

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

ЕРМОЛИН Сергей Петрович

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА
ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

03.03.01 – Физиология

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук,
профессор Гудков А.Б.

Архангельск - 2015

СОДЕРЖАНИЕ	стр.
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГО- ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ (аналитический обзор литературы)	10
1.1. Климато-геофизические особенности Арктической зоны Российской Федерации	10
1.2. Экологическая физиология кардиореспираторной системы человека на Севере	19
Глава 2. ОРГАНИЗАЦИЯ, ОБЪЕМ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	28
2.1. Организация проведения исследования	28
2.2. Методы и объем исследования	31
2.3. Математико-статистическая обработка результатов	47
Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	48
3.1. Характеристика статических и динамических легочных объемов и емкостей в контрастные сезоны года у военнослужащих в Арктике	48
Резюме	57
3.2. Характеристика легочного газообмена и его экономичности у военнослужащих в Арктике в контрастные сезоны года	59
Резюме	62
3.3. Сезонные изменения гемодинамических показателей у военнослужащих в Арктике в контрастные сезоны года	63
Резюме	72
3.4. Характеристика функциональных резервов кардиореспираторной системы у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике	73
Резюме	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	88
ВЫВОДЫ	97
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	99
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	100

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АВ	– альвеолярная вентиляция, л/мин
ВРМ	– внешняя работа миокарда, усл. ед.
ВСО ₂	– выделение углекислого газа, мл/мин.
ДАД	– диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.
ДО	– дыхательный объем, л
ЖЕЛ	– жизненная емкость легких, л
ЗФИ	– Земля Франца-Иосифа
ИНМ	– индекс напряжения миокарда, усл. ед.
КЭМ	– критерий эффективности миокарда, усл. ед.
МАВ	– минутная альвеолярная вентиляция, л/мин
МВЛ	– максимальная вентиляция легких, л/мин
МОД	– минутный объем дыхания, л/мин
МОК	– минутный объем кровообращения, л/мин
ОПСС	– общее периферическое сопротивление сосудов, $\text{дин} \times \text{с}^{-1} \times \text{см}^{-5}$
ПО ₂	– потребление кислорода, мл/мин
РД	– резерв дыхания, л/мин
РОВд	– резервный объем вдоха, л
РОВыд	– резервный объем выдоха, л
САД	– систолическое артериальное давление, мм рт. ст.
СВ	– систолический выброс, мл
СДД	– среднединамическое артериальное давление, мм рт. ст.
ЧД	– частота дыхания, кол/мин
ЧСС	– частота сердечных сокращений, уд./мин.
ЭВ	– эффективность вентиляции, %
FeCO ₂	– содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе, %
FeO ₂	– содержание кислорода в выдыхаемом воздухе, %

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Арктический регион на современном этапе становится одним из центров пересечения геостратегических интересов и выстраивания новой системы обеспечения глобальной и региональной безопасности. Одной из ключевых задач государственной политики Российской Федерации в области медицинского обеспечения в Арктике является изучение влияния экстремальных факторов окружающей среды на человека, развитие видов медицинской помощи, направленных на сохранение и укрепление здоровья населения, устранение вредного влияния факторов среды обитания, предупреждение возникновения и распространения заболеваний, раннее выявление их причин и условий развития, а также формирование и реализация программ здорового образа жизни [15, 175, 222, 224].

В период до 2020 года планируется завершить развертывание скоординированных по задачам и боевым возможностям группировок Вооруженных Сил Российской Федерации, других органов и воинских формирований, способных в прилегающих морских зонах выполнять задачи по защите государственной безопасности и экономических интересов Российской Федерации в Северном Ледовитом океане [175].

В настоящее время выполнены исследования, которые были направлены на исследования фундаментальных механизмов адаптации человека к условиям Крайнего Севера [2, 5, 10, 61, 117, 167, 179], особенностей физиологических реакций организма рабочих при различных типах вахтовой организации труда в Заполярье [78, 90, 200, 202, 219], а также моряков при плавании в высоких широтах [83, 147, 165, 242, 244].

Кроме того, имеются работы, посвященные изучению особенностей адаптивных реакций организма у военнослужащих, проходящих военную службу по призыву, в начальный период службы на Европейском Севере [86,

112, 166] и сезонным изменениям, происходящим в организме человека в периоды полярного дня и полярной ночи, в условиях Крайнего Севера [131, 243].

Известно, что весомым фактором формирования функционального состояния организма человека является характер компенсаторно-приспособительных реакций кардиореспираторной системы к различным климатогеографическим и сезонным условиям [16, 32, 74, 201, 224, 241].

В настоящее время отсутствуют сведения о физиологических реакциях организма военнослужащих, в том числе и сезонных, в условиях Арктической зоны Российской Федерации, что и побудило провести настоящее исследование. Данное исследование проведено на самой северной точке территории Российской Федерации, в условиях которой проживают и выполняют служебные задачи военнослужащие (остров Земля Александры, архипелаг Земля Франца-Иосифа: 80°04'сш, 47°05'вд).

Цель и задачи исследования. Цель работы – выявить особенности компенсаторно-приспособительных реакций организма военнослужащих в условиях Арктической зоны Российской Федерации в периоды полярной ночи и полярного дня.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Установить характер компенсаторно-приспособительных реакций дыхательной системы у военнослужащих в период полярной ночи и полярного дня.
2. Изучить характерные особенности сердечно-сосудистой системы у обследованного контингента в различные сезоны года.
3. Проанализировать функциональные резервы кардиореспираторной системы у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. В период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня у военнослужащих в условиях Арктической зоны Российской Федерации наблюдаются значимые изменения в системе внешнего дыхания и легочного газообмена: в период полярной ночи увеличиваются величины ЖЕЛ, изменяется характер взаимосвязей между ее составляющими, газообменная эффективность вентиляции увеличивается.

2. В период полярной ночи наблюдается функциональное напряжение в деятельности сердечно-сосудистой системы: в ответ на физическую нагрузку начинают преобладать гипотонические реакции, увеличивается биоэлектрическая активность миокарда – больше в правых отделах, чем в левых.

3. В период полярной ночи у военнослужащих в условиях Арктической зоны Российской Федерации наблюдается повышение расходования функциональных резервов кардиореспираторной системы, которое проявляется снижением миокардиального резерва, уменьшением продолжительности пробы Генча, снижением силового индекса ведущей кисти.

Научная новизна. Впервые установлены особенности функционального состояния внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы, проанализированы резервы кардиореспираторной системы в период полярной ночи и полярного дня у военнослужащих, выполняющих служебные обязанности на самом северном рубеже Российской Федерации, на острове Александры архипелага Земля Франца-Иосифа (80°04'сш, 47°05'вд).

Установлено, что в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня у военнослужащих изменяются статические легочные объемы и

емкости, а также эффективность легочного газообмена: значительно увеличиваются KIO_2 ($p=0,003$), O_{2RC} ($p=0,002$) и O_{2CC} ($p=0,005$).

Впервые выявлено, что в полярную ночь у военнослужащих (до 65%) преобладает гипотонический тип ответных реакций на стандартную физическую нагрузку, индекс инотропного резерва сердца и силовой индекс снижаются.

Сезонные изменения биоэлектрической активности миокарда наблюдаются в правых отделах сердца в большей степени, чем в левых.

Теоретическая и практическая значимость. Выявленные сезонные особенности функционального состояния кардиореспираторной системы у военнослужащих, дислоцированных в Арктической зоне Российской Федерации, позволяют более детально оценить характер компенсаторно-приспособительных реакций организма на воздействие экстремальных факторов окружающей среды и особенностей военной службы.

Установленные сезонные изменения внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы и функциональных резервов кардиореспираторной системы у военнослужащих в экстремальных условиях Арктики в контрастные сезоны года могут быть использованы в качестве научного материала для дальнейших исследований, а также в учебном процессе на кафедрах теоретического профиля (нормальная физиология, гигиена) и терапевтических кафедрах медицинских вузов для обучения студентов, а так же на факультетах последипломного образования в рамках курсов усовершенствования (специализации) врачей. Полученные результаты дополняют научные знания в рамках физиологии труда и экологической физиологии.

Материалы исследования включены в лекционный курс для студентов, магистрантов, бакалавров и аспирантов, проходящих очное и заочное обучение по разделам: «Экологическая безопасность жизненной среды», «Физиология висцеральных систем», «Экологическая физиология», «Системные механизмы

защиты организма», экспериментальной базовой кафедры экологической физиологии и биохимии Северного (Арктического) федерального университета (САФУ) имени М.В. Ломоносова на базе ФГБУН Института физиологии природных адаптаций (ИФПА) Уральского отделения Российской академии наук (УрО РАН) и используются при обучении по специальности «Физиология» в системе последиplomного образования ФГБУН ИФПА УрО РАН (акт внедрения от 11 ноября 2013 года), внедрены в научно-исследовательскую работу Института медико-биологических исследований ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» для сравнительной оценки результатов, полученных в других работах (акт внедрения от 14 ноября 2013 года), внедрены в учебный процесс ГБОУ ВПО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России для студентов медико-профилактического и лечебного факультетов в рамках преподавания темы «Современные вопросы акклиматизации» (акт внедрения от 17 февраля 2014 года), используются в повседневной деятельности медицинской службы войсковой части 21514 для контроля за состоянием здоровья личного состава (акт внедрения от 28 мая 2014 года), внедрены в учебный процесс и используется в рамках преподавания темы «Адаптация организма человека к экстремальным условиям Севера» на кафедре физиологии для студентов лечебного факультета медицинского института при ГБОУ ВПО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа – Югры» (акт внедрения от 18 сентября 2014 года).

Работа выполнена в рамках региональной научно-технической программы «Здоровье населения Европейского Севера» и имеет номер государственной регистрации 01201365565.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы представлены на научной конференции молодых ученых Северного (Арктического) Федерального университета имени М.В.Ломоносова «Адаптация и здоровье человека на Севере» (г. Архангельск, март 2013 года), на заседании проблемной комиссии Северного государственного медицинского университета по гигиене, физиологии труда, экологии и безопасности в чрезвычайных ситуациях (г. Архангельск, апрель 2013 года), Архангельского регионального отделения Физиологического общества им. И.П.Павлова (Архангельск, октябрь 2013), на научной конференции Уральского отделения Российской академии наук «Резервные возможности адаптации и компенсаторные реакции у людей, работающих в условиях Арктики» (г. Архангельск, июнь 2014 года), на Итоговой научной сессии Северного государственного медицинского университета «Медицинская наука Европейского Севера: прошлое, настоящее, будущее» (г. Архангельск, ноябрь 2014 года).

