

УДК 612.66
DOI: 10.56871/RBR.2023.19.40.006

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ПРИШЛОГО НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА И ПРИРАВНЕННЫХ К НИМ МЕСТНОСТЯХ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

© Ольга Геннадьевна Литовченко, Нармин Гаджибала кызы Гаджибекова

Сургутский государственный университет, 628412, г. Сургут, пр. Ленина, 1

Контактная информация: Нармин Гаджибала кызы Гаджибекова — врач функциональной диагностики. E-mail: narmina567@mail.ru
ORCID ID: 0000-0003-3772-569X

Для цитирования: Литовченко О.Г., Гаджибекова Н.Г. Функциональные особенности кардиореспираторной системы пришлого населения, проживающего в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях (обзор литературы) // Российские биомедицинские исследования. 2023. Т. 8. № 3. С. 36–49. DOI: <https://doi.org/10.56871/RBR.2023.19.40.006>

Поступила: 02.06.2023

Одобрена: 11.07.2023

Принята к печати: 21.09.2023

Резюме. Освоение нефтяных и газовых ресурсов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей России сопровождается строительством стратегически важных объектов и территориально-производственных комплексов, которые приводят к миграции большого количества людей из различных регионов России. Специфические климатогеографические и экологические условия Севера определяют уникальное протекание всех биологических процессов, влияя на все функциональные системы организма, в том числе и кардиореспираторную. Исследование функциональных возможностей и адаптационных механизмов к условиям окружающей среды остается актуальной задачей физиологии человека в связи с активным освоением природных ресурсов за счет производительных сил, приезжающих из других регионов. В статье представлен краткий обзор исследовательских работ, в которых отражены функциональные особенности кардиореспираторной системы пришлого населения, проживающего в различных регионах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях России. Представленные литературные данные свидетельствуют о наличии специфических адаптационных процессов кардиореспираторной системы у представителей пришлого населения в суровых климатогеографических условиях северных регионов, проявляющихся в гиперфункции внешнего дыхания, реакциях гемодинамики, особых компенсаторных изменениях систем дыхания и кровообращения. Освоение северных регионов повышает актуальность разработки и внедрения мероприятий по оценке выносливости систем дыхания и кровообращения у представителей пришлого населения, а также прогнозированию возможных рисков для их здоровья.

Ключевые слова: кардиореспираторная система; адаптация; прошлое население; северный регион.

FUNCTIONAL FEATURES OF THE CARDIORESPIRATORY SYSTEM OF THE ALIEN POPULATION LIVING IN THE REGIONS OF THE FAR NORTH AND AREAS EQUATED TO THEM (LITERATURE REVIEW)

© Olga G. Litovchenko, Narmin G. kizi Gadzhibekova

Surgut State University, Lenin ave., 1, Surgut, Russian Federation, 628412

Contact information: Narmin G. kizi Gadzhibekova — Doctor of functional diagnostics. E-mail: narmina567@mail.ru ORCID ID: 0000-0003-3772-569X

For citation: Litovchenko OG, Gadzhibekova N kizi G. Functional features of the cardiorespiratory system of the alien population living in the regions of the Far North and areas equated to them (literature review) // Russian biomedical research (St. Petersburg). 2023; 8(3): 36–49. DOI: <https://doi.org/10.56871/RBR.2023.19.40.006v>

Received: 02.06.2023

Revised: 11.07.2023

Accepted: 21.09.2023

Abstract. The development of oil and gas resources of the Far North and equivalent areas of Russia is accompanied by the construction of strategically important facilities and territorial production complexes, which lead to the migration of a large number of people from various regions of Russia. Specific climatogeographic and ecological conditions of the North determine the unique course of all biological processes, affecting all functional systems of the body, including cardiorespiratory. The study of functional capabilities and adaptation mechanisms to environmental conditions remains an urgent task of human physiology in connection with the active development of natural resources at the expense of productive forces coming from other regions. The article presents a brief overview of research papers that reflect the functional features of the cardiorespiratory system of the alien population living in various regions of the Far North and equivalent areas of Russia. The presented literature data indicate the presence of specific adaptation processes of the cardiorespiratory system in representatives of the alien population in the harsh climatic and geographical conditions of the northern regions, manifested in hyperfunction of external respiration, hemodynamic reactions, special compensatory changes in the respiratory and circulatory systems. The development of the northern regions increases the relevance of the development and implementation of measures to assess the endurance of the respiratory and circulatory systems of representatives of the alien population, as well as the prediction of possible risks to their health.

Key words: cardiorespiratory system; adaption; alien population; northern region.

ВВЕДЕНИЕ

Эволюционное формирование организма как биологического вида непосредственно связано с внешней средой обитания и обусловлено влиянием различных климатических, геофизических и геохимических условий. В процессе эволюции формировались соответствующие естественные ритмы в деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма [27]. В процессе адаптации к условиям среды организм формирует признаки и свойства, которые оказываются наиболее выгодными и благодаря которым организм приобретает способность к нормальному существованию в конкретной среде обитания [5].

Адаптация организма к новым природным и производственным условиям, необходимым для устойчивого существования организма в конкретной экологической среде обитания, происходит на клеточном, органном, системном и организменном уровнях [7, 61]. Сердечно-сосудистая и дыхательная системы в совокупности являются маркером адаптации организма к новым условиям среды обитания, что отражается на морфофункциональном изменении этих систем [64, 75]. Кардиореспираторная система (КРС) как главное звено жизнедеятельности организма человека направлено на непрерывное снабжение его кислородом [12]. Поскольку КРС взаимосвязана с внешней средой, она испытывает влияние комплекса отрицательных экологических факторов [13]. Сердечно-сосудистая и дыхательная системы служат важнейшим звеном комплекса висцеральных систем, обеспечивающих обмен веществ, и поддерживают константу внутренней среды организма [34, 55].

Жизнедеятельность пришлого и коренного населения, проживающего в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, резко ограничена ввиду жестких природных

условий. Ряд исследователей доказывают отрицательное влияние климатических особенностей северного региона на здоровье жителей [41, 52]. Так, треть жителей обследованных территорий описывают северный климат как «очень тяжелый» и «скорее тяжелый» (различий в оценках между группами, сформированными на основе половозрастных критериев и степени оседлости, не обнаружено) [41]. Причем приезжее население чаще говорит о влиянии отдельных климатических характеристик (например, полярной ночи) на их физическое и психическое состояние [41]. Коренные жители в отличие от пришлого населения имеют естественную адаптацию к внешним факторам окружающей среды, вследствие чего меньше подвержены стрессу и преждевременным патологиям [31]. Пришлого население испытывает влияние различных факторов изменившейся среды обитания, так как попадает в новые социокультурные и физико-географические условия [66]. Изучение техногенного давления на биологические системы в условиях Крайнего Севера продемонстрировало бедственное экологическое состояние ландшафта на территории нефтедобывающих предприятий [37]. Повышение физических и умственных нагрузок на фоне существующего природного прессинга может спровоцировать высокое напряжение систем адаптации организма, развитие особого состояния симптомокомплекса [39].

Адаптация организма у пришлого населения позволяет переносить существенные изменения внешней среды и активно перестраивать свои физиологические функции согласно этим изменениям, иногда даже опережая их [1]. Пришлого население оказалось более уязвимым к ассоциированному воздействию северных факторов риска, которые способствовали развитию синдрома «полярного напряжения» с присущей ему инициацией свободно-радикального окисления и снижением общей антиоксидантной активности [37].

Состояние здоровья у пришлого населения находится под непрерывным влиянием специфических факторов риска, что приводит к формированию типичной северной патологии. Поскольку условия Севера требуют повышенного потребления энергии и увеличения расходования кислорода, сердечно-сосудистая и дыхательная системы нуждаются в постоянном повышении поступления кислорода. Целесообразная утилизация кислорода обеспечивается респираторной и гемодинамической системами, которые в разных комбинациях приводят к изменению вида функциональной взаимосвязи между параметрами сердца и легких в определенные возрастные периоды человека [23]. Так, например, один и тот же уровень потребления кислорода может достигаться разной стратегией: либо повышенной вентиляцией, либо повышенным уровнем утилизации кислорода [55]. Для эффективной оценки функционального состояния организма пришлого населения рассматривают информативные критерии кардиореспираторной системы в комплексе, так как каждый в отдельности физиологический параметр дыхания и сердца не является столь надежным и объективным, как комплексный подход, состоящий в регистрации многочисленных показателей. В связи с этим необходимо осуществлять системно-количественный анализ организма, входящих в общую функциональную систему адаптации организма [27].

Адаптация организма приезжего населения в северных широтах имеет специфические особенности. Одни мигранты быстро приспосабливаются, их организм перестраивается на так называемый полярный метаболический тип, у других адаптационный период длительный [30]. С увеличением числа поколений людей, проживающих в условиях северного региона, наблюдается оптимизация показателей кардиореспираторной системы с уменьшением степени реактивности в ряду от нулевого ко второму поколению в ответ на активизацию ортостатической пробы, что происходит на фоне возрастания степени влияния вегетативной нервной системы в состоянии покоя и с большей выраженностью снижения в ответ на ортостаз [2]. С увеличением сроков проживания на Северо-Востоке России происходит постепенное уменьшение уровня напряжения в работе кардиореспираторной системы, уменьшение частоты встречаемости выхода за пределы нормативных величин показателей основного обмена [1]. 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).

