

УДК 612.13

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-3-230-238

РЕАКЦИИ СИСТЕМНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ НА ЛОКАЛЬНУЮ ХОЛОДОВУЮ СТИМУЛЯЦИЮ

Товмасын Л. А., Севрюкова Г. А.

*ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет», Волгоград, Россия
E-mail: laura7709@yandex.ru*

Статья посвящена исследованию системной гемодинамики на фоне локального холодового воздействия у индийских студентов ($n = 68$). Неблагоприятными критериями адаптации к холодовой стимуляции являются: снижение выносливости сердечно-сосудистой системы, нестабильная системная гемодинамика, неадекватная амплитуда колебания пульсового давления в период восстановления, гиперкинетический тип кровообращения. Благоприятными критериями адаптивной реакции организма иностранных студентов в ответ на локальную холодовую стимуляцию являются: уменьшение амплитуды отклонения исследуемых параметров и времени их восстановления. Это необходимо учитывать при оценке приспособительных реакций системы кровообращения у иностранных студентов в процессе адаптации к климато-географическим условиям среды их проживания и обучения.

Ключевые слова: локальное холодовое воздействие, системная гемодинамика, тип системного кровообращения, иностранные студенты, адаптация.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что низкая температура является одним из факторов окружающей среды, к которой человек, безусловно, адаптируется вне зависимости от деятельности, которую он выполняет в повседневной жизни. Степень проявления физиологических реакций организма на холодовую стимуляцию зависит от площади, локализации охлаждаемой поверхности тела, длительности и мощности воздействия холодового фактора [1–3].

Гомеостатические механизмы обуславливают постоянство температуры тела человека, адаптирующегося к температурным колебаниям окружающей среды. При этом важная роль отводится индивидуальной выносливости организма к холоду, напрямую зависящей от его резервных возможностей сердечно-сосудистой системы и системы дыхания, определяющих кислородтранспортный каскад, обеспечивающий энергией организм в меняющихся условиях окружающей среды, в том числе природно-климатических [4, 5].

Резко-континентальный климат Волгоградского региона характеризуется резким перепадом температуры окружающей среды, обуславливающим резкое похолодание в осенний период [6, 7]. Именно в этот период отмечается рост числа заболеваний у иностранных студентов, особенно, в первый год адаптации к

природно-климатическим условиям Волгоградского региона. Неоспорим факт того, что успешная адаптация иностранных студентов определяет сохранение биологических и выполнение социальных функций организма, однако социальная адаптация опирается на физиологические (биологические) механизмы приспособления. Значительная доля исследований посвящена психологической, социальной, психофизиологической адаптации иностранных студентов к условиям иноязычной среды [8, 9]. При этом до настоящего времени остаются актуальными вопросы физиологической адаптации организма иностранных студентов из стран экваториального и субэкваториального климатических поясов к климату разных регионов России. Цель исследования – оценка реакций системного кровообращения на локальную холодовую стимуляцию у иностранных студентов в процессе их адаптации к резко-континентальному климату Волгоградского региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С соблюдением принципа информированного согласия и неразглашения персональных данных в исследовании приняли участие индийские студенты медицинского вуза ($n = 68$ юношей; в возрасте 19–21 год). Алгоритм исследования одобрен локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО ВолгГМУ (протокол № 2022/154 от 03.11.2022). Исследование проводилось в осенний период в помещении с температурой комфорта (19–22 °С) в первой половине дня. Регистрировались фоновые показатели системной гемодинамики с использованием автоматического тонометра «Omron M2 Basic» (Omron Healthcare Co., Ltd. Kyoto, Japan), показатели системной гемодинамики на пике локальной холодовой стимуляции кисти левой руки путем погружения её в холодную воду (4 °С) на 4 мин [10] с последующей регистрацией изучаемых показателей на 1, 3 и 5 минутах восстановительного периода. Реакции системной гемодинамики оценивали по систолическому (САД, мм рт. ст.), диастолическому (ДАД, мм рт. ст.), пульсовому (ПД, мм рт. ст.), среднему гемодинамическому давлению (Сргд, мм рт. ст.), частоте сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), коэффициенту выносливости сердечно-сосудистой системы (КВсс, у.е.). На основе антропометрических данных (масса тела, кг; длина тела, см) и показателей артериального давления рассчитывали ударный объем крови по формуле Старра (УО, мл), минутный объем кровообращения (МОК, л/мин); площадь тела (S , см²) по формуле Дюбуа. Для определения типа кровообращения рассчитывался сердечный индекс (СИ, л/мин/м²) как отношение МОК / S (гипокинетический тип, СИ менее 2,7 л/мин/м²; эукинетический тип, СИ от 2,7 до 3,5 л/мин/м²; гиперкинетический тип, СИ более 3,5 л/мин/м²) [11].