Материалы исследования опубликованы в 5 печатных работах, в том числе 3 из них в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 133 страницах машинописного текста и состоит из введения, трех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Работа иллюстрирована 19 таблицами и 7 рисунками. Библиографический указатель литературы включает 298 источников (247 - отечественных и 51 - иностранный).

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Климатогеофизические особенности Арктической зоны Российской Федерации

Сухопутные территории, входящие в состав Арктической зоны Российской Федерации, определены Указом Президента Российской Федерации № 296 от 02 мая 2014 года «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации»: Мурманская область, отдельные муниципальные образования Архангельской области, Республики Коми, Красноярского края, Республики Саха (Якутия), Ненецкий, Ямало-Ненецкий, Чукотский автономные округа, а также земли и острова, расположенные в Северном Ледовитом океане. Согласно Женевской конференции ВОЗ (1964), посвященной медицинским проблемам Арктики и Антарктиды, рекомендовано все территории, лежащие к Северу от 66°33' с.ш., обозначать термином «высокие широты» [131].

Постановлением Правительства РФ от 21 апреля 2014 года № 366 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» предусмотрен комплекс мер, обеспечивающих национальную безопасность страны, рост ее международного авторитета, социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации.

Архангельская область и входящий в её состав Ненецкий автономный округ являются перспективными территориями Арктической зоны Российской Федерации и имеют выгодное экономико-географическое положение, обеспечивающее кратчайший доступ к морскому побережью из основных промышленных районов страны.

Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) – архипелаг, состоящий из 191 острова, общей площадью 16,5 тысячи квадратных километра. Архипелаг условно разделен на 3 части: восточную - с островами Грэм-Белл и Земля Вильчека; центральную - с большим количеством островов; западную - с самым крупным

островом архипелага – Землей Георга (высота над уровнем моря до 620 м). Свыше 85% поверхности архипелага покрыто ледниками [183]. Расстояние от острова Рудольфа – самого северного острова архипелага – до Северного полюса составляет 900 километров. На острове Земля Александры, в целях охраны Государственной границы Российской Федерации вокруг архипелага, расположена пограничная застава (80°04'сш, 47°05'вд).

Климат Арктической зоны формируется под влиянием комплекса взаимодействующих факторов: радиационного (приход и расход солнечного тепла на поверхности земли и в атмосфере), циркуляционного (движение воздушных масс морского, либо континентального происхождения), вертикального влаготеплообмена в атмосфере, в подстилающей поверхности земли и между ними.

По мнению В.И. Турчинского [213, 214], климатические факторы северных территорий целесообразно подразделять на специфические и неспецифические. К неспецифическим, т.е. встречающимся и в других регионах, факторам относятся холод, низкая абсолютная и высокая относительная влажность, особый аэродинамический режим. Специфические – это колебания атмосферного давления, изменения фотопериодизма и особенности электромагнитной природы [7, 56, 85, 142, 220, 272, 273, 288], причем отрицательное воздействие данной группы факторов невозможно блокировать социальными и прочими мерами защиты.

Частые и значительные колебания атмосферного давления в зимний период года могут достигать абсолютной амплитуды 70 – 80 мм рт.ст., а летом – 40 – 60 мм рт.ст., при скорости падения 2,7 – 5,3 мм рт.ст./ч, что в 8 – 10 раз превышает предельные значения, при которых наступает ухудшение общего состояния больных с сердечно-сосудистой патологией [22]. Вследствие изменений атмосферного давления характерны большие суточные колебания парциальной плотности кислорода, т.е. количества молекул кислорода во вдыхаемом воздухе [171]. Известно, что процентное содержание кислорода в воздухе в северных

регионах выше, чем в умеренных широтах, и составляет 20,99% (против 20,44% соответственно). Изменение метеорологических условий влияет в большей степени не на процентное содержание кислорода в воздухе, а на величину парциальной плотности кислорода, которая может уменьшаться при повышении температуры и влажности воздуха, что наблюдается при прохождении атмосферных фронтов.

Одна из ведущих ролей в формировании климата принадлежит солнечной активности [62, 199], интенсивность которой зависит от высоты стояния солнца над горизонтом, массы атмосферы и наличия облаков, через которых проходит луч солнца.

Резкая фотопериодичность – это визитная карточка районов Крайнего Севера. Полярная ночь на архипелаге Земля Франца-Иосифа длится 125 суток, полярный день – 140 суток [183]. Известно, что Арктика относится к зоне повышенного ультрафиолетового дефицита [221, 223], поскольку с изменением высоты стояния солнца над горизонтом меняется и спектральный состав прямой солнечной радиации. Поэтому было предложено понятие «биологической тьмы», т.е. период отсутствия эритемного ультрафиолетового облучения [135], обладающего активным биологическим влиянием на человека. Высота солнцестояния над горизонтом в 20° является предельной для использования в терапевтических целях УФ-излучения. К периоду биологической тьмы относится период с декабря по январь, а с ноября по февраль, когда преобладает рассеянная ультрафиолетовая радиация, – к биологическим сумеркам [135]. Однако, даже в летний сезон в Арктике условия для усвоения естественной УФ-радиации минимальны по причине низкой высоты стояния солнца, больших потерь ультрафиолета в туманные и облачные дни, достигающих 75 – 90 %. Так, средняя годовая облачность архипелага Земля Франца-Иосифа достигает 7,8 балла, поэтому преобладающее состояние неба пасмурное. Туманы здесь сравнительно редки зимой и часты летом, что объясняется появлением больших пространств открытой воды.

Продолжительность ультрафиолетового голодания для архипелага Земля Франца-Иосифа составляет в среднем 133 дня.

Повышение солнечной активности закономерно сопровождается интенсификацией электромагнитных излучений и выбросом заряженных частиц [89, 265, 295]. Известно, что суммарная солнечная радиация в районе Земли Франца Иосифа достигает 250 кДж/см^2 в год [183].

Частые геомагнитные возмущения, характерные для Арктических широт, могут достигать сотен, а иногда даже тысяч гамм и иметь разную продолжительность, оказывая негативное воздействие на организм человека [48, 157]. В связи со своеобразным строением магнитосферы Земли, регионы Арктической зоны РФ значительно более проницаемы для радиоактивного излучения, радиоволн различной частоты, а также ионов тяжелых элементов [22, 99, 123, 158, 173], создающих в совокупности еще более интенсивные электромагнитные поля, причем их напряженность значительно повышается с увеличением географической широты.

По литературным данным, особенности земного магнетизма в любой точке земной поверхности определяются геомагнитной широтой, т.е. угловым удалением точки от соответствующего магнитного полюса – точки пересечения магнитной оси Земли с ее поверхностью, данный угол составляет около $11,5^\circ$ с осью вращения Земли. В настоящее время северный магнитный полюс Земли располагается в точке, находящейся приблизительно на $85^\circ 54'$ северной широты и $147^\circ 00'$ западной долготы [268]. В связи с таким строением магнитного поля Земли архипелаг Земля Франца-Иосифа практически полностью попадает в авроральную зону, то есть территорию наибольшей повторяемости северных сияний. Несмотря на то, что в настоящее время нет данных о том, что сами по себе полярные сияния являются фактором, который может оказывать значительное неблагоприятное воздействие на состояние человеческого организма, их возникновение в данный момент свидетельствует о наличии геомагнитных возмущений, которые не безразличны для организма

человека [158].

Установлено, что при воздействии как постоянных, так и переменных электромагнитных полей на цитохромы, цитохромоксидазу и железосернистые белки изменяется скорость переноса электронов по дыхательной цепи системы тканевого дыхания [108, 283, 285]. При этом закономерно снижается уровень синтеза АТФ – основного энергетического субстрата организма [18, 20, 48, 282]. Имеются сведения о существенном значении внутри- и внеклеточной воды в развитии биологического действия геомагнитного поля [64, 105, 122, 160].

Известно, что под влиянием геомагнитных возмущений Земли изменяется суточная ритмика физиологических функций, скорость кровотока и экскреция адреналина [169, 195], происходит усиление перекисного окисления липидов в тканях и угнетение дыхания в митохондриях [43], нарушается липидный обмен и свободнорадикальное окисление [44]. По параметрам ЭЭГ установлено функциональное разобщение структур головного мозга человека [120, 170, 209, 220] и зависимость тромбоэластографических показателей у здоровых лиц от состояния геомагнитного поля [148, 174].

Во время геомагнитных возмущений изменяется тонус вегетативной нервной системы [190], описаны снижение показателей пневмотахометрии, падение уровня систолического артериального давления (САД) у больных с хроническими неспецифическими заболеваниями легких [158, 221]. По мнению А.П. Жуковского [108], биологические эффекты магнитного поля обусловлены наличием в биосредах взаимодействующих с ним свободных радикалов; изменением механизма диффузии через клеточную мембрану; полупроводниковыми эффектами в молекулах ДНК и белков в магнитном поле; изменением ротационной поляризации и валентных углов связи в парамагнитных молекулах.

Характерной особенностью климатических условий Арктики является частая смена воздушных масс за счет вторжения циклонов со стороны Атлантического океана и из западных районов Баренцева моря. Известно, что

каждый метр увеличения скорости ветра условно соответствует понижению температуры окружающей среды на 2°C [27].

По климатическому районированию Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) входит в атлантико-европейскую климатическую область Арктики, которая характеризуется интенсивной циклонической деятельностью в зимнее время. Средняя температура в январе составляет -24°C (минимальные температуры зимой до -52°C), при этом скорость ветра может достигать 40 м/сек [183].

Климат ЗФИ отличается большой относительной влажностью воздуха (65 – 95 %), что обусловлено низкими температурами, однако абсолютное содержание влаги в холодном воздухе мало. Максимум содержания влаги в воздухе отмечается в июле, а минимум – в марте. Так, в зимний период года содержание влаги в атмосферном воздухе составляет всего лишь в $1 - 3 \text{ г/м}^3$ [94]. Поэтому при вдыхании воздуха с низким содержанием водяных паров, для увлажнения слизистой оболочки верхних дыхательных путей, требуется большое количество секрета. По этой причине потери воды с выдыхаемым воздухом могут достигать 1500 мл в сутки. Считается, что теплопотери, обусловленные испарением с поверхности легких, в высоких широтах составляют 42 % всех теплопотерь организма за счет испарения, вместо типичных для средней полосы 30 % [61, 203]. В связи с этим, сухой и морозный воздух может оказать высушивающее действие на слизистую оболочку дыхательных путей, ухудшая, таким образом, условия газообмена [5, 61]. В зимний период года действие сухого и холодного воздуха на дыхательные пути, а также на кожу лица, вызывает снижение температуры слизистых оболочек воздухоносных путей. Также происходит рефлекторное сужение просвета и сокращение гладкомышечных волокон бронхов [212, 236, 253], что может приводить к значительному напряжению функциональных резервов системы внешнего дыхания [241]. Существует мнение, что организм человека реагирует на абсолютное содержание влаги в воздухе, а не на относительную влажность [203]. С учетом того, что в районах с холодным климатом низкая абсолютная

влажность характерна как для открытого пространства, так и для жилых и производственных помещений, сухость воздуха в высоких широтах является постоянным неблагоприятным фактором среды обитания.