Изучение закономерностей и физиологических механизмов адаптации аборигенов Севера имеет большое значение для сохранения и развития здоровья не только малочисленных народностей, но и переселенцев, так как коренное население представляет собой тот адаптивный эталон, который наиболее адекватен среде его обитания [73]. Для того чтобы минимизировать частоту патологий сердца и легких пришлого населения, проживающего в условиях северного региона, необходимо уделять особое внимание кардиореспираторной

системе. Актуальность темы связана с необходимостью обобщения и анализа существующих подходов к изучению адаптивных возможностей на состояние здоровья у пришлого населения под воздействием суровых климатических условий.

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АДАПТАЦИИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

Освоение новых месторождений, которые располагают большим политико-экономическим потенциалом, тесно взаимосвязано с изучением адаптации организма [70]. В связи с этим основой современной медицины должна стать адаптационная физиология [5]. Коренное население приспособлено к факторам внешней среды как на фенотипическом, так и на генетическом уровне. Лучший эффект процесса адаптации осуществляется при большем сходстве морфологических и физиологических признаков у коренного и пришлого населения и наибольшего напряжения процессов адаптации требует акклиматизация в суровых условиях обитания [1]. Проведенные экспедиции в различных экстремальных условиях Крайнего Севера показали, что организм всегда платит напряжением и тратой жизненных ресурсов за адаптацию к новым условиям среды обитания [4]. Именно поэтому ведущим аспектом формирования действующего морфофункционального состояния органов человека и его резервных возможностей является тип приспособления важных систем организма к климатогеографическим и сезонным условиям [33].

Разница между функциональными особенностями приезжего и коренного населения заключается в том, что даже после завершения процесса успешной акклиматизации организм пришлого населения будет работать с максимальным использованием ресурсов [72]. У пришлого населения многие физиологические процессы сдвигаются в направлении характеристик, типичных для аборигенов данного региона [64, 82]. Устанавливается переходный процесс адаптации, характеризующийся совокупностью имеющихся возможностей организма. Влияние климатологических и территориальных условий Севера на состояние организма выявили исследователи семидесятых–восьмидесятых годов прошлого столетия. Ученые доказали, что наследственно закрепленные возможности процессов адаптации у более чем 70% приезжего населения на Севере не могут предоставить долговременное сохранение здоровья в суровых климатических условиях [30].

Весь процесс адаптации можно разделить на стадии: первая — стадия тревоги, когда организм стремительно перестраивается и начинается механизм адаптации к новым условиям обитания; вторая — стадия резистентности — это уровень значительной устойчивости систем организма к воздействиям северного региона. К концу этой стадии состояние организма стабилизируется, функциональные показатели нормализуются, реализуется совершенно новое состояние сбалансированного устойчивого равновесия [5]. Таким образом, органам дыхания и сердца удается благополучно

адаптироваться к климатическим условиям северного региона благодаря перестройке важнейших систем организма [56].

Воздействие суровых условий Крайнего Севера и приравненных к ним местностей, таких как выраженный ультрафиолетовый дефицит из-за низкого солнцестояния, продолжительная и холодная зима, низкая температура воздуха неизбежно приводят к процессу «светового голодания» в ночное время и «светового излишества» днем. Комплекс этих механизмов представляет трудный многоступенчатый социальный и физиологический процесс, который сочетается с выраженным напряжением адаптационно-приспособительных систем организма [48]. В результате исследований было наглядно продемонстрировано, что на первой стадии приспособления к суровым условиям внешней среды приобретает срочный набор компенсаторных, защитных реакций, поддерживающих нормальную деятельность систем организма за счет напряжения функциональных запасов [1, 38].

Для пришлого населения характерна специфичная форма непрерывного напряжения сердечно-сосудистой и дыхательной систем, которая вызвана ослаблением стабильной устойчивости организма в экстремальных условиях [13]. Общими чертами запуска процесса адаптации являются: увеличение размера коры надпочечников и повышение их секреторной активности, уменьшение лимфатических узлов, вилочковой железы, селезенки, реорганизация показателей состава крови, изменение соотношений обменных процессов организма, превалирование процессов распада, которые ведут к снижению артериального давления, похуданию [66]. Доказано, что в жестких условиях Севера в зимнее время года уменьшена симпатикотония, а в летний период — увеличена [56]. Из этого следует, что при низких температурах воздуха преобладает тонус блуждающего нерва. Со стороны иммунной системы отмечается ослабление иммунитета и тенденция к затяжному, хроническому течению заболеваний у северян [44]. Неэффективная работа функций иммунной системы организма пришлого населения севера зачастую приводит к распространению острой инфекционной патологии, что создает угрозу срыва защитных адаптивных механизмов и определяет склонность к переходу острого воспаления в хроническое [68].

Обследование показателей кардиореспираторной системы населения Салехарда установило напряжение функциональных особенностей легких и сердца приезжего населения, которое характеризуется гиперфункцией параметров внешнего дыхания, увеличением систолического и диастолического артериального давления, минутного объема крови, общего периферического сопротивления сосудов [67]. Такое характерное приспособительное изменение в работе сердечно-сосудистой и дыхательной систем необходимо с точки зрения обеспечения нормальной жизнедеятельности организма пришлого населения в условиях Севера [31].

При адаптации организма к изменяющимся факторам Севера возникают глубокие сдвиги внутренней среды организма (гипоксические, гиперкапнические, гипокапнические, ацидемические), которые по принципу обратной связи активируют

физиологические процессы регуляции и функции газообмена респираторной системы. У одних северян возрастает легочная вентиляция, а у других — частота сердечбиений, что становится одним из ведущих факторов в обеспечении кислородной потребности организма. Необходима согласованная работа по обеспечению поступления и расходования кислорода, что отражается на сократительной способности миокарда, частоте дыхательных движений, зависящих от резервов организма [53].

ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Выраженной особенностью адаптационного процесса к экстремальным условиям Крайнего Севера являются морфофизиологические и функциональные изменения респираторной системы, которые чаще характеризуются одышкой [61], получившей название полярной. Как компенсация на гипervентиляцию легких пришлого населения происходит развитие метаболического ацидоза в условиях Среднего Приобья [81]. Характерное для северного региона в условиях равнины увеличение минутного объема дыхания объясняется не только метаболическим ацидозом, но и снижением аэроионизации воздуха [4]. При изучении механизма одышки как феномена, возникающего при депрессивных и тревожных состояниях, выделено 4 клинических варианта гипervентиляционного синдрома, не сопровождающегося гипоксией [30].

КРС подвержена соматическим, биологическим и психологическим влияниям, ее функциональное состояние зависит от факторов обитания. В начале адаптационного процесса к холоду происходит накопление функционального депо за счет дополнительного раскрытия альвеол на уровне средних и крупных бронхов [3]. Однако длительное нахождение пришлого населения в условиях севера приводит к увеличению площади газообмена, происходящего за счет морфологических изменений: диаметра, количества и объема за счет морфологических изменений, количества и объема капилляров, которые выбухают в просвет альвеол. На фоне этих процессов давление крови в малом круге кровообращения значительно превышает показатели нормы [56]. Изменения в системе дыхания у человека, проживающего на Севере несколько лет, соответствуют адаптации к гипоксии [3, 5, 27].

Затрудненное дыхание и одышку при низкой температуре воздуха в гипокомфортных условиях северного региона испытывает практически все пришедшее население [48]. Проведенное исследование в городе Сургуте отмечает наибольшую и прогрессирующую заболеваемость в первую очередь болезнями органов дыхания и патологиями, составляющими метаболический синдром, — сахарный диабет и ожирение [15]. Наполнение крови кислородом контролируется важными функциями кардиореспираторной системы: вдохом, выдохом, глубиной дыхания и частотой дыхательных движений, а также состоянием и функциональными особенностями красной крови [35]. У жителей Европейского Севера показатели эритроцитов, циркулирующих в периферической крови, и

гемоглобина находятся в пределах физиологической нормы пришлого населения [3]. Особенности морфологических и физиологических данных эритроцитов в общем анализе крови населения северных территорий связаны с превышающей интенсификацией эритропоза [74]. Данные процессы находятся в прямой зависимости от степени суровости климатических условий регионов Европейского Севера и усугубляются с продвижением на Север [74]. Выявлено также повышение объемов легочной вентиляции у северян в состоянии покоя и снижение жизненной емкости легких (ЖЕЛ) у жителей Севера [22, 46, 65]. Установлено, что у населения Магаданской области, проживающего в гипокомфортных условиях более 5 лет, величина ЖЕЛ уменьшена на 3% по сравнению с контрольными параметрами города Москвы [42]. Были выявлены особенности легких у пришлого населения Среднего Приобья, которые заключались в более развитой системе бронхов, что обеспечивало более эффективный газообмен [9].

В различные сезоны световой аперiodичности в зависимости от полярной ночи и полярного дня выявлены изменения внешнего дыхания по спирометрическим обследованиям уроженцев Крайнего Севера, жителей города Мурманска [20]. Доказано, что уменьшаются показатели и структура ЖЕЛ у девушек и юношей, дыхательный объем и характер взаимосвязей между составляющими их показателями. Величина дыхательного объема является одним из самых демонстративных критериев системы внешнего дыхания, характеризующих его паттерн. В результате проведенных исследований установлено, что в период полярного дня у жителей Крайнего Севера величина дыхательного объема ниже, чем в период полярной ночи [69].

Неблагоприятное влияние гипоксии на организм заключается в том, что при переходе к холодному периоду года возрастает нагрузка на дыхательную систему [51]. Установлено снижение утилизационной функции кислорода организмом пришлого населения, проживающего в условиях северного региона [70].