Статистический анализ данных проводили с помощью программы IBM SPSS, v. 26.0. Учитывая, что исследуемые параметры не имели нормального распределения, а холодовая проба включала 5 этапов, то для сравнения K -связанных выборок использовали ранговый дисперсионный анализ Фридмана с поправкой Бонферрони с представлением медианы (Me), первого – третьего квартиля ($Q1$; $Q3$). В качестве статистически значимого уровня принимались значения $p \leq 0,05$. Коэффициент сдвига (KC , у.е.) на холодовую пробу (XII) вычислялся по формуле:

$КС_{ХП} = \ln (P_{ХП} / P_{Ф})$, где $P_{ХП}$ – показатель ХП, $P_{Ф}$ – фон [12]; в период восстановления – $КС_{В1,В3,В5} = \ln (P_{В1,В3,В5} / P_{ХП})$, где $P_{В1, В3, В5}$ – показатели восстановления на 1, 3, 5 минутах соответственно, $P_{ХП}$ – показатель ХП.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исходные данные распределения обследуемых на группы в зависимости от типа системного кровообращения выявляют преобладающую численность представителей среди индийских студентов с эукинетическим типом кровообращения – 44,9 %. Группу с гипокинетическим типом кровообращения составили 25,3 % обследуемых, группу с гиперкинетическим – 29,8 %.

Сравнительный анализ фоновых показателей системной гемодинамики у студентов из Индии в зависимости от типа кровообращения позволил установить значимые различия, в большей степени, проявляющиеся в группе с гипокинетическим типом (табл. 1). При этом широкий межквартильный диапазон показателей системной гемодинамики в группе с эукинетическим типом кровообращения позволяет сделать предположение о вариабельности срочных ответных реакций у обследуемых этой группы со стороны сердечно-сосудистой системы на локальную холодную стимуляцию.

Таблица 1
Показатели системной гемодинамики у индийских студентов в зависимости от типа кровообращения (Ме (Q₂₅ – Q₇₅); n = 68)

Показатели / тип кровообращения	Гипокинетический	Эукинетический	Гиперкинетический
АДС, мм рт.ст.	112,5 (108,0 - 117,0) pГпК-ЭуК = 0,001	139,0 (121,0 - 157,0)	126,5 (113,0 - 140,0) pГпрК-ЭуК = 0,02
АДД, мм рт.ст.	62,5 (61,0 - 64,0) pГпК-ЭуК = 0,001	82,0 (65,0 - 87,0)	76,0 (74,0 - 78,0) pГпрК-ГпК = 0,003
ПД, мм рт.ст.	50,0 (44,0 - 56,0) pГпК-ЭуК = 0,005	62,0 (56,0 - 85,0)	50,5 (39,0 - 62,0) pГпрК-ЭуК = 0,02
Сргд, мм рт.ст.	79,1 (78,6 - 79,6) pГпК-ЭуК = 0,001	107,6 (83,6 - 110,3)	92,8 (87,0 - 98,6) pГпрК-ГпК = 0,003
ЧСС, уд/мин	67,5 (64,0 - 71,0) pГпК-ЭуК = 0,012	81,0 (65,0 - 101,0)	90,5 (83,0 - 98,0) pГпрК-ГпК = 0,001
КВссс, у.е.	13,7 (11,4 - 16,1)	11,6 (9,5 - 16,2)	19,2 (13,3 - 25,1) pГпрК-ЭуК = 0,02 pГпрК-ГпК = 0,05

Примечание: pГпК-ЭуК – значимость различий между группами с гипокинетическим и эукинетическим типами кровообращения; pГпрК-ГпК – значимость различий между группами с гипокинетическим и гиперкинетическим типами кровообращения; pГпрК-ЭуК – значимость различий между группами с гиперкинетическим и эукинетическим типами кровообращения

Сравнительный анализ показателей, отражающих выносливость сердечно-сосудистой системы выявляет ослабление сердечной деятельности, а возможно и скрытую функциональную недостаточность сердечно-сосудистой системы у индийских студентов с гиперкинетическим типом системного кровообращения. Напротив, в группах с гипо- и эукинетическим типами кровообращения коэффициент выносливости сердечно-сосудистой системы находился в пределах нормативных значений.