Осадков на ЗФИ в зоне аккумуляции ледниковых куполов выпадает от 200 до 500 мм в год, причем большая часть их выпадает в твердом виде. Положительные среднемесячные температуры воздуха отмечается только в июле, редко превышая $+1^{\circ}$ С. По данным Арктического и антарктического научно-исследовательского института, площадь этого ледового архипелага составляет 16 135 км², протяжённость 375 км с запада на восток и 234 км с юга на север. Острова занимают лишь 20% площади архипелага, развито покровное оледенение – ледники покрывают около 85% территории.

Холодовой фактор является ведущим на ЗФИ. При этом известно, что понятие холода более адекватно соотносится с понятием охлаждающего влияния окружающей среды на организм [15, 46, 146, 255].

Воздействие холода на организм первостепенно затрагивает периферические рецепторы кожи, для которых в условиях низких температур характерна статическая и динамическая импульсная активность [126]: при первой происходит постоянная импульсация при постоянной температуре кожи, при этом разным значениям температуры кожи соответствуют разные уровни активности. Резкое повышение частоты разрядов при понижении температуры кожи и временное торможение при повышении кожной температуры характерно для динамической активности.

Показано, что температурный гомеостаз в условиях стационарного теплообмена поддерживается статической активностью терморецепторов, а динамическая активность терморецепторов принимает участие в формировании температурных ощущений.

Известно, что периодические острые охлаждения приводят к развитию устойчивости к холоду по показателям терморегуляции, изменению электрической активности коры головного мозга и повышению

гиперкапнической чувствительности дыхательного центра, отображающих возбуждение центральных механизмов регуляции дыхания на раннем этапе адаптации к холоду [129, 134, 282].

В настоящее время известно о несколько типах адаптации человека к холоду: метаболическом, изоляционном и гипотермическом [256, 259, 266, 286]. По мнению исследователей, адаптация человека к холодным условиям окружающей среды затрагивает как изоляционные, так и метаболические составляющие эффекторного звена системы терморегуляции [247]. При изоляционной адаптации человека к холоду происходит снижение средневзвешенной температуры кожных покровов за счет снижения теплоотдачи через поверхность кожи и понижения респираторных теплопотерь за счет уменьшения легочной вентиляции, снижения температуры и влажности выдыхаемого воздуха. Метаболические сдвиги при адаптации человека к холоду обусловлены усилением теплопродукции в мышцах при их сократительной деятельности. Важно, что адаптация человека к холоду затрагивает как эфферентное, так и афферентное звено системы терморегуляции. Для адаптированного человека характерно сниженное количество функционирующих холодовых рецепторов кожи, что приводит к снижению импульсации в системе терморегуляции [128].

Известно, что тип адаптации к холоду зависит от конституциональных особенностей телосложения человека [96]. Так, выделяется два типа людей:

- с резко выраженной метаболической и респираторной реакциями и механизмом повышения вентиляции легких за счет частоты дыхания. Холодовая адаптация данной группы лиц приводит к гипотермическому ответу на охлаждение за счет снижения температуры «ядра», соответствующей метаболической реакцией и легочной вентиляцией. Данный тип адаптации к холоду наблюдается в основном у людей с астеническим телосложением;

- со слабо выраженными метаболической и респираторной реакциями при высоком уровне эффективности дыхания. Холодовая адаптация данного типа

происходит с помощью усиления метаболического ответа, включая увеличение потребления кислорода. При этом сохраняется постоянный уровень поддержания температуры «ядра» тела, происходит замещение дрожи терморегуляторным тонусом, а эффективность функции внешнего дыхания поддерживается на высоком уровне. Данный тип адаптации к холоду наблюдается в основном у людей с нормостеническим телосложением.

Таким образом, сочетание колебаний температуры и атмосферного давления, низкой абсолютной и высокой относительной влажности воздуха, особенностей ветрового режима, выраженных изменений солнечной активности, своеобразие поведения магнитных полей и атмосферного электричества, световой аperiodичности и значительного УФ-дефицита обуславливают уникальную структуру климата Арктики. Совокупность климатических характеристик с учетом сочетания и степени выраженности общебиологического действия вышеперечисленных факторов, Арктическая зона Российской Федерации по праву может быть отнесена к экстремальной зоне по ряду параметров, предъявляющих высокие требования к функциональным системам организма человека, осложняя труд и быт проживающих здесь людей.

1.2. Экологическая физиология кардиореспираторной системы человека в Арктике

Адаптация человека к экстремальным условиям высоких широт достигается путем напряжения физиологических резервов и сложной перестройкой гомеостатических систем организма [5, 12, 30, 31, 32, 74, 153].

Среди природно-климатических условий Севера имеется группа факторов, получивших название пульмонотропных, которые оказывают непосредственное влияние на дыхательную систему [6, 71, 75, 81, 84, 101, 200, 217], которая, как известно, является самой открытой к контакту с окружающей средой, поскольку она не может быть защищена от внешних условий надежным искусственным барьером. Поэтому дыхательная система в большей степени, чем другие системы организма человека, подвержена влиянию неблагоприятных климатогеографических условий [182, 220].

По мнению многих исследователей [5, 36, 58, 59, 60, 67, 74, 144, 211, 231, 234, 245, 246, 248, 251] основным фактором, влияющим на систему внешнего дыхания у человека в арктических условиях и определяющим ее адаптивные изменения, является холодный воздух. Фактор охлаждения в Арктике обусловлен слабостью солнечного тепла, температурным и ветровым режимами в условиях конденсации влаги [15, 35, 37]. В ряде исследований установлено, что при снижении температуры воздуха в интервале от 0°C до -35°C система дыхания отвечает комплексом защитных физиологических реакций: рефлексорным ограничением глубины вдоха, увеличением функциональной остаточной емкости легких и исключением из вентиляции наиболее охлаждаемых, расположенных преимущественно в проксимальных отделах легких, альвеол [87, 187, 200, 232, 235, 236, 240]. Прохождение холодного воздуха через верхние дыхательные пути вызывает изменение глубины и частоты дыхания за счет раздражения рецепторов слизистой оболочки верхних дыхательных путей и трахеобронхиального дерева, а также способствует

значительной потере тепла и влаги, необходимых для согревания и увлажнения вдыхаемого воздуха [241, 260, 284].

В исследованиях Н.П. Неверовой, А.С. Кононова [167], А.П. Авцына, А.Г. Марачева [2], О.В. Гришина с соавт. [72], Г.С. Шишкина с соавт. [234], В.Г. Евдокимова [100], О.Н. Поповой [187], Yakimenko M.A. [297], P. Granberg [271] установлено повышение объемов легочной вентиляции (МОД) у жителей Севера в состоянии покоя, при этом повышение МОД обусловлено увеличением дыхательного объема (ДО). Показано, что у молодых лиц работоспособного возраста, уроженцев Европейского Севера, МОД в состоянии покоя статистически значимо больше должных величин: на 63 % у мужчин, а у женщин – на 66,4% ($p < 0,001$) [186]. Работами М.П. Рощевского, В.Г. Евдокимова [198] выявлена присущая северянам гипервентиляция при выполнении физических нагрузок. Кроме того, компенсаторному увеличению легочной вентиляции у жителей Севера способствует развитие в условиях высоких широт метаболического ацидоза [73, 76, 141], в том числе, вероятно, вследствие хронической гиповентиляции при вдыхании холодного воздуха [196, 240]. По мнению Н.А. Агаджаняна с соавт. [6], характерное для Севера, даже в условиях равнины, увеличение МОД, или «полярная одышка», помимо метаболического ацидоза объясняется и понижением аэроионизации воздуха. По мнению А.Л. Чижевского, объемные заряды воздействуют на верхние дыхательные пути, при этом особенно неблагоприятное воздействие на организм оказывают положительные аэроионы, а благоприятное – отрицательные [227].

При изучении адаптивных реакций дыхательной системы у молодых лиц 18 – 22 лет, уроженцев Европейского Севера, в динамике сезонов года, Н.В. Ефимовой [107] было установлено, что у мужчин зимние значения жизненной емкости легких (ЖЕЛ) и резервного объема вдоха (РОВд) статистически значимо превышали летние показатели. В течение года изменялся и характер связей между показателями, характеризующими внешнее дыхание: в

переходные сезоны года и зимой определяющим параметром в формировании ЖЕЛ в большей степени выступала величина резервного объема выдоха (РОВЫД), чем ДО [188].

В ходе исследования, проведенного Н.Г. Варламовой с соавт. [54], было выявлено, что для молодых мужчин, жителей Республики Коми, в годовом цикле были характерны увеличенные ДО, МОД и ЖЕЛ. Максимальные значения легочных объемов наблюдались в холодное время года (с ноября по апрель), минимальные – в теплое (с мая по сентябрь).

Величина МВЛ, будучи суммарным показателем вентиляционных возможностей функции аппарата внешнего дыхания, характеризует предельные способности системы внешнего дыхания. При обследовании уроженцев Европейского Севера трудоспособного возраста установлено, что величина МВЛ у мужчин статистически значимо увеличена на 24,1% ($p < 0,001$), при этом резервные возможности дыхательной системы незначительно снижены [138, 187].

Основной функцией внешнего дыхания является поддержание оптимального парциального давления кислорода и углекислого газа в артериальной крови. У северян насыщение кислородом артериальной крови не отличается от соответствующего показателя средних широт [1, 34], однако напряжение углекислоты как в артериальной [33, 38], так и в венозной [41] крови повышено. Артериовенозная разница по кислороду значительно превышает норму средних широт [102, 194], что отражает метаболическую перестройку энергетических процессов [40, 44]. В условиях высоких широт как у коренного населения, так и мигрантов, регистрируется компенсированная гипоксия, что проявляется в увеличении коэффициента использования кислорода (K_{IO_2}) – величины, сопоставляющей показатели потребления кислорода (PO_2) и МОД. По данным, полученным Б.Т. Величковским [61] при обследовании проживающего в Республике Саха (Якутия) аборигенного населения (якутов) и русских, установлено, что показатель K_{IO_2} оказался

меньше 35 мл/л, что демонстрирует низкую эффективность газообмена у жителей Севера. Однако, в ряде других исследований, напротив, установлено, что величина КИО₂ выше нормативного уровня у пришлого и коренного населения Крайнего Севера [143], что может свидетельствовать о большей способности легких к извлечению кислорода из воздуха.