Хроническая гипоксия на Севере является основной причиной повышенной деятельности дыхательной системы, проявляющейся тканевой гипоксией, действием комплекса геофизических факторов высоких широт, что в будущем может привести к высокой заболеваемости органов дыхания [25]. В фазе компенсации в организме северян образуются реакции, характерные для гипоксии: увеличивается утилизация кислорода из вдыхаемого воздуха и доставка кислорода кровью, а далее возрастает коэффициент утилизации кислорода тканями [14]. Адаптационный механизм пришлого населения на Крайнем Севере сопровождается симптомокомплексом, включающими в себя хроническую гипоксию с соответствующими изменениями в сердечно-сосудистой и респираторной системах, вынужденных «бороться» за кислород. У северян в артериальной крови насыщение кислородом не отличается от соответствующих показателей средних широт [27], в то время как напряжение углекислоты как в артериальной [36], так и в венозной крови [3] повышено. Артериовенозная разница

по кислороду значительно превышает нормы средних широт [10], что отражает метаболическую перестройку энергетических процессов [8].

Обнаружено, что высокое содержание гемоглобина в крови у пришлого населения способствует лучшему кислородообмену [43]. Способность организма северян переносить гипоксию зависит от индивидуальных генетических особенностей их организма, а также от времени года и условий среды. Наблюдающиеся при этом низкие показатели эритроцитов и гемоглобина негативно влияют на умственную деятельность человека [54].

Наибольшее воздействие в условиях северного региона на функциональное состояние организма оказывают холод и специфическая гелиогеомагнитная обстановка [72]. При непрерывном воздействии холода происходят снижение дыхательных теплопотерь и защита респираторных путей от холодового влияния, приводя к морфологическим и функциональным перестройкам системы дыхания и кислородно-транспортной системы крови [56]. В холодное время года также экономится выделение тепла через органы системы дыхания путем понижения вентиляции, уменьшается минутный объем дыхания и частота дыхательных движений [47].

Экстремальное воздействие колебательной динамики гелиогеомагнитной активности на организм человека происходит на фоне метеорологических факторов или через посредство последних [31]. Включение в работу холодовых рецепторов приводит к активации и возбуждению центров терморегуляции, что в будущем, как правило, приводит к повышенной интенсификации энергообменных процессов в центральной нервной системе [18].

Ряд исследований доказали снижение показателей ЖЕЛ у пришлого населения северного региона [46, 65, 76]. Показано, что при северном стаже более 10 лет величина ЖЕЛ достоверно ниже на 8,2%, что указывает на морфологическую перестройку паренхимы легких [1].

При спирометрическом обследовании показателей внешнего дыхания пришлого населения Северо-Востока России было выявлено, что у здоровых мужчин в зимнее время года чаще всего значительно повышены остаточный объем легких (ООЛ) и функциональная остаточная емкость легких (ФОЕ). У пришлого населения Магаданской области доказано увеличение функционального мертвого пространства, которое на 90–110 мл превышает его величину у мужчин, проживающих в Западной Сибири [19]. Пристальное изучение механизмов ФОЕ наглядно показало, что параметры ФОЕ зависят от воздействия внешних факторов среды. Происходит повышение параметров ФОЕ благодаря раскрытию резервных ацинусов, участвующих в газообмене и вентиляции легких. Выявленные адаптационные сдвиги респираторной системы способствуют защите бронхиального дерева от холодового воздействия и поражения, а также экономичной трате энергии в условиях охлаждения [72]. В условиях Севера изменение ЖЕЛ может быть причиной формирования признаков обструктивных нарушений легких [50]. Об этом свидетельств-

вует нарушение бронхиальной проходимости, выявленное по индексу Тиффно.

У преобладающей части как пришлого, так и коренного населения северного региона в совокупности с эффективной адаптационной перестройкой дыхательной системы могут наблюдаться деструкции и атрофии мукоцилиарного, эластического и мышечного аппаратов респираторного тракта с последующим формированием нарушения дренажной функции бронхов, увеличением бронхиального сопротивления и динамической компрессии мелких бронхов, что приводит к снижению эффективности газообмена и повышению неравномерности альвеолярной вентиляции [46]. Характер морфологических и функциональных изменений респираторной системы пришлого населения позволяет считать их проявлением компенсаторно-защитных реакций, которые направлены на снижение теплопотерь и минимизацию воздействия холодного воздуха на дыхательные пути [57].

Большинство исследований доказывает, что выявление пульмонологической патологии на Севере очень высоко и достигает более 55% всех заболеваний [64]. К особенностям развития патологических процессов дыхательной системы на Севере относятся: гипервентиляция легких в сочетании с obstructивными изменениями дыхательных объемов, одышка при небольшой физической нагрузке, гипертрофия правого желудочка сердца, снижение дыхательных резервов, легочная гипертензия, расширение ствола легочной артерии и усиление легочного рисунка [51]. При изучении функционального состояния аэрогематического барьера у человека в условиях Крайнего Севера выявлено достоверное повышение сурфактанта в гистологически нормальных легких у лиц, проживших на Севере более 5 лет [3]. Хронические заболевания респираторной системы у пришлого населения, проживающего в условиях Севера, отличаются быстрым прогрессированием, проявлением выраженной интоксикации в отличие от аналогичных в средних широтах. Несмотря на адекватную медикаментозную терапию, заболевания переходят в затяжные формы и проявляются длительными периодами обострения и короткими ремиссиями [51].

ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

Для населения Севера в формировании здоровья наиболее важным лимитирующим фактором является адаптация к климатическим условиям. На начальном этапе приспособления организма пришлого населения на Севере часто формируются гипертензивные состояния [51]. Наибольшему напряжению подвергаются правые отделы сердца, что в дальнейшем проявляется адаптационной легочной гипертензией. По мере адаптации и длительного пребывания пришлого населения, проживающего и трудящегося в условиях Севера, происходит уменьшение с последующим истощением резервов адаптации левых отделов сердца, что у части приезжих людей приводит к повышению давления в сосудах большого

круга кровообращения [1]. Высокие цифры давления в малом круге кровообращения и выраженные изменения вентиляции легких не только взаимосвязаны, но и взаимообусловлены [46]. Умеренное увеличение систолического давления в легочной артерии до 40 мм рт.ст. направлено на обеспечение оптимального притока крови в легких и оптимизацию транспортной доставки кислорода в условиях повышенного энергообмена [60].

В ходе адаптационного процесса организма пришлого населения к холоду повышается также чувствительность тканей к норадреналину, что свидетельствует о переходе кардиореспираторной системы на более экономный путь регуляции [13]. Исследование в городе Архангельске подтверждает, что при локальном воздействии низких температур происходит активация симпатической нервной системы, вызывающая рефлекторное повышение концентрации норадреналина, аденозинтрифосфата, снижение интенсивности периферического кровотока, повышение частоты сердечных сокращений [74].

У лиц, проживающих на территории Среднего Приобья, наблюдается «омоложение» артериальной гипертензии [3, 32], которая, являясь мультифакторным заболеванием, развивается как нарушение процессов адаптации человека к условиям окружающей среды при наличии генетически predetermined нарушений механизмов регуляции и на фоне возникающих патофизиологических и инволютивных процессов в организме [21]. Артериальное давление у мужчин и женщин Европейского Севера выше, чем у жителей комфортных климатических зон, и более значимо выражен его возрастной прирост по десятилетиям жизни, чем у проживающих в теплом климате [13]. Риск развития гипертонической болезни увеличивается в 3 раза у трудоспособного населения после 10 лет работы в условиях Севера. Гипертония была выявлена у 13,2% северян в возрасте 30–39 лет [71]. На Чукотке более высокое выявление гипертонической болезни наблюдается у населения в возрасте от 30 до 60 лет. Неблагоприятным исходом адаптации сердечно-сосудистой системы являются сосудистые дистонии, которые представляют явление дезадаптации.

Пониженная влажность в воздухе внешней среды обитания в условиях Севера ведет к нагрузке правых отделов сердца, ускоряет энергетический и водный обмен, сокращает диурез на 19% [55], приводя к гипервентиляционному синдрому [80]. Пришлого население имеет более крупное сердце по сравнению с коренными жителями, так как сердечно-сосудистая система у пришлого населения вынуждена приспосабливаться к жестким условиям среды обитания, которые требовали более интенсивной работы в гипокомфортных условиях, что позволяло улучшить кровообращение и обеспечить ткани организма кислородом [26].

Частота сердечных сокращений (ЧСС) — одна из основных интегральных характеристик состояния сердечно-сосудистой системы [29]. В покое ЧСС колеблется в диапазоне от 60 до 90 ударов в минуту [79]. Проведенные исследования

доказывают, что у северян регистрируются повышенные показатели систолического и диастолического артериального давления, частоты сердечных сокращений от средних возрастных норм [24].

Преобладание высоких функциональных значений минутного объема крови, давления, сердечных сокращений в условиях Среднего Приобья подтверждено исследованиями кардиореспираторной системы у жителей северных регионов [28, 62]. Можно утверждать о том, что повышение частоты сокращений сердца у пришлого населения, проживающего в условиях Севера, говорит о напряженной деятельности сердца даже в состоянии покоя [63]. Эти показатели возрастают в прогрессии с увеличением срока проживания в суровых условиях и в конечном итоге приводят к снижению резервных возможностей сердечно-сосудистой системы и хронотропного резерва сердца [12].