Использование расчётных коэффициентов сдвига показателей системной гемодинамики относительно фоновых значений при локальной холодовой стимуляции и относительно значений на пике холодовой пробы в период восстановления позволило отследить динамику срочных приспособительных реакций (рис. 1, 2, 3). У индийских студентов на фоне локальной холодовой стимуляции зарегистрированы разнонаправленные срочные реакции системной гемодинамики в зависимости от типа кровообращения.

Одним из физиологических показателей, отражающих мобилизацию функциональных резервов организма, является ЧСС. На фоне холодовой пробы у всех обследуемых студентов отмечалось повышение ЧСС, наиболее выраженный прирост показателя выявлен у студентов с гипокинетическим типом кровообращения. При этом достижение фоновых значений ЧСС к 1 минуте восстановительного периода (ВП) отмечалось в группе с эукинетическим типом. У студентов с гипокинетическим типом наблюдалось однонаправленное снижение ЧСС от 1 к 5 минуте ВП. Реакции студентов с гиперкинетическим типом кровообращения характеризовались своей нестабильностью на локальную холодовую стимуляцию: к 1 минуте ВП ЧСС уменьшилась на 9,5 %, к 3 минуте ВП ЧСС увеличилась 5,7 % и к 5 минуте вновь уменьшилась, достигая фоновых значений.

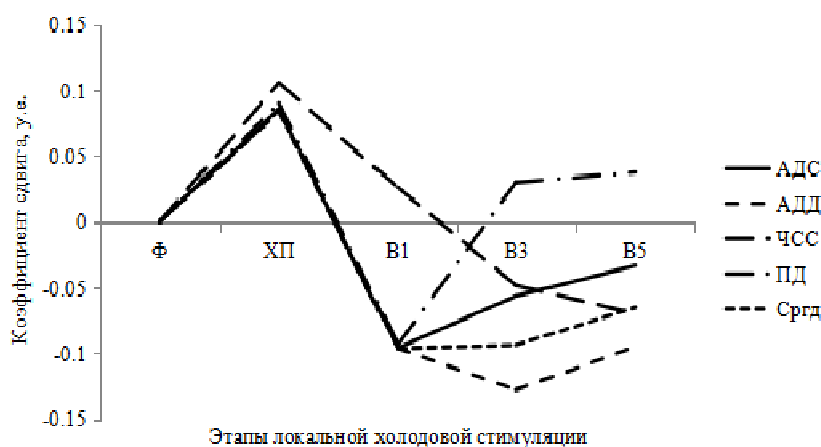


Рис. 1 Динамика показателей системной гемодинамики при локальной холодовой стимуляции у индийских студентов с гипокинетическим типом кровообращения (Ф – фон; ХП – локальное холодовое воздействие; В1, В3, В5 – периоды восстановления на 1, 3, 5 минут)

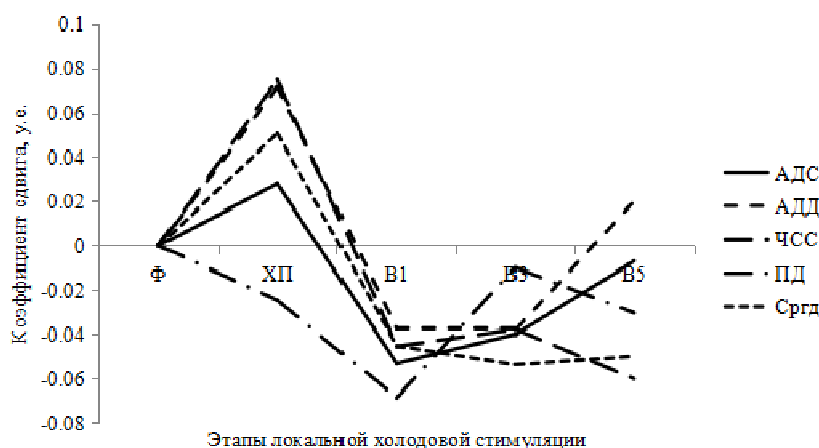


Рис. 2 Динамика показателей системной гемодинамики при локальной холодной стимуляции у индийских студентов с эукинетическим типом кровообращения (Ф – фон; ХП – локальное холодное воздействие; В1, В3, В5 – периоды восстановления на 1, 3, 5 минутах)