Оптимальное потребление кислорода организмом обеспечивается как респираторной, так и гемодинамической составляющими, которые в разных сочетаниях способствуют изменению вида функциональной связи между показателями дыхания и кровообращения [66]. Величина ПО₂ определяется внутренней потребностью тканей организма, не зависит от содержания кислорода в крови [115] и осуществляется на уровне целостного организма [215, 263]. Изменение ПО₂ влечет возбуждение хеморецепторов дуги аорты и сонных артерий, импульсы от которых идут к дыхательному и сосудистому центрам продолговатого мозга [10], далее сигналы поступают к рабочим органам, вызывая соответствующую реакцию организма. В состоянии покоя регулирование ПО₂ происходит за счет изменения СВ и ЧСС, а при физической нагрузке ПО₂ регулируется преимущественно изменением ЧСС [154]. Таким образом, один и тот же уровень потребления кислорода может достигаться разными стратегическими путями – либо повышенной вентиляцией, либо повышенным уровнем утилизации кислорода [127]. Как известно, гипоксия вызывает нарушения в кислородотранспортной системе организма, способствуя формированию окислительного стресса, последствия которого отрицательно влияют на функционирование головного мозга, вызывая митохондриальную дисфункцию, способствующую изменению подачи сигнала нейронами и торможению в работе нейроцитов [278].

При обследовании уроженцев Европейского Севера трудоспособного возраста установлено, что газообменная эффективность вентиляции, а также экономичность одного дыхательного и одного сердечного циклов статистически значимо снижены, на фоне напряжения функциональных резервов системы

внешнего дыхания [81, 84, 100, 121, 136, 187, 196].

У северян установлено наличие легочной гипертензии [153, 204]. По мнению А.Г. Марачева [153], повышение давления в малом круге кровообращения и выраженные вентиляционные нарушения взаимосвязаны и взаимообусловлены, поскольку повышение систолического давления в легочной артерии в пределах 40 мм рт.ст. [204] направлено на оптимизацию кислородтранспортной функции в условиях повышенного энергообмена, а также на обеспечение адекватного кровотока в легких [131]. По данным А.Г. Марачева [152], А.П. Милованова [159], длительная гипертензия в малом круге кровообращения у северян может служить предиктором развития патологических состояний. Показано, что при длительном, более 10 – 15 лет, проживании на Севере частота легочной гипертензии может достигать 80 % [5].

В научной литературе описан циркумполярный гипоксический синдром, основными диагностическими критериями которого являются такие показатели, как МОД – 180 % должной величины, ЖЕЛ – 95 % должной величины, МВЛ – 65 % должной величины, гипертрофия правого желудочка, систолическое давление в легочной артерии 30 мм.рт.ст., повышенный центральный объем крови и снижение ударного объема [3, 5, 11]. Для лиц, имеющих данные симптомы, характерна сниженная общая резистентность организма, поэтому они должны относиться к группе повышенного риска по заболеваемости, в частности, органов дыхания и кровообращения [3, 153]. Возникновению синдрома полярного напряжения у проживающих на Севере людей способствуют комплекс экологических и социально-производственных факторов [13, 223].

Система внешнего дыхания принимает участие в физической терморегуляции. При низкой температуре окружающей среды теплопотери организма происходят преимущественно за счет теплообмена через поверхность кожи и за счет согревания вдыхаемого воздуха [149, 156, 167].

Известно, что в норме респираторный теплообмен зависит от температуры, влажности воздуха и проходимости дыхательных путей, а также паттерна дыхания [191]. Согласно точке зрения И.С. Бреслав и А.Д. Ноздрачева [47], по паттерну дыхания людей можно разделить на тахипноиков, для которых характерна повышенная частота дыхания при сниженных ДО и КИО₂, и брадипноиков, для которых, наоборот, характерна сниженная ЧД и более высокие ДО и КИО₂.

Увеличение влагопотерь с поверхности органов дыхания, сопровождающееся ростом теплотерь путем испарения, влечет усиление функции внешнего дыхания по типу гипервентиляции с гипокапнией, при уменьшении КИО₂ [61, 156].

Известно, что определяющая роль в процессе адаптации теплокровного организма к действию низких температур принадлежит перестройке энергетического обмена в направлении увеличения теплопродукции и поддержания температурного гомеостаза [131, 200, 226, 243, 253, 261, 286, 288, 291]. При этом структура теплотерь у северных жителей отличается от теплотерь человека, проживающего в средней полосе: у северян удельный вес конвективно-радиационных теплотерь значительно ниже, а испарительных, особенно с поверхности кожи, напротив, значительно выше [218, 211]. Более резкое усиление теплоотдачи на согревание вдыхаемого воздуха и испарения с верхних дыхательных путей происходит в процессе трудовой деятельности, поскольку при нагрузке содержание крови в сосудах легких повышается с 350-800 до 1400 мл и более [94, 149, 250, 257]. Подобное перераспределение путей теплоотдачи, по всей вероятности, закономерно в процессе терморегуляции человека на Севере.

Изучение реакций кардиореспираторной системы и ее вегетативного обеспечения у человека на Крайнем Севере имеет многолетнюю историю [4, 93, 117, 168, 179, 226]. На примере Архангельской области и других северных регионов показано, что функциональное состояние сердечно-сосудистой и

дыхательной систем человека зависит от температурных условий окружающей среды и фазы ежегодных циклов естественной сезонной акклиматизации [85, 107, 166, 200, 205, 224]. Система кровообращения является одним из звеньев, лимитирующих кислородтранспортную функцию в организме человека. Поэтому она одной из первых вовлекается в компенсаторно-приспособительную деятельность целого организма [16, 249, 252], поскольку является наиболее чувствительным индикатором адаптивных процессов организма в ответ на изменяющиеся условия окружающей среды [45, 83, 106]. В результате ряда исследований были обнаружены сезонные влияния светового аperiodизма на систему кровообращения, выражающиеся в изменении ЧСС, АД, ОПСС, СВ и МОК в годовом цикле на Севере [45, 133].

Имеются сведения, что в условиях высоких широт прослеживается тенденция к повышению АД, что является следствием адаптации к условиям Севера и сопровождается развитием морфофункциональных изменений в сердечно-сосудистой системе [5, 23, 139], что в значительной степени определено выраженностью экологически обусловленного северного стресса и его проявлений [2, 220].

Свидетельством напряженного функционирования сердечно-сосудистой системы у здоровых лиц в высоких широтах является увеличение ЧСС даже в состоянии покоя, с тенденцией к прогрессированию тахикардии по мере увеличения «северного стажа», что закономерно приводит к снижению резервных возможностей системы кровообращения, соответственно, к уменьшению хронотропного резерва сердца [63, 125]. Величина ЧСС постоянно изменяется в ходе сезонов года – отмечено повышение ЧСС в летний период, при этом повышение ритма сокращений происходит за счет сокращения общей паузы при уменьшении объема систолического выброса [132]. Выявленные изменения могут указывать на снижение эффективности работы сердечной мышцы.

В основе развития предморбидных состояний у северян лежит истощение

гомеостатических механизмов в ведущих системах транспорта энергетических и пластических субстратов, напряжение и выраженная централизация нейрогуморальных механизмов регуляции, снижение инотропных резервов кровообращения и дыхания. Стабилизация вегетативных функций у мигрантов в Арктическую зону РФ сопровождается последовательным чередованием состояний симпато- и ваготоний, т.е. изменением катаболических и анаболических реакций [258]. Напряженность гомеостаза по показателям вегетативных функций может быть обусловлена состоянием гуморального звена регуляции за счет явлений физиологического гиперкортицизма, нарушением функции сенсорной передачи [57]. В развитии гипертензивных состояний у северян в результате стрессирующего влияния экстремальных условий окружающей среды установлена по наличию умеренной силы корреляционной связи между уровнем кортизола и ДАД [204]. В ходе исследований было установлено, что для вегетативного индекса Кердо (ВИК), позволяющего оценить вегетативный баланс, характерны сезонные колебания [168]. Отрицательные значения ВИК отмечаются весной, а в остальные сезоны года вегетативный баланс смещен в сторону преобладания симпатического отдела вегетативной нервной системы [132]. Известно, что начальный период понижения температуры окружающей среды приводит к усилению активности симпатического отдела, в то время как зимой усиливается влияние парасимпатического отдела вегетативной нервной системы на регуляцию деятельности сердечно-сосудистой системы.

Очевидной является роль холодового фактора в усилении напряженности деятельности сердечно-сосудистой системы человека [14, 94, 118] – повышается САД, как за счет спазма периферических сосудов, так и увеличения СВ [101, 275]. В ходе исследований было установлено, что в зимний период года у жителей Европейского Севера система кровообращения находится в состоянии функционального напряжения: повышаются ДАД и величина ОПСС [189].

В ряде исследований установлено, что у мужчин-северян в зимний период года преобладают атипичные реакции в ответ на стандартную физическую нагрузку, что свидетельствовало о снижении у них резервных возможностей сердечно-сосудистой системы в данный период года [84, 106].

При изучении функционального состояния сердечно-сосудистой системы северян Н.Г. Варламовой [55] было обнаружено, что характеристики электрокардиограммы у жителей севера отличаются от таковых у жителей средних широт наличием признаков физиологического варианта гипертрофии правых отделов сердца, отклонением электрической оси сердца влево, уменьшением амплитуды зубцов R, T, сегмента ST, увеличением длительности интервалов R-R, Q-T и сегмента S-T.

Таким образом, функциональное состояние кардиореспираторной системы во многом зависит от особенностей природно-климатических условий окружающей среды и времени года – в холодные сезоны года возрастает напряжение в деятельности дыхательной и сердечно-сосудистой систем, уменьшаются их функциональные возможности [17, 155, 292]. В начальный период адаптивных изменений к холодному сезону года (октябрь – ноябрь) у северян снижены показатели эффективности газообмена, физическая работоспособность, увеличены САД и ЧСС, наблюдается признаки перегрузки правых отделов сердца [145, 151]. В начальный период адаптивных изменений к теплomu сезону года (март – апрель) у жителей Севера понижены СВ и МОК, повышены ДАД, МОД, ДО, потребление кислорода и выделение углекислого газа. Установлено, что на протяжении холодного периода года функциональные возможности системы внешнего дыхания у северян постепенно возрастают, а системы кровообращения – снижаются [42, 133, 197].