Имеются данные, по которым можно достоверно сказать, что ЧСС зависит от типа кровообращения [49]. Наименьшие показатели ЧСС отмечаются при гипокинетическом типе кровообращения у всех испытуемых. Наибольшие показатели ЧСС отмечаются при эукинетическом и гиперкинетическом типах кровообращения. Наряду с повышением частоты сокращений сердца, при адаптации системы сердца и сердечной деятельности к мышечным нагрузкам главную роль играет ударный объем крови (УОК), увеличение которого является важным условием обеспечения мышечной деятельности [69].

Изменение артериального давления у пришлого населения Среднего Приобья является одним из дискуссионных вопросов. Отмечается тенденция к снижению артериального давления [11]. При изучении параметров сердечно-сосудистой системы у пришлого населения г. Сургута выделено, что систолическое артериальное давление (САД) несколько превышало уровень 130 мм рт.ст. у мужчин и было стабильно выше, чем у женщин [17]. Функциональное состояние здоровья лиц пришлого населения характеризуется относительно коренных жителей более выраженной напряженностью адаптационных возможностей организма. Проведенное исследование в Ямало-Ненецком автономном округе наглядно показало, что для пришлого населения характерны значительно меньшее число лиц с ваготонией и высокий процент лиц с симпатикотонией, что следует отнести к признакам напряжения адаптационных механизмов [73]. Следует отметить, что для коренных народов Севера сдвиг вегетативной регуляции в сторону ваготонии является механизмом адаптации, закрепленным генетически, что также подтверждается рядом исследований [45].

Выявлены сезонные колебания артериального давления как у здоровых лиц, так и у лиц, страдающих артериальной гипертензией, с более высоким его уровнем в зимнее время в сравнении с летним периодом, что связано с увеличением уровня катехоламинов в крови и общего периферического сопротивления сосудов [12]. Определение хронотипа организма человека накладывает отпечаток на суточные колебания показателей вариабельности сердечного ритма. Так, для лиц

утреннего хронотипа свойственна склонность к симпатикотонии утром, ослабевающей в конце дня. У лиц вечернего хронотипа характерно проявление признаков симпатизации кардиоинтервалограммы в вечернее время [24].

Морфофункциональные изменения сердечной деятельности, которые проявляются в виде нейроциркуляторной дистонии у молодых людей и повышения артериального давления в старших возрастных группах, определены у 55% обследованных людей, проживающих в условиях Севера [13]. Гипертонической болезнью в возрасте 20–59 лет страдает каждый третий из числа обследованных северян, при этом 60% всех случаев артериальной гипертензии приходится на возраст до 40 лет [51].

Факт о злокачественном течении гипертонической болезни на Севере подтверждается большей тяжестью и высокой частотой гипертонических кризов [70]. У жителей Северо-Западного региона России выше уровень артериального давления, и встречаются нарушения липидного обмена, что может быть связано с неблагоприятными климатическими условиями и образом жизни. Артериальная гипертензия у приезжих жителей Тюменского Севера выявлена в 35,4% случаев [6]. Среди жителей Нового Уренгоя в работоспособном возрасте выявлена пограничная артериальная гипертензия у 16,2% обследованных, эссенциальная гипертония — у 30,5%, симптоматическая гипертония — у 4,1% [71]. Наибольшая частота заболевания ишемической болезнью сердца (ИБС) у жителей этого региона наблюдалась в зимние месяцы [12]. Проведенное исследование Литовченко и соавт. (2021) показало, что в возрасте 26 лет и старше наблюдается риск развития сердечно-сосудистых изменений у студентов мужского пола, работающих в нефтяной отрасли. Изменения показателей, таких как коэффициент выносливости, коэффициент экономичности кровообращения и пробы Руфье, свидетельствуют об отклонении от возрастной нормы и нарушении функций сердечно-сосудистой системы [40].

Вариабельность сердечного ритма (ВСР) отражает возможность адаптации сердечно-сосудистой системы (ССС). ВСР снижается с увеличением возраста [77, 78]. Отклонение от нормы показателей ВСР является неблагоприятным прогностическим фактором [58]. На фоне общего снижения как временных, так и частотных показателей ВСР у обследуемых наблюдается усиление парасимпатических влияний с более низкими показателями дифференцированной оценки состояния у проживающих не более 6 месяцев и преобладание симпатического тонуса с высоким уровнем личностной тревожности у проживающих более полугода, выражающееся в гиперадаптивном состоянии мобилизации энергетических и метаболических резервов [59]. У 62 здоровых молодых людей в возрасте от 20 до 30 лет по методу холтеровского мониторинга АД у 90% обследуемых были выявлены эпизоды синусовой аритмии в отличие от здоровых людей более старшего возраста и ночное снижение артериального давления у здоровых обследуемых в пределах 10–20% в сравнении с дневным уровнем [16].

Анализируя частоту выявления вариантов электрической оси сердца у населения, проживающего в г. Сургуте, Нифонтова О.Л. и соавт. пришли к выводу, что с возрастом, независимо от пола, нарастала частота отклонений оси сердца от нормального ее положения и определялось появление достаточно большого процента лиц обоего пола с горизонтальным положением сердца и отклонением вправо или влево [49]. Так, показатели центральной гемодинамики, частоты сердечных сокращений, данных электрокардиограммы послужили основанием для выводов о наличии у северян тенденции к гипертрофическим изменениям миокарда с возрастом. Наиболее часто гипертрофические изменения определялись в левом, реже — правом предсердии [49].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Территории Крайнего Севера и приравненные к ним местности остаются основным источником топливно-энергетических ресурсов России. Широкое освоение северных регионов привлекает новые человеческие ресурсы. Пришлое население Севера вынуждено адаптироваться к суровым климатогеографическим условиям, при этом кардиореспираторная система определяет приспособительные возможности всего организма. Литературные данные свидетельствуют о существенном напряжении функциональных возможностей кислород-транспортной системы у северян, что приводит к снижению эффективности газообмена и повышению неравномерности альвеолярной вентиляции.

У пришлое население наблюдается существенная сезонная изменчивость показателей кардиореспираторной системы, претерпевают изменения гемодинамические характеристики, показатели внешнего дыхания, наблюдается повышение частоты сердечных сокращений, артериального давления, легочной вентиляции, минутного объема дыхания, жизненной емкости легких, бронхиального сопротивления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянова И.В., Вдовенко С.И. Оценка степени напряжения функционального состояния организма человека при различных сроках адаптации к условиям Севера. *Экология человека*. 2021; 7: 12–7.
2. Аверьянова И.В., Максимов А.Л. Особенности перестроек кардиогемодинамики и вариабельности сердечного ритма у европеоидов — мигрантов и уроженцев Севера первого и второго поколений при активной ортостатической пробе. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2021; 41(3): 45–52.
3. Авцын А.П., Марачев А.Г., Матвеев Л.Н. *Вестник АМН СССР*. 1979; 6: 32–9.
4. Агаджанян Н.А. *Экологическая физиология человека*. Круг; 1998.
5. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. *Проблемы адаптации и учение о здоровье*: РУДН; 2006.
6. Акимов А.М. *Здоровье сбережение участников освоения арктического нефтегазового региона: монография*. Тюмень; 2019.
7. Андропова Т.И. *Оценка метеотропных реакций организма человека к факторам внешней среды: метод. разработки*. Институт клинической и экспериментальной медицины. Новосибирск; 1979.
8. Бойко Е.Р. *Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере*. Екатеринбург: УрО РАН; 2005.
9. Борисенко И.В., Косых Е.В., Харламов А.Н. Особенности функционального состояния легких жителей Среднего Приобья. *Вестник Томского государственного университета*. 2017; 2: 94–102.
10. Бичкаева Ф.А. Резервные возможности эндокринной регуляции метаболических процессов у человека на Севере. *Институт физиологии природных адаптаций Уральского отделения Российской академии наук*. 2006.
11. Бобров Н.И., Ломов О.П., Тихомиров В.П. Физиолого-гигиенические аспекты акклиматизации человека на Севере. *Гигиена и санитария*. 1979; 3: 75–8.
12. Ванюшин Ю.С., Хайруллин Р.Р., Елистратов Д.Е., Федоров Н.А. Адаптация кардиореспираторной системы к двигательной деятельности. *Физиология спорта*. Казань. 2020; 2: 31–2.
13. Варламова Н.Г., Бойко Е.Р. Объемные характеристики функции внешнего дыхания в годовом цикле. *Вестник Томского государственного университета*. 2021; 55: 77–96.
14. Васильева А., Конкиева Н.А. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера. *Материалы VII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум»*; 2015.
15. Верижникова Л.Н., Арякина О.Л., Терентьева Н.Н. Соматическая патология у жителей Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. *Бюллетень сибирской медицины*. 2020; 2: 13–9.
16. Воронин И.М., Баженова Е.А. Вариабельность артериального давления в норме и при патологии. *Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки*. 2007; 1(12).
17. Григорук С.Д. Фактор метеочувствительности в развитии сердечной недостаточности у больных сердечно-сосудистого континуума. *Материалы VI ежегодной конференции Общероссийской общественной организации: тезисы докл. науч. конф.* М.: Институт биохимии и генетики; 2005: 37–9.
18. Грибанов А.В., Аникина Н.Ю., Котцова О.Н. Распределение церебральных энергетических процессов у молодых людей, постоянно проживающих в Арктическом регионе. *Журн. мед.-биол. исследований*. 2019; 1(7): 118–23.
19. Гудков А.Б., Дегтева Г.Н., Шепелева О.А. Эколого-гигиенические проблемы на Арктических территориях интенсивной промышленной деятельности (обзор). *Общественное здоровье*. 2021; 1(4): 49–55.
20. Гудков А.Б., Попова О.Н., Щербина Ю.Ф. Изменение проходимости дыхательных путей у жителей крайнего Севера в контрастные сезоны года. *Архангельск*. 2013; 33–40.
21. Джанашия П.Х., Потешкина Н.Г., Селиванова Г.Б. Артериальная гипертензия. *Миклош*; 2007.
22. Евдокимов В.Г. Возможные пути нормализации состояния организма человека в условиях Севера. *Тез. докл. II симпозиума с междунар. участием*. Сыктывкар; 2004: 38.