На фоне локальной холодной стимуляции у всех обследуемых студентов отмечалось повышение максимального и минимального артериальных давлений. При этом значимый подъём артериального давления зарегистрирован у студентов с гипокинетическим типом кровообращения, тогда как срочная приспособительная реакция у студентов с гиперкинетическим типом характеризовалась значимым подъёмом диастолического давления, обуславливающим резкое снижение пульсового давления на пике холодной стимуляции и резким возвратным повышением в 1 минуту восстановительного периода. Очевидно, рассогласование эффекторных программ функциональной системы поддержания артериального давления, множественная энтропия приводят к формированию нестабильной реакции системной гемодинамики, обуславливая повышение энергетических затрат организма и функциональную стоимость адаптивных реакций. Субъективно студенты этой группы хуже переносили холодную пробу по сравнению со студентами с гипо- и эукинетическими типами кровообращения.

Наиболее благоприятная реакция системной гемодинамики отмечалась у студентов с эукинетическим типом кровообращения, которая характеризовалась включением механизмов, обеспечивающих однонаправленное и равнозначное снижение максимального и минимального артериальных давлений, тем самым сохраняя должные величины пульсового и среднего гемодинамического давлений за счет адекватного согласования компонентов функциональной системы, обеспечивающей оптимальный для метаболизма уровень артериального давления и организацию эфферентно-эффекторных механизмов, снижающих энергозатраты организма. В период восстановления у студентов с эукинетическим типом кровообращения показатели системной гемодинамики однонаправленно снижались. При этом вариабельность артериального давления сохранялась, что может

свидетельствовать о достижении конечного приспособительного результата различными эффекторными механизмами (изменением тонуса артериальных сосудов, ударного объема сердца, длительности сердечного цикла, величины венозного возврата).



Рис. 3 Динамика показателей системной гемодинамики при локальной холодовой стимуляции у индийских студентов с гиперкинетическим типом кровообращения (Ф – фон; ХП – локальное холодовое воздействие; В1, В3, В5 – периоды восстановления на 1, 3, 5 минут)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Адаптивная реакция организма не осуществляется без перестройки сердечного ритма, обуславливая учащение или урежение частоты сердечных сокращений, являющейся важнейшим показателем уровня функционирования целостного организма. Коэффициент выносливости сердечно-сосудистой системы, исходно высокое значение ЧСС, а также нестабильная системная гемодинамика на локальное холодовое воздействие у индийских студентов с гиперкинетическим типом кровообращения являются неблагоприятными признаками, свидетельствующими о недостаточных резервах сердечно-сосудистой системы и неудовлетворительной адаптации организма к условиям окружающей среды.

Уровень артериального давления в целом отражает возможности организма к гомеостатическому регулированию параметров системного кровообращения. Неоднозначность срочных приспособительных реакций у студентов с гипо- и гиперкинетическими типами кровообращения на локальную холодовую стимуляцию может быть объяснено особенностями функционального состояния жизнеобеспечивающих систем в момент формирования срочной ответной реакции. При этом выявленные неблагоприятные признаки ответных реакций у студентов с гиперкинетическим типом кровообращения: снижение выносливости сердечно-сосудистой системы, нестабильная системная гемодинамика и неадекватная амплитуда колебания пульсового давления в период восстановления после

локальной холодовой стимуляции, а также выраженный прирост ЧСС у студентов с гипокинетическим типом кровообращения могут быть использованы в качестве критериев неустойчивой адаптации.

Несмотря на холодовое воздействие отклонения исследуемых параметров системной гемодинамики у иностранных студентов с эукинетическим типом кровообращения оставались близкими по значению с исходными, а также у студентов этой группы отмечалось уменьшение времени их восстановления, что является благоприятными критериями срочной адаптации.

Полученные данные в дальнейшем могут быть использованы при построении дискриминантных функций, описывающих уровень устойчивости – неустойчивости к холодовому воздействию и определении степени напряжения функциональной системы поддержания должной величины артериального давления в соотношении с метаболическими потребностями организма иностранных студентов в процессе их адаптации к резко-континентальному климату Волгоградского региона.

