов, таким образом формируется адаптация организма человека к климатическим условиям северных регионов страны.

С учетом изложенного, по мнению А. В. Загорского [23], дополнительная нагрузка на организм, оказываемая климатическими факторами, требует обязательного проведения мероприятий с целью профилактики функциональных нарушений организма [12]. Стоит также указать, что адаптационные сдвиги компенсаторной направленности в системе внешнего дыхания у лиц, уроженцев различных климатических зон, происходят различными путями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одна из фундаментальных функций организма человека принадлежит дыханию, которое наряду с двигательной и умственной деятельностью, а также кровообращением и пищеварением обеспечивает нормальную жизнедеятельность организма. В сложном устройстве адаптации человека выделяются приспособительные изменения системы дыхания к низким температурам. У людей, которые уже адаптировались к северным условиям, в каче-

стве ответной реакции на холодный воздух возможно ограничение дыхательного объема, исчезающее через несколько минут, у неадаптированных может приводить к «полярной одышке». Респираторная система человека предельно чувствительна к условиям низкотемпературных факторов северных регионов нашей страны и в процессе адаптации преобразовывается путем снижения показателей максимальной вентиляции и форсированной жизненной емкости легких наряду с ростом остаточного объема и функциональной остаточной емкости легких. Последние призваны снизить воздействие холода через возрастание бронхиального сопротивления на вдохе и уменьшение показателей вентиляции с одновременным увеличением площади функционального мертвого пространства. Изучение адаптации системы внешнего дыхания человека к низкотемпературным факторам остается в актуальной научной повестке.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гудков А. Б., Попова О. Н., Ефимова Н. В. и др. Сезонная функциональная организация деятельности системы внешнего дыхания у молодых лиц в Арктической зоне Российской Федерации // Журнал медико-биологических исследований. 2023. Т. 11, № 3. С. 367–372. DOI 10.37482/2687-1491-Z157.
2. Колпаков В. В., Томилова Е. А., Беспалова Т. В. и др. Типологическая вариабельность компенсаторно-приспособительных реакций организма при челночных перемещениях в условия Арктики // Экология человека. 2021. № 12. С. 30–40.
3. Гудков А. Б., Попова О. Н. Внешнее дыхание человека на Европейском Севере: моногр. Архангельск: Северный гос. мед. ун-т, 2012. 251 с.
4. Погонишева И. А., Погонишев Д. А. Особенности функционирования системы органов дыхания молодых людей с разным уровнем физической активности в условиях Севера // Научный медицинский вестник Югры. 2012. № 1–2. С. 217–220.
5. Хаснулин В. И. Введение в полярную медицину. Новосибирск: СО РАМН, 1998. 337 с.
6. Гудков А. Б., Ермолин С. П., Попова О. Н. Физиологические реакции внешнего дыхания у военнослужащих в условиях арктической зоны Российской Федерации // Вестник СурГУ. Медицина. 2017. № 1. С. 51–53.
7. Бартош О. П., Соколов А. Я. Региональные особенности внешнего дыхания в экологических условиях Северо-Востока России // Физиология человека. 2006. Т. 32, № 3. С. 70–78.
8. Величковский Б. Т. Молекулярные механизмы нарушения газообменной функции легких на Крайнем Севере // Пульмонология. 2005. № 4. С. 61–64. DOI 10.18093/0869-0189-2005-0-4-61-64.
9. Abraham P. International comparison of occupational injuries among commercial fishers of selected northern countries and regions // Barents. 2001. Vol. 4, no. 1. P. 24–28.
10. Andersen K. L. Physical working capacity of arctic people // Medicine and Public Health in the Arctic and Antarctic: Selected papers from a Conference. Geneva: WHO, 1963. P. 159–169.