23. Еськов В.М., Гудков А.Б., Филатов М.А. Принципы гомеостатического регулирования функций организма в экологии человека. *Экология человека*. 2019; 10: 41–9.
24. Зенина О.Ю., Макарова И.И., Игнатова Ю.П., Аксенова А.В. Хронофизиология и хронопатология сердечно-сосудистой системы (обзор литературы). *Экология человека*. 2017; 1: 25–33.
25. Зырянов Б.Н., Соколова Т.Ф. Адаптационные реакции и иммунитет у пришлого населения крайнего севера. *Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа*. 2021; 2(111): 48–58.
26. Иржак Л.И., Дудникова Е.А., Паршукова А.Н. и др. Влияние физической нагрузки на биоэлектрическую активность сердца жителей Европейского Севера России. *Экология человека*. 2021; 7: 35–42.
27. Казначеев В.П. Современные аспекты адаптации. Новосибирск: Наука; 1980: 191.
28. Кандрор И.С. Очерки по физиологии и гигиене человека на Крайнем Севере. М.: Медицина; 1968.
29. Капелько В.И. Физиология сердца и сосудистой системы. *Вестник Российского фонда фундаментальных исследований*. 2017; 1: 78–86.
30. Карпин В.А. Медицинская экология Севера: актуальность, достижения и перспективы (обзор литературы). *Экология человека*. 2021; 8: 4–11.
31. Карпин В.А., Гудков А.Б., Шувалова О.И. Анализ воздействия климатотехногенного прессинга на жителей северной урбанизированной территории. *Экология человека*. 2018; 10: 9–14.
32. Катюхин В.Н. Артериальная гипертензия на Севере. Монография. Сургутский государственный универ. Сургут; 2000.
33. Ким Л.Б. Транспорт кислорода при адаптации человека к условиям Арктики и кардиореспираторной патологии. Новосибирск; 2015.
34. Койносов П.Г., Чирятьева Т.В., Орлов С.А. и др. Анатомо-антропологические особенности физического развития жителей Среднего Приобья. *Медицинская наука и образование Урала*. 2016; 17.
35. Ковалькова Н.А., Травникова Н.Ю., Рагино Ю.И., Воевода М.И. Распространенность дисфункции внешнего дыхания у молодых людей. *Терапевтический архив*. 2017; 3: 38–42.
36. Козырева Т.В. Влияние Са (2+) на терморегуляторные реакции, состав оипопотеидов крови и иммунный ответ при действии холода на организм в норме и при артериальной гипертензии. *Бюллетень СО РАМН*. Новосибирск. 2000; 4(126): 138–44.
37. Корчин В.И., Корчина Т.Я., Терникова Е.М. и др. Влияние климатогеографических факторов Ямало-Ненецкого автономного округа на здоровье населения. *Журнал медико-биологических исследований*. 2021; 1(1): 77–88.
38. Кривошеков С.Г., Охотников С.В. Производственные миграции и здоровье человека на Севере. Москва–Новосибирск: Изд-во СО РАМН; 2000.
39. Литовченко О.Г., Багнетова Е.А., Тостановский А.В. Эколого-физиологические аспекты здоровья сбережения молодого населения Югры. *Современные вопросы биомедицины*. 2022; 1(6).
40. Литовченко О.Г., Иванова Н.Л., Нишетенко Е.Ю. Показатели молодых работников нефтяной отрасли Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. *Человек. Спорт. Медицина*. 2021; 1(21): 80–5.
41. 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*. 2020; 7(328): 8–13.
42. Луговая Е.А., Аверьянова И.В. Оценка коэффициента напряжения адаптационных перестроек организма при хроническом воздействии Севера. *Анализ риска здоровью*. 2020; 2: 84–2.
43. Майорова Е.Л., Калачева А.Г., Воронкова И.А. Функциональное состояние кардиореспираторной системы у населения Среднего Приобья. *Сибирский медицинский журнал*. 2015; 5(30): 5–9.
44. Марасанов А.В., Стехин А.А., Яковлева Г.В. Подход к обеспечению здоровьесбережения населения Арктической зоны Российской Федерации (обзор). *Журнал медико-биологических исследований*. 2021; 2(9): 201–12.
45. Маркин В.В., Силин А.Н., Вершинин И.С. Здоровье людей в Арктике: социально-пространственный дискурс (на примере Ямало-Ненецкого автономного округа). *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2020; 5(13): 182–99.
46. Марачев А.Г. Патология человека на Севере. М.: Медицина; 1985.
47. Матюхин В.А., Разумов А.Н. Экологическая физиология человека и восстановительная медицина. М.: Медицина; 2009.
48. Наймушина А.Г., Бакиева Э.М., Соловьева С.В. и др. Психофизиологические маркеры адаптации у мужчин активного трудоспособного возраста, проживающих на юге и севере Тюменской области. *Медицинская наука и образование Урала*. 2020; 4(104): 35–40.
49. Нифонтова О.Л. Возрастная изменчивость электрической активности сердца жителей Югры. *Вестник Сургутского государственного педагогического университета*. Сургут; 2014: 11–7.
50. Нифонтова О.Л., Конькова К.С. Особенности параметров внешнего дыхания коренных жителей Ханты-Мансийского автономного округа — Югры в возрасте 11–14 лет. *Экология человека*. 2019; 8: 18–24.
51. Овечкина Е.С., Овечкин Ф.Ю. Патофизиология человека в условиях севера России. *Бюллетень науки и практики*. 2021; 8(7): 185–91.
52. Пак А.В., Труфанова К.Г. Влияние полярного дня и полярной ночи на организм человека. *Бюллетень Северного государственного медицинского университета*. 2018; 1(40): 300–1.
53. Паршукова О.И., Варламова Н.Г., Бойко Е.Р. Функциональная роль метаболитов оксида азота у высококвалифицированных лыжников-гонщиков с гипертонической реакцией на физическую нагрузку. *Человек. Спорт. Медицина*. 2022; 2(22): 55–60.
54. Петрова Н.Б., Гончаров Н.И., Нахимов М.А. Количественные параметры и функциональные свойства эритроцитов человека на Севере. *Вестник Сыктывкарского университета*. 2022; 3: 80–8.
55. Погонишева И.А., Погонишев Д.А. Особенности морфофункциональных параметров организма молодых людей, проживающих в разных климатогеофизических условиях окружающей среды. *Вестник Нижневартского государственного университета*. 2017; 1: 68–74.