Список литературы

1. Кумар, М. Д. Особенности кратковременной адаптации студентов из Индии к среднегорно-морскому климату Иссык-Кульской области / М. Д. Кумар, С. Али Аббас, Г. В. Белов // Медицина Кыргызстана. – 2017. – № 2. – С. 6–9.
2. Игнатова, Ю. П. Психофизиологические и некоторые функциональные маркеры умственной нагрузки у юношей / Ю. П. Игнатова, И. И. Макарова, А. В. Аксенова // Физиология человека. – 2018. – Т. 44, № 4. – С. 26–31. – DOI 10.1134/S0131164618040057.
3. Мозговые проявления краткосрочной адаптации у студентов из Индии, обучающихся в Северном государственном медицинском университете (г. Архангельск) / А. В. Грибанов, А. Б. Кирьянов, Н. Ю. Аникина, И. С. Кожевникова // Журнал медико-биологических исследований. – 2022. – Т. 10, № 4. – С. 412–416. – DOI 10.37482/2687-1491-Z128.
4. Responding to Climate and Environmental Change Impacts on Human Health via Integrated Surveillance in the Circumpolar North: A Systematic Realist Review / A. Sawatzky, A. Cunsolo, A. Jones-Bitton, J. Middleton, S. L. Harper // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2018. – Vol. 15, № 12. – Art. № 2706. – DOI: 10.3390/ijerph15122706.
5. Health and climate change: Policy responses to protect public health / N. Watts, T. Colbourn, I. Kelman [et al.] // The Lancet. – 2015. – Vol. 386, No. 10006. – P. 1861–1914. – DOI 10.1016/S0140-6736(15)60854-6.
6. Северин А. Е. Особенности питания иностранных студентов в условиях адаптации к резко континентальному климату России / А. Е. Северин, Л. С. Панченко // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. – 2014. – № 2(8). – С. 58–63.
7. Morphofunctional aspects of the adaptation of foreign students to the conditions of the sharply continental climate of the Volgograd region / G. A. Sevriukova, E. E. Nefed'eva, Y. N. Kartushina [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: conference proceedings, Krasnoyarsk, Russia, 13–14 ноября 2019 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 421. – Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 052005. – DOI 10.1088/1755-1315/421/5/052005.
8. Милашечкина Е. А. Психофизиологический аспект адаптации иностранных студентов с ослабленным здоровьем / Е. А. Милашечкина, И. Н. Гернет, В. С. Милашечкин // Психология. Психофизиология. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 95–101. – DOI 10.14529/jpps200111.
9. Socio-psychological adaptation capabilities of foreign students / G. Zh. Sakhipova, S. Zh. Kulkayeva, N. A. Abenova [et al.] // Science & Healthcare. – 2021. – Vol. 23, No. 2. – P. 140–147. – DOI 10.34689/SH.2021.23.2.015.
10. Максимов А. Л. Перестройки кардиогемодинамики, кардиоинтервалографии и микроциркуляции крови при локальной холодовой пробе у юношей уроженцев Севера / А. Л. Максимов,

- И. В. Аверьянова, А. В. Харин // Физиология человека. – 2017. – Т. 43, № 4. – С. 114–125. – DOI 10.7868/S0131164617030122.
11. Аверьянова И. В. Особенности сердечно-сосудистой системы и вариабельности кардиоритма у юношей Магаданской области с различными типами гемодинамики / И. В. Аверьянова, А. Л. Максимов // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2017. – № 40. – С. 132–149. – DOI 10.17223/19988591/40/8.
 12. Коновалова Г. М. Вуз, здоровье и проблемы адаптации: монография / Г. М. Коновалова, Г. А. Севрюкова. – Волгоград : ИУНЛ ВолгГТУ, 2011. – ISBN 978-5-9948-0722-4.

REACTIONS OF SYSTEMIC HEMODYNAMICS IN FOREIGN STUDENTS TO LOCAL COLD STIMULATION

Tovmasyan L. A., Sevriukova G. A.

*Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation
E-mail: laura7709@yandex.ru*

The article is devoted to the study of systemic hemodynamics in response to local cold stimulation in Indian students (n = 68).

Objective: to research of systemic circulation in response to local cold stimulation in foreign students in the process of their adaptation to the sharply continental climate of the Volgograd region.

Systemic hemodynamics was assessed at rest, in response to local cold stimulation and during the recovery period at 1, 3 and 5 minutes.

Blood pressure (systolic, diastolic), heart rate, pulse pressure, average hemodynamic pressure, and cardiovascular endurance coefficient were recorded. The type of systemic circulation was determined by the cardiac index (hypokinetic, eukinetic, hyperkinetic). As a result of differentiation by cardiac index, it was revealed that the eukinetic type of blood circulation was observed in a larger number of Indian students – 44,9 %; hypo- and hyperkinetic – 25,3 %, 29,8 %, respectively.