Характер морфофункциональных изменений кардиореспираторной системы в динамике сезонов года у северян позволяет считать их проявлением защитно-компенсаторных реакций, направленных на уравнивание с изменяющимися условиями внешней среды в годовом цикле.

Таким образом, анализ литературных источников позволяет сделать вывод о том, что в настоящее время отсутствуют сведения о характере физиологических реакций организма военнослужащих в условиях Арктики.

Глава 2. ОРГАНИЗАЦИЯ, ОБЪЕМ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Организация проведения исследования

Исследование функционального состояния организма военнослужащих было проведено в полевых условиях у практически здоровых лиц, проходящих военную службу на острове Земля Александры архипелага Земля Франца Иосифа (80°04'сш, 47°05'вд). Отбор осуществляли в соответствии с критериями ВОЗ: здоровым считается индивидуум, не имеющий хронических заболеваний, как зарегистрированных в медицинских документах, так и в анамнезе, не имеет освобождения от исполнения служебных обязанностей по острому заболеванию и не предъявляет жалоб в день обследования. Помимо этого, при объективном обследовании в военно-медицинском пункте пограничной заставы у обследуемых сотрудников не обнаруживали скрытую легочную патологию. Обследовались одни и те же лица в ноябре – декабре (период полярной ночи) и в июле – августе (период полярного дня). Всего обследовано 20 человек, в возрасте $28,9 \pm 5,02$ лет.

Исследование проводилось с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации и Директивах Европейского сообщества (8/609ЕС), и одобрено локальным Комитетом по этике Северного государственного медицинского университета.

В период полярной ночи метеорологические условия характеризовались следующим параметрами: температура воздуха составляла $-27 \pm 2,1^{\circ}$ С, относительная влажность воздуха $84,6 \pm 7,3\%$, атмосферное давление $743 \pm 7,3$ мм рт.ст. В период полярного дня температура воздуха составляла $+1 \pm 1,5^{\circ}$ С, относительная влажность воздуха была $72,4 \pm 7,3\%$, атмосферное давление $759 \pm 8,6$ мм рт.ст.

Непосредственно до начала исследования осуществлялось измерение длины и массы тела. Антропометрия проводилась по общепринятой методике. Антропометрические данные использовались в качестве основы для расчета должных величин при оценке функции системы внешнего дыхания. Поскольку антропометрические показатели в динамике обследования изменялись статистически незначимо (табл.1), то и должные величины деятельности внешнего дыхания в разные сезоны года не имели значимых отличий.

Таблица 1.

Антропометрические показатели обследованных военнослужащих

(n=20)

Показатели	Период обследования		p
	Полярная ночь	Полярный день	
Длина тела, см	177,5 (172,0; 182,0)	177,5 (172,0; 182,0)	-
Масса тела, кг	82,0 (75,2; 94,5)	81,0 (75,0; 97,0)	0,35

Примечание. Сравнение зависимых выборок осуществлялось непараметрическим критерием Т-Вилкоксона, ($Md(Q_1-Q_3)$).

Так как деятельность аппарата внешнего дыхания очень лабильна, то и строго стандартизировались условия проведения исследований [238, 263]:

1. Исследование показателей, зависящих от уровня окислительно-восстановительных процессов в организме: минутный объем дыхания (МОД), частота дыхания (ЧД), дыхательный объем (ДО) проводилось в первой половине дня, через 1,5 – 2 часа после принятия пищи, после 20-минутного отдыха, при температурном комфорте и относительном покое, т.е. в условиях, приближенных к основному обмену. Все показатели регистрировались в положении сидя.

2. При подготовке к обследованию особое внимание было уделено предварительной тренировке. Тренировка, согласно рекомендациям [21, 24, 39, 289], заключалась в ознакомлении обследуемых с применяемой аппаратурой. При этом обследуемого обучали спокойному дыханию в спирограф, а также особое внимание уделялось умению правильного выполнения дыхательных маневров при исследовании величин жизненной емкости легких (ЖЕЛ) и максимальной вентиляции легких (МВЛ).

Показатели функции сердечно-сосудистой деятельности регистрировались в положении сидя (измерение АД по методу Н.С. Короткова), лежа на спине (запись ЭКГ) и в положении стоя (выполнение нагрузочной пробы Мартине-Кушелевского).

Исследования осуществлялись в военно-медицинском пункте пограничной заставы, где измеряли температуру воздуха и атмосферное давление для того, чтобы иметь возможность привести все газовые объемы к определенным условиям: или альвеолярным ($t - 37^0$, окружающее атмосферное давление, полное насыщение водяными парами – система BTPS), или к стандартным физическим условиям ($t - 0^0$, атмосферное давление 760 мм.рт.ст, отсутствие водяных паров – система STPD). В настоящее время, в соответствии с рекомендациями, легочные объемы и показатели вентиляции принято приводить к системе BTPS, а величину потребления кислорода и выделение углекислоты – к системе STPD.

2.2. Методы и объем исследования

2.2.1. Исследование функции внешнего дыхания

С целью изучения функционального состояния системы внешнего дыхания у обследуемых был использован один из наиболее доступных, распространенных и информативных методов исследования дыхательной системы – метод спирографии, предполагающий регистрацию изменения легочных объемов при выполнении различных дыхательных маневров [291]. Для исследования был использован спирограф микропроцессорный портативный СМП-2/01 - «РД» (Россия), который автоматически обеспечивал приведение легочных объемов, емкостей и показателей вентиляции к стандартным условиям BTPS.

Исследование на спирографе проводилось при дыхании атмосферным воздухом в положении обследуемого сидя. Обследуемый подключался к спирографу при помощи загубника, который предварительно дезинфицировался, на нос накладывался зажим и носовое дыхание отключалось.

При помощи спирографии у обследуемых военнослужащих оценивались следующие показатели:

1. Легочные объемы и емкости: дыхательный объем (ДО), резервный объем вдоха (РОВд), резервный объем выдоха (РОВыд), жизненная емкость легких (ЖЕЛ).
2. Показатели легочной вентиляции: частота дыхания (ЧД), минутный объем дыхания (МОД), максимальная вентиляция легких (МВЛ), резерв дыхания (РД).

Известно, что для полной характеристики функции внешнего дыхания используется около 40 параметров, которые отражают основные механизмы

функции легких [25]. Однако значимость их различается как по информативности, так и по точности отражения полученных данных. Поэтому всю массу известных показателей употреблять представляется нецелесообразным.

Известно, что абсолютные величины $PO_{вд}$, $PO_{выд}$ и $ДО$ очень изменчивы и зависят от многих факторов (возраста, пола, физической тренированности, положения тела обследуемого и т.д.). Поэтому важное значение имеют не только абсолютные величины $PO_{вд}$, $PO_{выд}$ и $ДО$, но и их относительные величины. В связи с этим были определены у обследованных лиц отношение $PO_{вд}$, $PO_{выд}$ и $ДО$ к ЖЕЛ:

$$PO_{вд}\% = \frac{PO_{вд}}{ЖЕЛ} \times 100, \quad (1)$$

$$PO_{выд}\% = \frac{PO_{выд}}{ЖЕЛ} \times 100, \quad (2)$$

$$ДО\% = \frac{ДО}{ЖЕЛ} \times 100 \quad (3)$$

Поскольку вдыхаемый воздух не весь доходит до альвеол, около 33 % его не участвует в газообмене и составляет объем мертвого пространства, важное значение имеет величина минутной альвеолярной вентиляции (MAV), которая была рассчитана по формуле [207]:

$$MAV = (ДО - ФМП) \times ЧД, \quad (4)$$

где $ДО$ – дыхательный объем, л;

$ФМП$ – функциональное мертвое пространство: 0,15 л (м); 0,14 л (ж) [113];

$ЧД$ – частота дыхания, кол/мин.

Кроме МАВ определяли величину эффективности вентиляции (ЭВ) по формуле [113]:

$$ЭВ = МАВ : МОД \times 100, \quad (5)$$

где МАВ – минутная альвеолярная вентиляция, л/мин;

МОД – минутный объем дыхания, л/мин.

Для оценки функциональных способностей аппарата дыхания у обследованных был определен резерв дыхания (РД).

$$РД = МВЛ - МОД, \quad (6)$$

где МВЛ – максимальная вентиляция легких, л/мин;

МОД – минутный объем дыхания, л/мин.

Кроме спирографического исследования для изучения функции внешнего дыхания проводилось определение газового состава выдыхаемого воздуха при помощи газоанализатора ПГА – 200: определялось содержание кислорода (FeO_2), углекислого газа ($FeCO_2$), рассчитывались величины потребления кислорода (PO_2) [29] и минутного выделения CO_2 [140].

Величину потребления кислорода рассчитывали, учитывая коррекцию на азот (N_2), поскольку объем вдыхаемого и выдыхаемого воздуха неодинаков:

$$\frac{O_2 \text{ в атмосфере}}{N_2 \text{ в атмосфере}} = \frac{X}{N_2 \text{ в выдыхаемом воздухе}}, \quad (7)$$

где X – величина, показывающая, что такой была бы концентрация O_2 в выдыхаемом воздухе, если бы объем воздуха равнялся объему выдоха (с

допущением, что абсолютное количество N_2 в том и другом объеме одинаково, то есть N_2 в обменных процессах участия не принимает).

Известно, что концентрация кислорода в атмосферном воздухе составляет 20,93 %, а азота 79,04%. Концентрацию азота в выдыхаемом воздухе ($N_2\%$) рассчитывали по данным газоанализа:

$$N_2\% = 100\% - (CO_2\% + O_2\%), \quad (8)$$

где $CO_2\%$ - концентрация углекислого газа в выдыхаемом воздухе;

$O_2\%$ - концентрация кислорода в выдыхаемом воздухе.