56. Погонишева И.А., Погонишев Д.А., Постникова В.В. Динамика основных показателей физического развития студентов северного вуза. Теория и практика физической культуры. 2019; 8: 33–5.
57. Пушкина В.Н., Гернет И.Н., Оляшев Н.В., Лубышев Е.А. Состояние системы внешнего дыхания у юношей, проживающих в разных регионах России. Теория и практика физической культуры. 2020; 4: 17–9.
58. Прекина В.И., Чернова И.Ю., Ефремова О.Н., Есина М.В. Вариабельность сердечного ритма у здоровых людей. РЖ. 2020; 2.
59. Пряничников С.В. Психофизиологическое состояние организма в зависимости от длительности пребывания в высоких широтах Арктики. Экология человека. 2020; 12: 4–10.
60. Русак С.Н., Филатова О.Е., Бикмухаметова Л.М. Метеочувствительные заболевания населения Югры в условиях погодной изменчивости. Вестник новых медицинских технологий. 2017; 1: 30–7.
61. Салтыкова М.М., Бобровницкий И.П., Яковлев М.Ю. и др. Новый подход к анализу влияния погодных условий на организм человека. Гигиена и санитария. 2018; 11(97): 1038–42.
62. Сердюковская Г.Н., ред. Внутренние болезни и функциональные расстройства в подростковом возрасте. Охрана здоровья подростков. М.: Промедэк; 1993.
63. Соколов С.Ф. Клиническое значение оценки вариабельности сердечного ритма. Сердце. 2002; 2: 72–5.
64. Соловьев В.С., Литовченко О.Г., Соловьева С.В. и др. Опыт комплексных исследований в изучении адаптации на Севере. Вестник Сургутского государственного университета. 2016; 3(13): 54–6.
65. Солонин Ю.Г. Исследования по широтной физиологии (обзор). Журнал медико-биологических исследований. 2019; 2(7): 228–39.
66. Стародед А.С., Майдан В.А., Цветков С.В. Влияние медико-географических особенностей крайнего севера на процессы адаптации. Известия Российской Военно-медицинской академии. 2020; 3–5(39): 160–3.
67. Устюшин Б.В., Деденко И.И. Особенности обеспечения гомеостаза организма человека на Крайнем Севере. Вестник АМН. 1992; 1: 6–10.
68. Утенкова Е.О., Калужских Т.И. Естественное прозидемичивание у лиц, проживающих в эндемичных районах. Журнал инфектологии. 2020; 4(12): 112–3.
69. Филатова О.Е., Гудков А.Б., Еськов В.В., Чемпалова Л.С. Понятие однородности группы в экологии человека. Экология человека. 2020; 2: 40–4.
70. Фролков В.К., Нагорнев С.Н., Бобровницкий И.П. Патифизиологические механизмы неблагоприятного влияния климатогеографических факторов Арктики на здоровье человека и технологии восстановительной медицины. Физиотерапевт. 2020; 1: 57–63.
71. Хайцев Н.В., Васильев А.Г., Трашков А.П. и др. Влияние возраста и пола на характер ответных реакций белых крыс при действии хронической гипоксической гипоксии. Педиатр. 2015; 6(2): 71–7.
72. Хаснулин В.И., Воевода М.И., Хаснулин П.В., Артамонова О.Г. Современный взгляд на проблему артериальной гипертензии в приполярных и арктических регионах. Обзор литературы. Экология человека. 2016; 3: 43–51.
73. Чашин В.П., Гудков А.Б., Чашин М.В., Попова О.Н. Предиктивная оценка индивидуальной восприимчивости организма человека к опасному воздействию холода. Экология человека. 2017; 5: 3–13.
74. Шаймарданов А.Р. Оценка функционального состояния организма коренного и пришлого населения в условиях крайнего севера. Современные вопросы биомедицины. 2022; 2(2).
75. Шаньгина А.А., Попова О.Н., Тихонова Е.В. и др. Особенности реакции легочного газообмена на локальное холодное воздействие у молодых лиц трудоспособного возраста. Экология человека. 2018; 5: 33–8.
76. Abdurakhmonov S. K. The Importance Of A Healthy Lifestyle In Achieving Physical Perfection. The American Journal of Applied sciences. 2021; 3(03): 42–7.
77. Bassett Jr., Howley E.T. Limiting factors for maximum oxygen and determinants of endurance performance. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2000; 32(1): 70–84.
78. Brewer H., Jalongo M.R. Physical Activity and Health Promotion in the Early Years: Effective. Springer. 2018; 14.
79. Brown S.J., Barnes M.J., Mündel T. Effects of hypoxia and hypercapnia on human HRV and respiratory sinus arrhythmia. Acta Physiol. Hung. 2014; 101: 263–72.
80. Garcia-Retortillo S., Javierre C., Hristovski R. et al. Cardiorespiratory coordination reveals training-specific physiological adaptations. Eur. J. Appl. Physiol. 2019; 119: 1701–9.
81. Goldberg S., Ollila H.M., Lin L. et al. Analysis of hypoxic and hypercapnic ventilatory response in healthy volunteers. 2017.
82. Lindsey B.G., Nuding S.C., Segers L.S., Morris K.F. Carotid bodies and the integrated cardiorespiratory response to hypoxia. Physiology. 2018; 33: 281–97.

REFERENCES

1. Aver'yanova I.V., Vdovenko S.I. Otsenka stepeni napryazheniya funktsional'nogo sostoyaniya organizma cheloveka pri razlichnykh srokakh adaptatsii k usloviyam Severa. [Assessment of the degree of stress of the functional state of the human body at various times of adaptation to the conditions of the North]. Ekologiya cheloveka. 2021; 7: 12–7. (in Russian).
2. Aver'yanova I.V., Maksimov A.L. Osobennosti perestroek kardiogemodinamiki i variabel'nosti serdechnogo ritma u evropeoidov — migrantov i urozhentsev Severa pervogo i vtorogo pokoleniy pri aktivnoy ortostaticheskoy probe. [Features of alterations of cardiohemodynamics and heart rate variability in Caucasians — migrants and natives of the North of the first and second generations with an active orthostatic test]. Sibirskiy nauchnyy meditsinskiy zhurnal. 2021; 41(3): 45–52. (in Russian).
3. Avtsyn A.P., Maracheev A.G., Matveev L.N. Vestnik AMN SSSR. [Sciences of the USSR]. 1979; 6: 32–9. (in Russian).
4. Agadzhanyan N.A. Ekologicheskaya fiziologiya cheloveka. [Environmental physiology of man]. Kruk Publ.; 1998. (in Russian).
5. Agadzhanyan N.A., Baevskiy R.M., Berseneva A.P. Problemy adaptatsii i uchenie o zdorov'e: RUDN. [Adaptation problems and health doctrine: RUDN]. 2006. (in Russian).

6. Akimov A.M. Zdorov'e sberezhenie uchastnikov osvoeniya arkticheskogo neftegazovogo regiona: monografiya. [Health savings of participants in the development of the Arctic oil and gas region: monograph]. Tyumen'; 2019. (in Russian).
7. Andronova T.I. Otsenka meteotropnykh reaktsiy organizma cheloveka k faktoram vneshney sredy: metod.razrabotki. [Assessment of meteorotropic reactions of the human body to environmental factors: methods of developmen]. Institut klinicheskoy i eksperimental'noy meditsiny. Novosibirsk; 1979. (in Russian).
8. Boyko E.R. Fiziologo-biokhimicheskie osnovy zhiznedeystel'nosti cheloveka na Severe. [Assessment of meteorotropic reactions of the human body to environmental factors: methods of developmen]. Ekaterinburg: UrO RAN; 2005. (in Russian).
9. Borisenko I.V., Kosykh E.V., Kharlamov A.N. Osobennosti funktsional'nogo sostoyaniya legkikh zhitel'ey Srednego Priob'ya. [Features of the functional state of the lungs of residents of the Middle Priobye]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2017; 2: 94–102. (in Russian).
10. Bichkaeva F.A. Rezervnye vozmozhnosti endokrinnoy regulatsii metabolicheskikh protsessov u cheloveka na Severe. [Reserve capabilities of endocrine regulation of metabolic processes in humans in the North]. Institut fiziologii prirodnykh adaptatsiy Ural'skogo ot-deleniya Rossiyskoy akademii nauk. 2006. (in Russian).
11. Bobrov N.I., Lomov O.P., Tikhomirov V.P. Fiziologo-gigienicheskie aspekty akklimatizatsii cheloveka na Severe. [Physical and hygienic aspects of human acclimatization in the North]. Gigiena i sanitariya. 1979; 3: 75–8. (in Russian).
12. Vanyushin Yu.S., Khayrullin R.R., Elistratov D.E., Fedorov N.A. Adaptatsiya kardiorespiratornoy sistemy k dvigatel'noy deyatel'nosti. [Adaptation of the cardiorespiratory system to motor activity]. Fiziologiya sporta. Kazan'. 2020; 2: 31–2. (in Russian).
13. Varlamova N.G., Boyko E.R. Ob»emnye kharakteristiki funktsii vneshnego dykhaniya v godovom tsikle. [Volumetric characteristics of the external respiration function in the annual cycle]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2021; 55: 77–96. (in Russian).
14. Vasil'eva A., Konkova N.A. Adaptatsiya cheloveka k usloviyam Kraynego Severa. [Adaptation of man to the conditions of the Far North]. Materialy VII Mezhdunarodnoy studencheskoy elektronnoy nauchnoy konferentsii «Studencheskiy nauchnyy forum»; 2015. (in Russian).
15. Verizhnikova L.N., Aryamkina O.L., Terent'eva N.N. Somaticheskaya patologiya u zhitel'ey Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga — Yugry. [Somatic pathology in residents of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug — Ugra]. Byulleten' sibirskoy meditsiny. 2020; 2: 13–9. (in Russian).
16. Voronin I.M., Bazhenova E.A. Variabel'nost' arterial'nogo davleniya v norme i pri patologii. [Variability in blood pressure is normal and in pathology]. Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2007; 1(12). (in Russian).
17. Grigoruk S.D. Faktor meteochuvstvitel'nosti v razvitiy serdechnoy nedostatochnosti u bol'nykh serdechno-sosudistogo kontinuumu. [Variability in blood pressure is normal and in pathology]. Materialy VI ezhegodnoy konferentsii Obshcherossiyskoy obshchestvennoy organizatsii: tezisy dokl. nauch. konf. Moskva: Institut biokhimii i genetiki; 2005: 37–9. (in Russian).
18. Gribanov A.V., Anikina N.Yu., Kottsova O.N. Raspredelenie tserebral'nykh energeticheskikh protsessov u molodykh lyudey, postoyanno prozhivayushchikh v Arkticheskom regione. [Kottsova Distribution of cerebral energy processes in young people permanently residing in the Arctic region]. Zhurn. med.-biol. issledovaniy. 2019; 1 (7): 118–23. (in Russian).
19. Gudkov A.B., Degteva G.N., Shepeleva O.A. Ekologo-gigienicheskie problemy na Arkticheskikh territoriyakh intensivnoy promyshlennoy deyatel'nosti (obzor). [Ecological and hygienic problems in the Arctic territories of intensive industrial activity (review)]. Obshchestvennoe zdorov'e. 2021; 1(4): 49–55. (in Russian).
20. Gudkov A.B., Popova O.N., Shcherbina Yu.F. Izmenenie prokhozimosti dykhatel'nykh putey u zhitel'ey kraynego Severa v kontrastnye sezony goda. [Change in airway patency among residents of the Far North in the contrasting seasons of the year]. Arkhangel'sk. 2013; 33–40. (in Russian).
21. Dzhanaishiya P.Kh., Poteshkina N.G., Selivanova G.B. Arterial'naya gipertenziya. [Arterial hypertension]. Miklosh Publ., 2007. (in Russian).
22. Evdokimov V.G. Vozmozhnye puti normalizatsii sostoyaniya organizma cheloveka v usloviyakh Severa. [Possible ways to normalize the state of the human body in the conditions of the North]. Tez. dokl. II simpoziuma s mezhdunar. Uchastiem. Syktyvkar. 2004. (in Russian).
23. Es'kov V.M., Gudkov A.B., Filatov M.A. Printsipy gomeostaticheskogo regulirovaniya funktsiy organizma v ekologii cheloveka. [Principles of homeostatic regulation of body functions in human ecology]. Ekologiya cheloveka. 2019; 10: 41–9. (in Russian).
24. Zenina O.Yu., Makarova I.I., Ignatova Yu.P., Aksenova A.V. Khronofiziologiya i khronopatologiya serdechno-sosudistoy sistemy (obzor literatury). [Chronophysiology and chronopathology of the cardiovascular system (literature review)]. Ekologiya cheloveka. 2017; 1: 25–33. (in Russian).
25. Zyryanov B.N., Sokolova T.F. Adaptatsionnye reaktsii i immunitet u prishlogo naseleniya kraynego severa. [Adaptation reactions and immunity in the alien population of the far north]. Nauchnyy vestnik Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga. 2021; 2(111): 48–58. (in Russian).
26. Irzhak L.I., Dudnikova E.A., Parshukova A.N. i dr. Vliyanie fizicheskoy nagruzki na bioelektricheskuyu aktivnost' serdtsa zhitel'ey Evropeyskogo Severa Rossii. [Effect of physical activity on the bioelectric activity of the heart of residents of the European North of Russia]. Ekologiya cheloveka. 2021; 7: 35–42. (in Russian).
27. Kaznacheev V.P. Sovremennye aspekty adaptatsii. [Modern aspects of adaptation]. Novosibirsk: Nauka Publ. 1980. (in Russian).
28. Kandror I.S. Ocherki po fiziologii i gigiene cheloveka na Kraynem Severe. [Essays on human physiology and hygiene in the Far North]. Moskva: Meditsina Publ. 1968. (in Russian).
29. Kapel'ko V.I. Fiziologiya serdtsa i sosudistoy sistemy [Physiology of the heart and vascular system]. Vestnik Rossiyskogo fonda fundamental'nykh issledovaniy. 2017; 1: 78–86. (in Russian).