In response to the cold test, all examined students showed an increase in heart rate; the most pronounced increase in the indicator was found in students with a hypokinetic type of blood circulation. The reactions of students with a hyperkinetic type of blood circulation were characterized by their instability to local cold stimulation: by the 1st minute of the recovery period the heart rate decreased by 9,5 %, by the 3rd minute – the heart rate increased by 5,7 %, and by the 5th minute it decreased again. In students with the hyperkinetic type, there was a significant increase in diastolic pressure and a sharp decrease in pulse pressure at the peak of cold stimulation and then a sharp increase at 1 minute of the recovery period.

Unfavorable criteria for adaptation to cold stimulation include: decreased endurance of the cardiovascular system, unstable systemic hemodynamics and inadequate amplitude of pulse pressure fluctuations during the recovery period, and a hyperkinetic type of systemic circulation.

Favorable criteria for the adaptive reaction of the body of foreign students in response to local cold stimulation are: a decrease in the amplitude of deviation of the studied parameters and the time of their recovery. This must be used when assessing the adaptive reactions of the cardiovascular system in foreign students in the process of adaptation to the climatic and geographical conditions of their living and studying environment.

Keywords: local cold stimulation, systemic hemodynamics, type of systemic circulation, foreign students, adaptation.

References

1. Kumar M. D., Ali Abbas S. and Belov G. V. Features of short-term adaptation of students from India to the middle-sea climate of the Iskyk-Kul region, *Kyrgyzstan Medicine*, **2**, 6 (2017).
2. Ignatova Yu. P., Makarova I. I. and Aksenova A. V. Psychophysiological and some functional markers of mental workload in young men, *Human Physiology*, **44** (4), 26 (2018). – DOI 10.1134/S0131164618040057
3. Gribanov A. V., Kir'yanov A. B., Anikina N. YU. and Kozhevnikova I. S. Cerebral manifestations of short-term adaptation in students from India studying at northern state medical university (Arkhangelsk), *Journal of Medical and Biological Research*, **10**(4), 412 (2022). – DOI 10.37482/2687-1491-Z128.
4. Sawatzky A., Cunsolo A., Jones-Bittton A., Middleton J. and Harper S. L. Responding to Climate and Environmental Change Impacts on Human Health via Integrated Surveillance in the Circumpolar North: A Systematic Realist Review, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, **15**(12), Art. № 2706 (2018). – DOI: 10.3390/ijerph15122706.
5. Watts N., Abder W. N., Agnolucci P., Blackstock J., Byass P., Cai W., ...Costello A. Health and climate change: policy responses to protect public health, *The Lancet*, **386**(10006), 1861 (2015). – DOI 10.1016/S0140-6736(15)60854-6.
6. Severin A. E. and Panchenko L. S. The peculiarities of feeding foreign students in the conditions of adaptation to the sharp continental climate of Russia, *Science Journal of Volgograd State University. Natural Sciences series 11*, **2**(8), 58 (2014).
7. Sevriukova G. A., Nefed'eva E. E., Kartushina Y. N., Zheltobryukhov V.F. and Tovmasian L. A. Morphofunctional aspects of the adaptation of foreign students to the conditions of the sharply continental climate of the Volgograd region, *Abstracts of IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: conference proceedings* (Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020), p. 052005. – DOI 10.1088/1755-1315/421/5/052005.
8. Milashechkina E. A., Gernet I. N. and Milashechkin V. S. Psychophysiological aspects of adaptation in foreign students with weakened health, *Psychology. Psychophysiology*, **13**(1), 95 (2020). – DOI 10.14529/jpps200111.
9. Sakhipova G. Zh., Kulkayeva S. Zh. and Abenova N. A. Socio-psychological adaptation capabilities of foreign students, *Science & Healthcare*, **23**(2), 140 (2021). – DOI 10.34689/SH.2021.23.2.015
10. Maksimov A. L., Averyanova I. V. and Kharin A. V. Changes in cardiohemodynamic parameters, cardiointervalography, and microcirculation observed in local cold test in young men born in Northern regions, *Human Physiology*, **43**(4), 114 (2017). – DOI 10.7868/S0131164617030122.
11. Averyanova I. V. and Maksimov A. L. Cardiovascular profiles and heart rate variability observed in young male residents of Magadan region having different hemodynamic types, *Tomsk State University Journal of Biology*, **40**, 132 (2017). – DOI 10.17223/19988591/40/8.
12. Konovalova G. M. and Sevriukova G. A. *University, health and problems of adaptation* (Volgograd: IUNL VolgSTU, 2011).