Процент поглощения кислорода равен разнице между рассчитанным содержанием кислорода во вдыхаемом воздухе и его фактической концентрацией в выдыхаемой смеси:

$$O_{2ист.} = X - O_2\%, \quad (9)$$

где $O_{2ист.}$ – величина «истинного кислорода» - значение, на которое умножали величину минутного объема дыхания ($МОД_{STPD}$) для расчета величины потребления кислорода ($ПО_{2STPD}$).

$$ПО_{2STPD} = O_{2ист.} \times МОД_{STPD} \quad (10)$$

Минутное выделение CO_2 (мл/мин) определили путем умножения МОД на процентное содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе ($CO_2\%$) [140]:

$$VCO_2 \text{ (мл/мин)} = \frac{МОД \times CO_2\%}{100}, \quad (11)$$

Поскольку темп нарастания поглощения кислорода зачастую отстает от увеличения минутного объема дыхания, обосновано сопоставление показателей $ПО_2$ и МОД. Данное взаимоотношение характеризует величина $КИО_2$,

являющаяся важнейшим показателем эффективности вентиляции и газообмена в легких, она показывает количество кислорода (мл), поглощенного из 1 литра вентилируемого воздуха. Значение KIO_2 определили у обследуемых, исходя из формулы [208]:

$$KIO_2 = \frac{ПО_{2STPD}}{МОД} \quad (12)$$

Для оценки экономичности внешнего дыхания были определены следующие показатели:

1. Вентиляционный эквивалент (ВЭ), показывающий количество воздуха, провентилированного через легкие, из которого организм поглощает 1 мл кислорода, рассчитывался по формуле [208]:

$$ВЭ = \frac{МОД_{BTPS}}{ПО_2} \quad (13)$$

2. Кислородный эффект дыхательного цикла (O_{2RS}) определялся исходя из следующей формулы [130]:

$$O_{2RC} = \frac{ПО_{2STPD}}{ЧД} \quad (14)$$

3. Кислородный эффект сердечного цикла (O_{2CC}) был рассчитан по следующей формуле [130]:

$$O_{2CC} = \frac{ПО_{2STPD}}{ЧСС} \quad (15)$$

2.2.2. Исследование сердечно-сосудистой системы

Сердечно-сосудистая система выступает индикатором функционального состояния организма, поскольку наиболее динамично реагирует на все изменения [45, 65, 210]. Деятельность системы кровообращения определяет физическую работоспособность человека, которая с позиции теории адаптации может рассматриваться в качестве одной из интегральных характеристик организма. Таким образом, сердечно-сосудистая система позволяет адекватно характеризовать процессы, происходящие в организме человека при адаптации к факторам окружающей среды и профессиональной деятельности.

В основу определения показателей, отражающих состояние системной гемодинамики, были включены: число сердечных сокращений (ЧСС), артериальное систолическое (САД) и диастолическое давление (ДАД). Артериальное давление (АД) и пульс измерялись в положении сидя. Пульс измерялся на лучевой артерии обоих предплечий в течение 60 секунд. Артериальное давление регистрировалось по методу Н.С. Короткова. Температура воздуха в военно-медицинском пункте поддерживалась в пределах 20-22°C. Перед началом обследования испытуемые не принимали тонизирующие препараты и продукты, такие как чай и кофе.

В физиологической практике после определения величин ЧСС и АД особый интерес представляет расчет таких показателей, как пульсовое давление (ПД), среднединамическое давление (СДД) по формуле Хикема, общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) по формуле Пуазейла, минутный объем кровообращения [68]:

$$ПД = САД - ДАД, \quad (16)$$

где САД – систолическое артериальное давление, мм рт.ст.;

ДАД – диастолическое артериальное давление, мм рт.ст.;

$$СДД = ДАД + 0,42 ПД, \quad (17)$$

где ДАД – диастолическое давление, мм рт.ст.;

ПД – пульсовое давление, мм рт.ст.;

$$ОПСС = СДД \times 1333 \times 60 / МОК, \quad (18)$$

где СДД – среднединамическое давление, мм рт.ст.;

МОК – минутный объем кровообращения, мл;

1333 – коэффициент для перевода в дины;

60 – число секунд в минуте;

Минутный объем кровообращения (МОК) рассчитывался по формуле:

$$МОК = СВ \times ЧСС, \quad (19)$$

где СВ – систолический выброс, мл;

ЧСС – частота сердечных сокращений, уд/мин.

Величину СВ определяли расчетным способом по формуле [68]:

$$СВ = 100 + 0,5ПД - 0,6САД - 0,6В, \quad (20)$$

где ПД – пульсовое давление, мм рт.ст.;

САД – систолическое артериальное давление, мм рт.ст.;

В – возраст, г.

Индекс Робинсона, или «двойное произведение» (ДП), отражающий нагрузку на миокард и его потребность в кислороде, рассчитывался по формуле:

$$ДП = ЧСС \times САД / 100, \quad (21)$$

где ЧСС – частота сердечных сокращений, уд/мин;

САД – систолическое артериальное давление, мм рт.ст.

Этот индекс в качестве управляющего параметра используется для оценки уровня физического здоровья (УФЗ), предложенного Г.Л.Апанасенко, Р.Г.Науменко [26]. По уровню ДП в покое УФЗ характеризуется как низкий при величине ДП>111 усл.ед., ниже среднего – 95-100 усл.ед., средний – 85-94 усл.ед.

Показатель внешней работы миокарда (ВРМ) определялся по формуле, предложенной Н.А. Агаджаняном [9]:

$$ВРМ = (СДД \times СОК) / 1000, \quad (22)$$

где СДД – среднединамическое давление, мм рт.ст.;

СОК – систолический объем кровообращения, мл.

Индекс напряжения миокарда (ИНМ) рассчитывался по формуле [9]:

$$ИНМ = (САД \times ЧСС) / 1000, \quad (23)$$

где САД – систолическое артериальное давление, мм рт.ст.;

ЧСС – частота сердечных сокращений, уд/мин.

Критерий эффективности миокарда (КЭМ) определялся по формуле [9]:

$$КЭМ = ВРМ / ИНМ, \quad (24)$$

где ВРМ – показатель внешней работы миокарда;

ИНМ – показатель индекса напряжения миокарда.

Хорошо известно, что о функциональных резервах системы кровообращения можно судить лишь в случае стабильности ее работы при воздействии таких возмущающих факторов, как, например, дозированная физическая нагрузка [52]. В проведенном исследовании в качестве дозированной нагрузки применялась проба Мартине-Кушелевского,

закключающаяся в выполнении испытуемыми 20 приседаний за 30 секунд. Перед нагрузкой и спустя 3 минуты после нее измеряли ЧСС, САД и ДАД. По величинам прироста ЧСС и САД рассчитывали индексы хронотропного и инотропного резервов (ИХР, ИИР), исходя из того, что по степени учащения пульса можно косвенно судить о работоспособности и об уровне развития адаптационных возможностей организма в целом [51].

$$ИХР = (ЧСС_1 / ЧСС) \times 100, \quad (25)$$

где ЧСС₁- прирост частоты сердечных сокращений в ответ на нагрузку, уд/мин;

ЧСС – частота сердечных сокращений в покое, уд/мин.

$$ИИР = (САД_1 / САД) \times 100, \quad (26)$$

где САД₁ - прирост систолического артериального давления после нагрузки, мм рт.ст.;

САД – систолическое артериальное давление в покое, мм рт.ст.

По показателям ЧСС до и после нагрузки вычислялся индекс Руфье-Диксона, который позволил охарактеризовать работоспособность сердца военнослужащих при физических нагрузках [95]:

$$Индекс \text{ Руфье - Диксона} = \frac{(P2 - 70) + (P3 - P1)}{10}, \quad (27)$$

где P1 – ЧСС до нагрузки, уд/мин;

P2 – ЧСС сразу после нагрузки, уд/мин;

P3 – ЧСС после 1 минуты восстановления после нагрузки, уд/мин.

Результаты оценивались по величине индекса от 0 да 8 и выше. Повышение в динамике индекса Руфье-Диксона указывает на снижение работоспособности испытуемых.

Выявление физиологических резервов организма при оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы в процессе профессиональной деятельности человека представляет особый интерес. Известно, что реакция сердечно-сосудистой системы в ответ на дозированную физическую нагрузку позволяет достаточно точно определить резервные возможности человека, степень приспособленности организма к физической работе в новых природно-климатических условиях [52, 181].

На основании направленности сдвигов пульса и артериального давления у военнослужащих устанавливался тип ответной реакции на дозированную физическую нагрузку [163].

Различают следующие качественные типы реакции:

- нормотонический – наиболее адекватный, благоприятный и экономный вид реакции ССС в обеспечении мышечной работы, для которой характерны учащение ЧСС, подъем САД и снижение ДАД. Такая реакция считается рациональной, потому что при адекватном увеличении ЧСС приспособление к нагрузке происходит за счет пульсового давления.

- дистонический – диастолическое давление «падает» до нуля, появляется «бесконечный тон» при аускультативном методе измерения АД по Н.С. Короткову. Такая реакция может отражать определенную гиперреактивность испытуемого или динамическое временное изменение типа реакции на фоне переутомления, заболевания, перетренированности.

- гипертонический – является менее адекватным и экономичным, по существу гиперреактивным, избыточным механизмом приспособления организма и ССС к физической нагрузке. Для него характерно значительное повышение САД и ЧСС, а также повышение ДАД. При данном типе нет соответствия между ростом МОД и ПСС. Избыточный гипертонический тип реакции реализуется за счет значительных компенсаторных резервов миокарда.

- гипотонический (астенический) – является неадекватной реакцией ССС на предъявляемую нагрузку. Компенсация идет за счет значительной

тахикардии, которая не сопровождается соответствующим ростом МОК, адаптация к физической нагрузке низкая, резервы сократительной способности миокарда малы. Величины САД и ДАД изменяются незначительно.

– ступенчатый – максимум гемодинамических сдвигов возникает в период восстановления на 2-й, 3-й минуте и зависит от менее сбалансированного механизма регуляции кровообращения. Он сопровождается учащением пульса и подъемом САД и ДАД, продолжающимися в течение 2-3 мин после прекращения нагрузки.

Время восстановления зависит от величины стандартной физической нагрузки и типа реакции испытуемого и может увеличиваться при атипичных вариантах реакции сердечно-сосудистой системы.

Специфические условия военного труда и быта, высокие физические и психические нагрузки, усугубленные экстремальными климатическими факторами Арктики, оказывают воздействие на состояние всех функциональных систем организма, влияя в конечном итоге на физическую работоспособность.

Метод определения силы кисти можно обоснованно применять для определения уровня общего физического развития человека, а также как косвенный показатель работоспособности. Измерение мышечной силы у военнослужащих осуществлялось при помощи кистевого динамометра с последующей оценкой индивидуальных параметров физического развития, используя индекс силы кисти, рассчитанный по формуле:

$$ИС_{\text{кости}} = \frac{P_{\text{сила ведущей руки}}}{MT} \times 100, \quad (28)$$

где P – сила ведущей руки, кг;

MT – масса тела, кг.

Среди функциональных проб, позволяющих оценить состояние кардиореспираторной системы, устойчивость организма к гипоксии и

гиперкапнии, прогнозировать выраженность последствий отрицательного воздействия стрессовых ситуаций на человека, особое место занимают пробы с задержкой дыхания.

Проба Штанге, которая заключается в произвольной остановке внешнего дыхания на вдохе, и проба Генча, при которой испытуемый задерживает дыхание на выдохе, обладают методической простотой и доступны в условиях массовых обследований.