REFERENCES

1. Gudkov A. B., Popova O. N., Efimova N. V. et al. Seasonal functional organization of the external respiration system in young people in the Arctic zone of the Russian Federation. *Journal of Medical and Biological Research*. 2023;11(3):367–372. DOI 10.37482/2687-1491-Z157. (In Russ.).
2. Kolpakov V. V., Tomilova E. A., Bespalova T. V. et al. Compensatory and adaptive body reactions on shuttle travel from and to the Arctic. *Human Ecology*. 2021;(12):30–40. (In Russ.).
3. Gudkov A. B., Popova O. N. Vneshnee dykhanie cheloveka na Yevropeiskom Severe. Monograph. Arkhangelsk: Northern State Medical University; 2012. 251 p. (In Russ.).
4. Pogonysheva I. A., Pogonyshv D. A. Features of functioning of system of bodies of breath of young men with the different level of physical activity in conditions of the North. *The Scientific and Practical Journal of Medicine*. 2012;(1–2):217–220. (In Russ.).
5. Khasnulin V. I. Vvedenie v poliarnui meditsinu. Novosibirsk: SB RAS; 1998. 337 p. (In Russ.).
6. Gudkov A. B., Yermolin S. P., Popova O. N. Physiological reactions of external respiration in military personnel deployed in the Russia's Arctic. *Vestnik SurGU. Meditsina*. 2017;(1):51–53. (In Russ.).
7. Bartosh O. P., Sokolov A. Ya. Regional characteristics of external respiration under the environmental conditions of northeastern Russia. *Human Physiology*. 2006;32(3):70–78. (In Russ.).
8. Velichkovsky B. T. Molecular mechanisms of gas exchange disorders in the lung at the Extreme North. *Pulmonologiya*. 2005;(4):61–64. DOI 10.18093/0869-0189-2005-0-4-61-64. (In Russ.).
9. Abraham P. International comparison of occupational injuries among commercial fishers of selected northern countries and regions. *Barents*. 2001;4(1):24–28.
10. Andersen K. L. Physical working capacity of arctic people. In: *Selected papers from a Conference "Medicine and Public Health in the Arctic and Antarctic"*. Geneva: WHO; 1963. p. 159–169.