30. Karpin V.A. Meditsinskaya ekologiya Severa: aktual'nost', dos-tizheniya i perspektivy (obzor literatury). [Medical Ecology of the North: Relevance, Achievements and Perspectives (literature re-view)]. *Ekologiya cheloveka*. 2021; 8: 4–11. (in Russian).
31. Karpin V.A., Gudkov A.B., Shuvalova O.I. Analiz vozdeystviya kli-matotehnogenogo pressinga na zhiteley severnoy urbanizirovan-noy territorii. [Analysis of the impact of climatotechnogenic pressure on residents of the northern urbanized territory]. *Ekologiya cheloveka*. 2018; 10: 9–14. (in Russian).
32. Katyukhin V.N. Arterial'naya gipertenziya na Severe. [Arterial hy-pertension in the North]. Monografiya. Surgutskiy gosudarstvennyy univer. Surgut; 2000. (in Russian).
33. Kim L.B. Transport kisloroda pri adaptatsii cheloveka k usloviyam Arktiki i kardiorespiratornoy patologii. [Oxygen transport in human adaptation to Arctic conditions and cardiorespiratory pathology]. No-vosibirsk. 2015. (in Russian).
34. Koynosov P.G., Chiryat'eva T.V., Orlov S.A. i dr. Anatomo-antropo-logicheskie osobennosti fizicheskogo razvitiya zhiteley Srednego Priob'ya. [Anatomical and anthropological features of the physical development of residents of the Middle Priobye]. *Meditsinskaya nauka i obrazovanie Urala*. 2016; 17. (in Russian).
35. Koval'kova N.A., Travnikova N.Yu., Ragino Yu.I., Voevoda M.I. Rasprostranennost' disfunktsii vneshnego dykhaniya u molodykh lyudey. [Prevalence of respiratory dysfunction in young people]. *Terapevticheskiy arkhiv*. 2017; 3: 38–42. (in Russian).
36. Kozyreva T.V. Vliyanie Sa (2+) na termoregulyatornye reaktsii, sos-tav oipoproteidov krovi i immunnyy otvet pri deystvii kholoda na or-ganizm v norme i pri arterial'noy gipertenzii. [Influence of Sa (2+) on thermoregulatory reactions, composition of blood oipoproteins and immune response under cold action on the body in normal and arte-rial hypertension]. *Byulleten' SO RAMN. Novosibirsk*. 2000; 4(126): 138–44. (in Russian).
37. Korchin V.I., Korchina T.Ya., Ternikova E.M. i dr. Vliyanie klimato-geograficheskikh faktorov Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okru-ga na zdorov'e naseleniya. [Effect of climatogeographic factors of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug on population health. *Journal of Biomedical Research*]. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issle-dovaniy*. 2021; 1(1): 77–88. (in Russian).
38. Krivoshchekov S.G., Okhotnikov S.V. Proizvodstvennye migratsii i zdorov'e cheloveka na Severe. [Industrial migrations and human health in the North]. Moskva–Novosibirsk: Izd-vo SO RAMN; 2000. (in Russian).
39. Litovchenko O.G., Bagnetova E.A., Tostanovskiy A.V. Ekologo-fizio-logicheskie aspekty zdorov'e sberezheniya molodogo naseleniya Yugry. [Ecological and physiological aspects of the health of the savings of the young population of Ugra]. *Sovremennye voprosy biomeditsiny*. 2022; 1(6). (in Russian).
40. Litovchenko O.G., Ivanova N.L., Nishetenko E.Yu. Pokazateli molo-dykh rabotnikov neftyanoy otrasli Khanty-Mansiyskogo avtonomno-go okruga — Yugry. [Indicators of young workers in the oil indus-try of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug–Ugra]. *Chelovek. Sport. Meditsina*. 2021; 1(21): 80–5. (in Russian).
41. Lebedeva-Nesevrya N.A., Barg A.O., Chechkin V.M. Prirodno-kli-maticheskie i antropogennye faktory riska dlya zdorov'ya v sub»ek-tivnykh otsenkakh zhiteley gorodov kraynego severa. [Natural-cli-matic and anthropogenic health risk factors in subjective assess-ments of residents of cities of the far north]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2020; 7(328): 8–13. (in Russian).
42. Lugovaya E.A., Aver'yanova I.V. Otsenka koeffitsienta napryazhe-niya adaptatsionnykh perestroek organizma pri khronicheskom vozdeystvii Severa. [Assessment of the stress coefficient of adap-tation rearrangements of the body under chronic exposure to the North]. *Analiz riska zdorov'yu*. 2020; 2: 84–2. (in Russian).
43. Mayorova E.L., Kalacheva A.G., Voronkova I.A. Funktsional'noe sostoyanie kardiorespiratornoy sistemy u naseleniya Srednego Priob'ya. [Functional state of the cardiorespiratory system in the population of the Middle Priobye]. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*. 2015; 5(30): 5–9. (in Russian).
44. Marasanov A.V., Stekhin A.A., Yakovleva G.V. Podkhod k obes-pecheniyu zdorov'esberezheniya naseleniya Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii (obzor). [Approach to ensuring the health of the population of the Arctic zone of the Russian Federation (re-view)]. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*. 2021; 2(9): 201–12. (in Russian).
45. Markin V.V., Silin A.N., Vershinin I.S. Zdorov'e lyudey v Arktike: so-tsial'no-prostranstvennyy diskurs (na primere Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga). [Health of people in the Arctic: socio-spatial discourse (using the example of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug)]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz*. 2020; 5(13): 182–99. (in Russian).
46. Marachev A.G. Patologiya cheloveka na Severe. [Human pathology in the North]. Moskva: Meditsina Publ.; 1985. (in Russian).
47. Matyukhin V.A., Razumov A.N. Ekologicheskaya fiziologiya cheloveka i vosstanovitel'naya meditsina [Environmental physiology of man and restorative medicine]. Moskva: Meditsina; 2009. (in Russian).
48. Naymushina A.G., Bakieva E.M., Solov'eva S.V. i dr. Psikhofiziolo-gicheskie markery adaptatsii u muzhchin aktivnogo trudosposobnogo vozrasta, prozhivayushchikh na yuge i severe Tyumenskoy oblasti. [Psychophysiological adaptation markers in men of active working age living in the south and north of the Tyumen region]. *Meditsinskaya nauka i obrazovanie Urala*. 2020; 4(104): 35–40. (in Russian).
49. Nifontova O.L. Vozrastnaya izmenchivost' elektricheskoy aktivnosti serdtsa zhiteley Yugry. [Age variability of the electrical activity of the heart of residents of Ugra]. *Vestnik Surgutskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Surgut*; 2014: 11–7. (in Russian).
50. Nifontova O.L., Kon'kova K.S. Osobennosti parametrov vneshnego dykhaniya korennykh zhiteley Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga — Yugry v vozraste 11–14 let. [Features of external brea-thing parameters of the indigenous inhabitants of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug — Ugra at the age of 11–14 years]. *Ekologiya cheloveka*. 2019; 8: 18–24. (in Russian).
51. Ovechkina E.S., Ovechkin F.Yu. Patofiziologiya cheloveka v uslo-viyakh severa Rossii. [Human pathophysiology in the north of Rus-sia]. *Byulleten' nauki i praktiki*. 2021; 8(7): 185–91. (in Russian).
52. Pak A.V., Trufanova K.G. Vliyanie polyarnogo dnya i polyarnoy nochi na organizm cheloveka [Effects of polar day and polar night on the human body]. *Byulleten' Severnogo gosudarstvennogo me-ditsinskogo universiteta*. 2018; 1(40): 300–1. (in Russian).