При проведении проб с задержкой дыхания военнослужащие самостоятельно задерживали дыхание, исходя из своих физиологических возможностей. Определяли время задержки дыхания в каждой пробе, динамику ЧСС (уд/мин) и АД (мм.рт.ст) до дыхательной пробы и сразу после возобновления дыхания в пробах. Интервал между пробами составлял 1 ч.

Проба Штанге оценивалась: менее 39 сек – неудовлетворительно, от 40 до 49 сек – удовлетворительно, свыше 50 сек – хорошо.

Проба Генча оценивалась: менее 34 сек – неудовлетворительно, от 35 до 39 сек – удовлетворительно, свыше 40 сек – хорошо [165].

Для оценки функционального состояния кардиореспираторной системы рассчитывался индекс Богомазова (ИБ) по формуле [109]:

$$ИБ = (t \text{ Штанге (сек)} + t \text{ Генча (сек)}) \times 90 / 100 \text{ (баллы)}, \quad (29)$$

где t Штанге, t Генча – время задержки дыхания на вдохе и на выдохе, сек.

Рассчитанные по формуле значения, характеризующие определенный уровень резервных возможностей кардиореспираторной системы, переводились в нормально распределенные показатели – стеноны и оценивались в соответствии с критериями, представленными в таблице 2.

Таблица 2.

Состояние резервных возможностей кардиореспираторной системы

по данным ИБ (интерпретация результатов).

Баллы									
≤ 49	50-56	57-69	70-87	88-95	96-101	102-110	111-113	114-120	≥ 121
Стены									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Неудовлетворительное состояние резервных возможностей кардиореспираторной системы		Пограничное состояние резервных возможностей кардиореспираторной системы			Удовлетворительное состояние резервных возможностей кардиореспираторной системы				

Индекс респираторной адаптации (ИРА) позволил оценить компенсаторные возможности организма военнослужащих в зависимости от продолжительности задержки дыхания, полученной при проведении пробы Штанге.

$$ИРА = \frac{(ЖЕЛ \times t)}{(МТ \times ЧСС)}, \quad (30)$$

где ЖЕЛ – жизненная емкость легких, мл;

t – время задержки дыхания при пробе Штанге, сек;

МТ – масса тела, кг;

ЧСС – частота сердечных сокращений, уд/мин.

При значении ИРА более 25 – компенсаторные возможности организма оцениваются как удовлетворительные, менее 25 – неудовлетворительные [165].

На основании изменений частоты дыхания и сердечных сокращений рассчитывался индекс межсистемных взаимоотношений Хильдебранта, отображающий уровень кардиореспираторных взаимоотношений в организме [277].

$$Q = \frac{ЧСС}{ЧД}, \quad (31)$$

где ЧСС – частота сердечных сокращений, уд/мин;

ЧД – частота дыхания, кол/мин.

В покое он находится в диапазоне от 2,8 до 4,9 усл.ед. и свидетельствует о нормальных межсистемных соотношениях. Еще М.В.Черноруцкий отмечал, что

существует довольно стойкое соотношение ЧД:ЧСС как 1:4 [225]. Резкое увеличение Q указывает на перенапряжение сердечно-сосудистой системы, тогда как его снижение свидетельствует о процессах декомпенсации в дыхательной системе.

Исследование электрической активности сердца является одним из главных методов объективной оценки миокарда, т.к. изменения энергетического обмена в сердечной мышце предшествуют снижению её сократительной функции и развитию гемодинамических и метаболических сдвигов [55]. Биоэлектрическая активность миокарда изучалась с помощью электрокардиографии. Электрокардиограмма записывалась электрокардиографом портативным ЭК1Т – 07 «АКСИОН» в положении лежа на спине в 12 стандартных отведениях (I, II, III стандартные отведения по Эйнтховену, усиленные aVL, aVR, aVF по Гольдбергеру и однополосные грудные V1, V2, V3, V4, V5, V6 по Вильсону). Согласно общепринятым рекомендациям методом ручного промера определялись длительность интервалов и зубцов ЭКГ, измерялась их амплитуда или величина, ширина или длительность, ровность их контуров, направление от изоэлектрической линии. Интервалы между зубцами оценивались по своей длительности и форме. Кроме зубцов и интервалов, на ЭКГ анализировались предсердный и желудочковый комплексы, включающие в себя некоторые зубцы и интервалы, отражающие одно цельное явление, входящее в состав сложного процесса возбуждения миокарда [55, 98, 164].

Состояние адаптации можно охарактеризовать как процесс поддержания функционального состояния гомеостатических систем организма, обеспечивающий его сохранение, развитие, работоспособность, максимальную продолжительность жизни в адекватных и неадекватных условиях среды. При этом процессы адаптации направлены на выработку оптимальной стратегии живой системы, обеспечивающей её гомеостаз [85, 117, 225]. Исследование вегетативного баланса – важный элемент контроля за функциональными

состояниями организма военнослужащих в процессе служебной деятельности, так как ранняя диагностика напряжения и дизадаптивных расстройств позволяет своевременно провести профилактические или лечебно-оздоровительные мероприятия, чем сохраняется здоровье и качество служебно-боевой деятельности военнослужащего.

Вегетативный индекс Кердо (ВИК), который автор предложил использовать для определения состояния вегетативной нервной системы, вычисляли по формуле:

$$ВИК = \left[1 - \frac{ДАД}{ЧСС} \right] \times 100, \quad (32)$$

где ЧСС – частота сердечных сокращений, мин⁻¹;

ДАД – диастолическое артериальное давление, мм.рт.ст.

ВИК определяет вегетативный баланс, положительные значения индекса означают сдвиг вегетативного тонуса в сторону преобладания симпатического отдела вегетативной нервной системы, а отрицательные – в сторону парасимпатического, при значениях индекса равных нулю, наступает вегетативное равновесие [283].

О ходе адаптационных реакций и об уровне метаболизма в организме человека можно судить по изменениям показателей терморегуляции в динамике. В настоящем исследовании была проведена аксиллярная и сублингвальная термометрия у военнослужащих в арктических условиях в контрастные сезоны года.

Всего проведено 4840 различных исследований (табл. 3).

Таблица 3

Методы и объем проведенных исследований у военнослужащих

№№	Цель исследования	Вид исследования	Количество обследованных	Количество исследований	Количество показателей одного исследования, в т.ч. расчетные	Общее число показателей
1	Антропометрия	Измерение массы и длины тела	20	40	2	80
2	Оценка внешнего дыхания	Спирография	20	40	11	440
3	Оценка состава выдыхаемого воздуха	Определение PO_2 и BCO_2 в выдыхаемом воздухе с помощью газоанализатора	20	40	8	320
4	Оценка насыщения артериальной крови кислородом	Определение сатурации с помощью пульсового оксиметра	20	40	1	40
5	Оценка устойчивости организма к гиперкапнии, гипоксемии	Проведение проб с произвольной задержкой дыхания	20	40	15	600
6	Исследование показателей гемодинамики	Определение ЧСС и измерение АД	20	40	7	280
7	Изучение биоэлектрической активности миокарда	Электрокардиография	20	40	31	1240
8	Оценка типа реакции сердечно-сосудистой системы в ответ на дозированную нагрузку.	Проведение нагрузочной пробы Мартине-Кушелевского	20	40	20	1600
9	Оценка функционального состояния системы терморегуляции	Проведение сублингвальной и субаксиллярной термометрии	20	40	2	80
10	Определение мышечной силы	Динамометрия	20	40	4	160
	Всего:		20	400	101	4840

2.3. Математико-статистическая обработка данных

Анализ полученных результатов исследования проводился с помощью статистического пакета SPSS 13.0 [50]. В связи с малым размером выборки (20 человек), было принято считать распределение данных отличающимся от нормального [261], использовался дисперсионный анализ по Фридману, для попарных сравнений – критерий Вилкоксона с поправкой Бонферрони. Результаты обработки данных представлялись в виде медианы (Md), первого (Q_1) и третьего квартилей (Q_3).

Для статистического изучения связи между явлениями применялся корреляционный анализ с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r_s), оценивалась теснота связи, считая значения коэффициента от 0,01 до 0,29 показателями слабой тесноты связи; значения от 0,3 до 0,69 – показателями средней тесноты связи, а значения от 0,7 до 0,99 – показателями сильной тесноты связи [110]. Критический уровень значимости (p) в работе принимался равным 0,05.

Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Характеристика статических и динамических легочных объемов и емкостей в контрастные сезоны года у военнослужащих в Арктике

Статистическая обработка полученных результатов показала, что у военнослужащих, проходящих военную службу в условиях Арктики, в системе внешнего дыхания происходят сезонные функциональные перестройки (табл. 4).

Таблица 4

Показатели легочных объемов и емкостей у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике, Md (Q₁-Q₃)

n=20

Показатели	Период обследования		р
	Полярная ночь	Полярный день	
ЖЕЛ, л	8,1 (7,4; 8,3)	6,4 (5,6; 7,2)	<0,001
ДО, л	1,08 (0,89; 1,38)	0,97 (0,82; 1,45)	0,160
РОВд, л	2,15 (1,18; 2,60)	1,08 (0,55; 2,43)	0,141
РОВыд, л	4,83 (4,40; 5,60)	3,98 (1,58; 4,96)	0,006

Примечание: р – различия между показателями периода полярной ночи и полярного дня.

При анализе сезонных изменений легочных объемов и емкостей установлено статистически значимое возрастание величины ЖЕЛ и РОВыд в период полярной ночи в сравнении с аналогичными показателями в полярный день (рис.1).