11. Агаджанян Н. А., Саламатина Л. В., Леханова Е. Н. Уровень здоровья и адаптации у населения Крайнего Севера. М. : Вертикаль АНК; Надым, 2002. 159 с.
12. Шишкин Г. С., Устюжанинова Н. В. Дыхание в условиях низких температур // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2013. № 50. С. 9–15.
13. Аверьянова И. В., Луговая Е. А., Вдовенко С. И. и др. Возрастные особенности организма жителей Крайнего Севера на основе построения матриц функционального состояния // Экология человека. 2023. Т. 30, № 1. С. 41–53.
14. Лебедева-Несевря Н. А., Барг А. О., Чечкин В. М. Природно-климатические и антропогенные факторы риска для здоровья в субъективных оценках жителей городов Крайнего Севера // Здоровье населения и среда обитания – ЗНисО. 2020. № 7. С. 8–13. DOI 10.35627/2219-5238/2020-328-7-8-13.
15. Соседова М. Н., Корсиков Н. А., Долгатов А. Ю. и др. Особенности компенсаторно-приспособительной реорганизации дыхательной системы в условиях гипотермического воздействия различного уровня // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31984> (дата обращения: 09.04.2024).
16. Салтыкова М. М., Бобровницкий И. П., Балакаева А. В. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения арктического региона : обзор литературы // Экология человека. 2020. № 4. С. 48–55.
17. Аверьянова И. В., Вдовенко С. И. Функциональные особенности системы внешнего дыхания и газообмена юношей 17–21 года, постоянных жителей различных климатогеографических районов Магаданской области // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2018. № 3. С. 84–88.
18. 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.
19. Ефимова Н. В., Попова О. Н. Адаптивные реакции внешнего дыхания у здоровых студентов в годовом цикле на Европейском Севере // Экология человека. 2012. № 3. С. 23–27.
20. Варламова Н. Г., Паршукова О. И., Кудинова А. К. и др. Динамические характеристики функции внешнего дыхания у лыжников-гонщиков Республики Коми в годовом цикле // Журнал медико-биологических исследований. 2023. Т. 11, № 1. С. 5–13. DOI 10.37482/2687-1491-Z124.
21. Лемешенко А. В., Гурина О. И., Макаров А. Б. и др. Патогенетическая оценка нарушения функции внешнего дыхания и её взаимосвязь с полиморфизмом гена BDNF у военнослужащих в экстремальных условиях Арктической зоны // Российская Арктика. 2023. Т. 5, № 2. С. 65–74. DOI 10.24412/2658-4255-2023-2-65-74.
22. Савин М. Н., Иванов Б. А., Корчагин И. В. и др. Акклиматизация военнослужащих в районах Крайнего Севера и Арктики средствами физической подготовки // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. 2018. № 2. С. 207–212.
23. Загорский А. В. Безопасность в Арктике // Современная Европа. 2017. № 4. С. 40–49.
11. Agadzhanyan N. A., Salamatina L. V., Lekhanova E. N. Uroven zavorov i adaptatsii u naseleniia Krainego Severa. Moscow: Vertikal ANK; Nadym; 2002. 159 p. (In Russ.).
12. Shishkin G. S., Ustyuzhaninova N. V. Respiration at low temperatures conditions. *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration*. 2013;(50):9–15. (In Russ.).
13. Averyanova I. V., Lugovaya E. A., Vdovenko S. I. et al. Far North residents' age-related peculiarities based on construction of functional state matrices. *Human Ecology*. 2023;30(1):41–53. (In Russ.).
14. Lebedeva-Nesevria N. A., Barg A. O., Chechkin V. M. Perception of environmental, climatic and anthropogenic health risk factors by the urban population of the Russian Far North. *Public Health and Life Environment – PH&LE*. 2020;(7):8–13. DOI 10.35627/2219-5238/2020-328-7-8-13. (In Russ.).
15. Sosedova M. N., Korsikov N. A., Dolgатов A. Yu. et al. Peculiarities of compensatory – Adaptive reorganization of the respiratory system under conditions of hypothermic effects of different levels. *Modern Problems of Science and Education*. 2022;(4). URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31984> (accessed: 09.04.2024). (In Russ.).
16. Saltykova M. M., Bobrovnikskii I. P., Balakaeva A. V. Air pollution and population health in the Russian Arctic: A literature review. *Human Ecology*. 2020;(4):48–55. (In Russ.).
17. Averyanova I. V., Vdovenko S. I. Functional features of the system of external respiration and gas exchange of young men aged 17–21, permanent residents of various climatic and geographical zones of Magadan region. *Health. Medical Ecology. Science*. 2018;(3):84–88. (In Russ.).
18. Averyanova I. V., Vdovenko S. I. Human physiological conditions at different stages of adaptation to the High North. *Human Ecology*. 2021;(7):12–17. (In Russ.).
19. Efimova N. V., Popova O. N. Adaptive responses of external respiration in healthy students annual cycle in European North. *Human Ecology*. 2012;(3):23–27. (In Russ.).
20. Varlamova N. G., Parshukova O. I., Kudina A. K. et al. Dynamic characteristics of external respiration function in cross-country skiers in the annual cycle. *Journal of Medical and Biological Research*. 2023;11(1):5–13. DOI 10.37482/2687-1491-Z124. (In Russ.).
21. Lemeshchenko A. V., Gurina O. I., Makarov A. B. et al. Pathogenetic assessment of external respiratory function disturbance and is interrelation with BDNF gene polymorphism in military servicemen in extreme conditions of the Arctic zone. *Russian Arctic*. 2023;5(2):65–74. DOI 10.24412/2658-4255-2023-2-65-74. (In Russ.).
22. Savin M. N., Ivanov B. A., Korchagin I. V. et al. Acclimatization of military personnel in the regions of the Far North and the Arctic by means of physical training. *Uchenye zapiski universiteta imeni P. F. Lesgafta*. 2018;(2):207–212. (In Russ.).
23. Zagorsky A. V. Security in the Arctic. *Contemporary Europe*. 2017;(4):40–49. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**О. Г. Литовченко** – доктор биологических наук, доцент, профессор.**Н. С. Литвинова** – старший преподаватель.**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS****O. G. Litovchenko** – Doctor of Sciences (Biology), Docent, Professor.**N. S. Litvinova** – Senior Lecturer.