53. Parshukova O.I., Varlamova N.G., Boyko E.R. Funktsional'naya rol' metabolitov oksida azota u vysokokvalifitsirovannykh lyzhnikov-gonshchikov s gipertonicheskoy reaksiei na fizicheskuyu nagruzku. [Functional role of nitric oxide metabolites in highly qualified skier riders with hypertensive response to physical activity]. *Chelovek. Sport. Meditsina*. 2022; 2(22): 55–60. (in Russian).
54. Petrova N.B., Goncharov N.I., Nakhimova M.A. Kolichestvennye parametry i funktsional'nye svoystva eritrotsitov cheloveka na Severe. [Quantitative parameters and functional properties of human red blood cells in the North]. *Vestnik Syktyvskarskogo universiteta*. 2022; 3: 80–8. (in Russian).
55. Pogonysheva I.A., Pogonyshv D.A. Osobennosti morfofunktsional'nykh parametrov organizma molodykh lyudey, prozhivayushchikh v raznykh klimatogeofizicheskikh usloviyakh okruzhayushchey sredy. [Features of morphofunctional parameters of the body of young people living in different climatogeophysical environmental conditions]. *Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2017; 1: 68–74. (in Russian).
56. Pogonysheva I.A., Pogonyshv D.A., Postnikova V.V. Dinamika osnovnykh pokazateley fizicheskogo razvitiya studentov severnogo vuza. [Dynamics of the main indicators of the physical development of students of the northern university]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. 2019; 8: 33–5. (in Russian).
57. Pushkina V.N., Gernet I.N., Olyashev N.V., Lubyshev E.A. Sostoyanie sistemy vneshnego dykhaniya u yunoshey, prozhivayushchikh v raznykh regionakh Rossii. [The state of the respiratory system in young men living in different regions of Russia]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. 2020; 4: 17–9. (in Russian).
58. Prekina V.I., Chernova I.Yu., Efremova O.N., Esina M.V. Variabel'nost' serdech'nogo ritma u zdorovykh lyudey. [Variability of heart rate in healthy people]. *RKZh*. 2020; 2. (in Russian).
59. Pryanichnikov S.V. Psikhofiziologicheskoe sostoyanie organizma v zavisimosti ot dlitel'nosti prebyvaniya v vysokikh shirotakh Arktiki. [Psychophysiological state of the body depending on the duration of stay in the high latitudes of the Arctic]. *Ekologiya cheloveka*. 2020; 12: 4–10. (in Russian).
60. Rusak S.N., Filatova O.E., Bikmukhametova L.M. Meteochuvstvitel'nye zabollevaniya naseleniya Yugry v usloviyakh pogodnoy izmenchivosti. [Meteorological-sensitive diseases of the population of Ugra in conditions of weather variability]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2017; 1: 30–7. (in Russian).
61. Saltykova M.M., Bobrovniitskiy I.P., Yakovlev M.Yu. i dr. Novyy podkhod k analizu vliyaniya pogodnykh usloviy na organizm cheloveka. [A new approach to analyzing the impact of weather conditions on the human body]. *Gigiena i sanitariya*. 2018; 11(97): 1038–42. (in Russian).
62. Serdyukovskaya G.N., red. Vnutrennie bolezni i funktsional'nye rasstroystva v podrostkovom voznage. Okhrana zdorov'ya podrostkov. [Internal diseases and functional disorders in adolescence. Adolescent Health Care]. Moskva: Promedek Publ.; 1993. (in Russian).
63. Sokolov S.F. Klinicheskoe znachenie otsenki variabel'nosti serdech'nogo ritma. [Clinical significance of estimating heart rate variability]. *Serdtshe*. 2002; 2: 72–5. (in Russian).
64. Solov'ev V.S., Litovchenko O.G., Solov'eva S.V. i dr. Opyt kompleksnykh issledovaniy v izuchenii adaptatsii na Severe. [Experience in comprehensive studies in the study of adaptation in the North]. *Vestnik Surgutskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2016; 3(13): 54–6. (in Russian).
65. Solonin Yu.G. Issledovaniya po shirotnoy fiziologii (obzor). [Studies in latitudinal physiology (review)]. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*. 2019; 2(7): 228–39. (in Russian).
66. Staroded A.S., Maydan V.A., Tsvetkov S.V. Vliyanie medikogeograficheskikh osobennostey kraynego severa na protsessy adaptatsii. [Influence of medicogeographic features of the far north on adaptation processes]. *Izvestiya Rossiyskoy Voennomeditsinskoy akademii*. 2020; 3–5(39): 160–3. (in Russian).
67. Ustyushin B.V., Dedenko I.I. Osobennosti obespecheniya gomeostaza organizma cheloveka na Kraynem Severe. [Features of ensuring homeostasis of the human body in the Far North]. *Vestnik AMN*. 1992; 1: 6–10. (in Russian).
68. Utenkova E.O., Kaluzhskikh T.I. Estestvennoe proepidemichivanie u lits, prozhivayushchikh v endemichnykh rayonakh. [Natural epidemic in people living in endemic areas]. *Zhurnal infektologii*. 2020; 4(12): 112–3. (in Russian).
69. Filatova O.E., Gudkov A.B., Es'kov V.V., Chempalova L.S. Ponyatie odnorodnosti gruppy v ekologii cheloveka. [The concept of group homogeneity in human ecology]. *Ekologiya cheloveka*. 2020; 2: 40–4. (in Russian).
70. Frolkov V.K., Nagornev S.N., Bobrovniitskiy I.P. Patofiziologicheskii mekhanizmy neblagopriyatnogo vliyaniya klimatogeograficheskikh faktorov Arktiki na zdorov'e cheloveka i tekhnologii vosstanovitel'noy meditsiny. [Pathophysiological mechanisms of the adverse effect of climatogeographic factors of the Arctic on human health and technologies of restorative medicine]. *Fizioterapevt*. 2020; 1: 57–63. (in Russian).
71. Hajcev N.V., Vasil'ev A.G., Trashkov A.P. i dr. Vliyanie vozrasta i pola na harakter otvetnykh reakcij belykh kryss pri dejstvii hronicheskoy gipoksicheskoy gipoksii. [The Influence of age and sex on the character of response reactions of white rats to chronic hypoxic hypoxia]. *Pediatr*. 2015; 6(2): 71–7. (in Russian).
72. Khasnulin V.I., Voevoda M.I., Khasnulin P.V., Artamonova O.G. Sovremennyy vzglyad na problemu arterial'noy gipertenzii v priopol'yarnykh i arkticheskikh regionakh. Obzor literatury. [A modern look at the problem of arterial hypertension in the circumpolar and Arctic regions. Literature review]. *Ekologiya cheloveka*. 2016; 3: 43–51. (in Russian).
73. Chashchin V.P., Gudkov A.B., Chashchin M.V., Popova O.N. Prediktivnaya otsenka individual'noy vospriimchivosti organizma cheloveka k opasnomu vozdeystviyu kholoda. [Predictive assessment of the individual susceptibility of the human body to the dangerous effects of cold]. *Ekologiya cheloveka*. 2017; 5: 3–13. (in Russian).
74. Shaymardanov A.R. Otsenka funktsional'nogo sostoyaniya organizma koren'nogo i prishlogo naseleniya v usloviyakh kraynego severa. [Assessment of the functional state of the body of the indigenous and alien population in the conditions of the far north]. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny*. 2022; 2(2). (in Russian).
75. Shan'gina A.A., Popova O.N., Tikhonova E.V. i dr. Osobennosti reaksii legochnogo gazoobmena na lokal'noe kholodovoe vozdeystvie u molodykh lits trudosposobnogo voznage. [Features of

- the reaction of pulmonary gas exchange to local cold exposure in young people of working age]. *Ekologiya cheloveka*. 2018; 5: 33–8. (in Russian).
76. Abdurakhmonov S. K. The Importance Of A Healthy Lifestyle In Achieving Physical Perfection. *The American Journal of Applied sciences*. 2021; 3(03): 42–7.
77. Bassett Jr., Howley E.T. Limiting factors for maximum oxygen and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2000; 32(1): 70–84.
78. Brewer H., Jalongo M.R. *Physical Activity and Health Promotion in the Early Years: Effective*. Springer. 2018; 14.
79. Brown S.J., Barnes M.J., Mündel T. Effects of hypoxia and hypercapnia on human HRV and respiratory sinus arrhythmia. *Acta Physiol. Hung*. 2014; 101: 263–72.
80. Garcia-Retortillo S., Javierre C., Hristovski R. et al. Cardiorespiratory coordination reveals training-specific physiological adaptations. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2019; 119: 1701–9.
81. Goldberg S., Ollila H.M., Lin L. et al. Analysis of hypoxic and hypercapnic ventilatory response in healthy volunteers. 2017.
82. Lindsey B.G., Nuding S.C., Segers L.S., Morris K.F. Carotid bodies and the integrated cardiorespiratory response to hypoxia. *Physiology*. 2018; 33: 281–97.