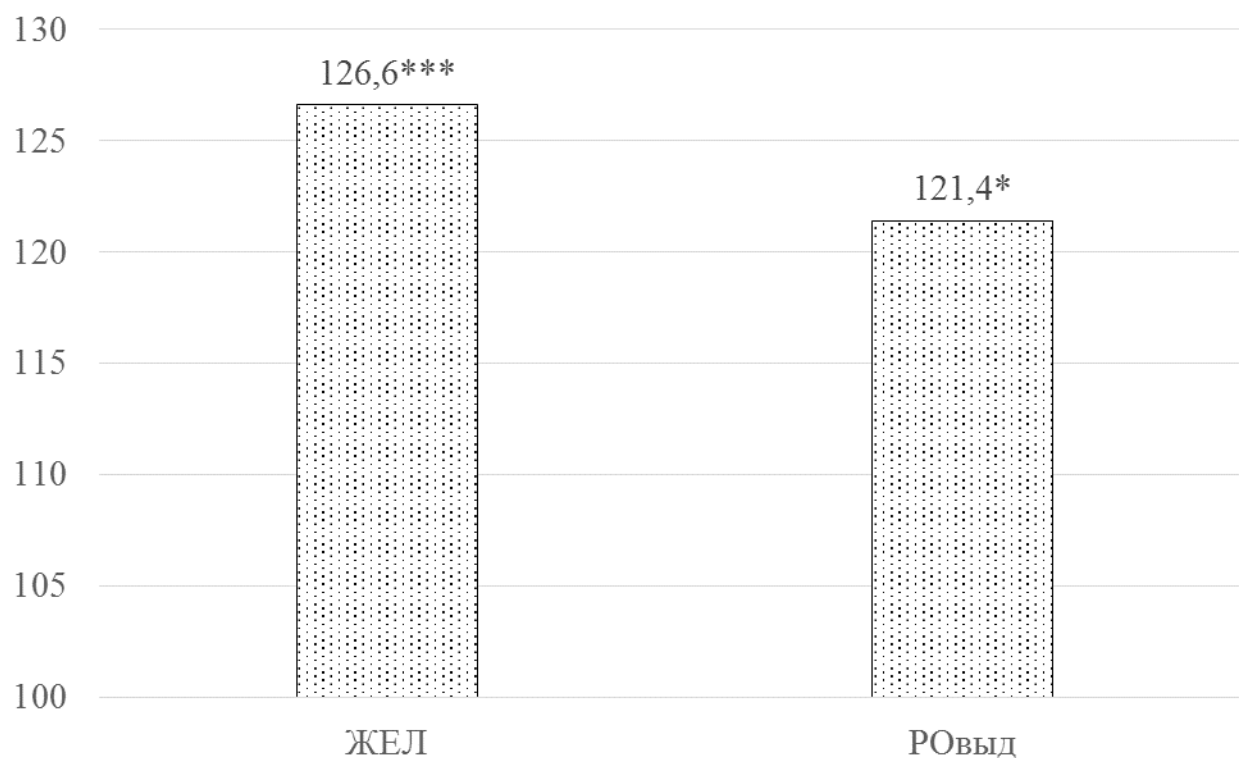


Рис. 1. Изменения величин жизненной емкости легких и резервного объема выдоха у военнослужащих, проходящих военную службу в Арктике, в период полярной ночи по сравнению с полярным днем.

Примечание. За 100 % приняты величины в полярный день. Различия по сравнению с полярным днем статистически значимы (*)

Исходя из того, что величина ЖЕЛ характеризует аэробные возможности системы внешнего дыхания, то по изменениям данного показателя можно судить о максимальной площади дыхательной поверхности легких, обеспечивающей газообмен. Одновременно ЖЕЛ является интегральным показателем аппарата вентиляции, включающим развитие и силу дыхательных мышц, подвижность грудной клетки, проходимость воздуха по бронхиальному дереву.

Повышенное значение ЖЕЛ в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня можно интерпретировать, как компенсаторно-приспособительную реакцию организма, направленную на увеличение площади поверхности легких, обеспечивающей газообмен и, соответственно, удовлетворяющей повышенные метаболические потребности организма в холодный сезон года.

Известно, что легкие выполняют функцию согревания и насыщения влагой воздуха, поступающего в дыхательные пути. Поэтому увеличение ЖЕЛ у военнослужащих в период полярной ночи направлено не только на обеспечение повышенного метаболизма, но и на кондиционирование вдыхаемого воздуха.

Одним из самых значимых показателей, характеризующих уровень функционирования системы внешнего дыхания, является величина дыхательного объема (ДО), указывающая на количество воздуха, которое вдыхается и выдыхается за один дыхательный цикл. При анализе полученных данных прослеживается тенденция к увеличению ДО у военнослужащих в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня, хотя статистически значимых отличий при этом не установлено ($p = 0,160$).

При фракционном анализе ЖЕЛ выявлено, что в период полярной ночи наблюдается повышение на 21,4 % величины резервного объема выдоха (РОВ_{выд}) по сравнению с таковой в период полярного дня ($p = 0,006$), в отличие от резервного объема вдоха (РОВ_{вд}), не имеющего статистически значимых сезонных различий ($p=0,141$). В настоящее время становится общепризнанным фактом, что величина РОВ_{выд} более важна для стабилизации дыхания, чем значение РОВ_{вд} [180, 238], поскольку РОВ_{выд} играет ключевую роль в механизмах регуляции и накопления метаболического CO_2 , т.к. в РОВ_{выд} функционально представляет собой буферную емкость воздухоносных путей и выступает в роли шлюза, позволяющего постепенно снижать парциальное давление кислорода во вдыхаемом воздухе до уровня альвеолярного и,

наоборот, препятствовать резкому снижению напряжения углекислого газа в легких до уровня атмосферного давления [13].

Таким образом, у военнослужащих в период полярной ночи в системе внешнего дыхания возникают физиологические реакции, направленные на увеличение легочную вентиляцию за счет использования на стабилизацию дыхания. Физиологический смысл повышения РОвыд в период полярной ночи заключается в том, что оно дает возможность значительно этого объема как в покое, так и при физической нагрузке, а значит, повысить поступление кислорода в легкие и выделение углекислого газа из организма в холодный период года.

Установлено, что в контрастные сезоны года у обследованных военнослужащих изменяются характер связей между фракционными показателями ЖЕЛ: регистрируются обратные, практически неизменные, взаимосвязи средней тесноты между РОвыд и РОвд (табл. 5).

Таблица 5

Взаимосвязи между легочными объемами и емкостями
у военнослужащих в контрастные сезоны года

Взаимосвязь		Полярная ночь	Полярный день
ЖЕЛ – РОвд	r_s	0,147	0,364
	p	0,538	0,115
ЖЕЛ – РОвыд	r_s	0,326	- 0,101
	p	0,161	0,673
РОвд – РОвыд	r_s	- 0,513	- 0,809
	p	0,021	<0,001

Проведенный расчет отношения ДО к ЖЕЛ в контрастные сезоны года показал, что военнослужащие при спокойном дыхании в период полярной ночи используют 13,3 % абсолютной величины ЖЕЛ, а в период полярного дня – 15,2 %.

Полученные величины практически не отличаются от данных исследования, проведенного Н.Г. Варламовой с соавт. [54], в ходе которого

установлено, что у молодых мужчин 18 – 22 лет, проживающих в Республике Коми, величина ДО в годовом цикле колеблется от 15,1 до 16,5 % ЖЕЛ. В то же время молодые мужчины – уроженцы Архангельской области в состоянии покоя используют 14,1 % от абсолютной величины ЖЕЛ [187], а жители Крайнего Севера – 20,7 % [243] (рис. 2).

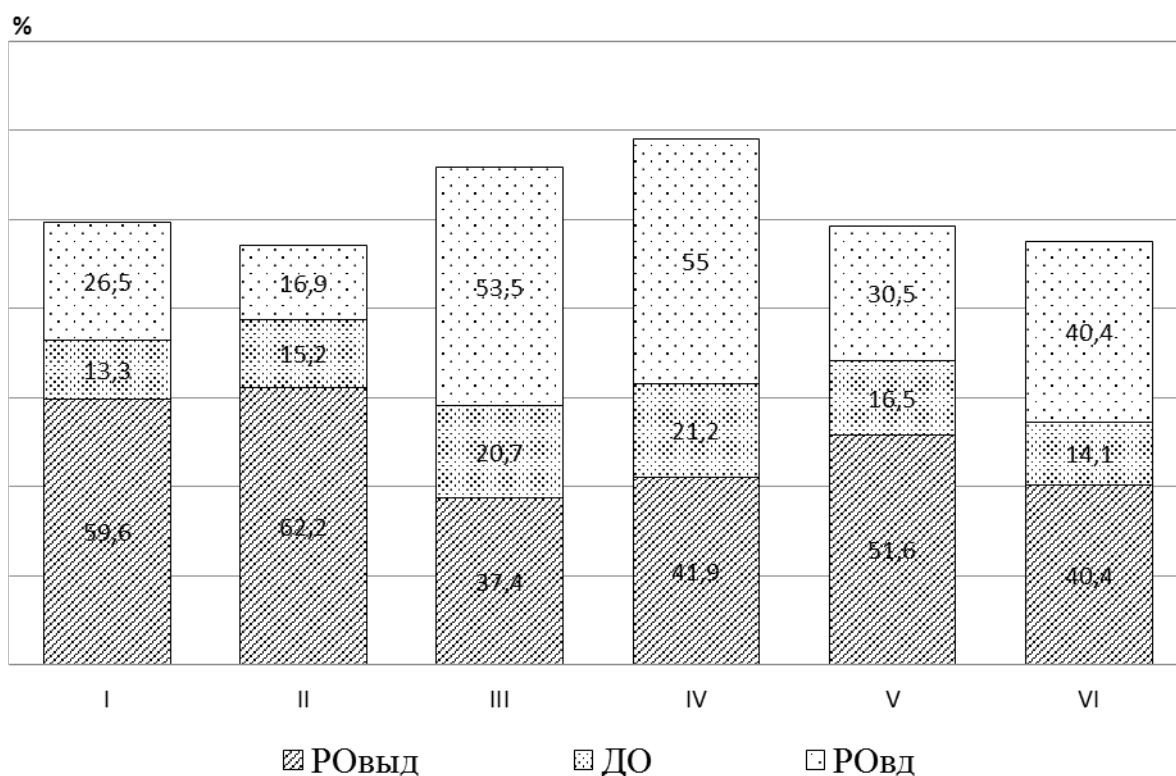


Рис. 2. Структура ЖЕЛ по данным разных авторов.

Примечание. I – собственные данные (полярная ночь), II – собственные данные (полярный день); III - данные Ю.Ф. Щербина (полярная ночь) [243]; IV – данные Ю.Ф. Щербина (полярный день) [243]; V – данные Н.Г. Варламовой [54]; VI – данные О.Н. Поповой [187].

Величина РОвд у обследованных военнослужащих составила 26,5 % ЖЕЛ в период полярной ночи, причем она несколько уменьшается в период полярного дня (16,9 % ЖЕЛ). Эти величины меньше значений, установленных для молодых мужчин Республики Коми (30,5 %) и уроженцев Архангельской области (44,0 %) [54, 187]. По данным Ю.В.Мойкина величина РОвд составляет 42 – 43 % ЖЕЛ [162].

Величина РОвыд у обследованных военнослужащих находилась в диапазоне 59,6 – 62,2 % ЖЕЛ соответственно в периоды полярной ночи и

полярного дня. Полученные величины больше данных, приведенных для жителей Республики Коми, - у мужчин в годовом цикле от 40,9 до 51,6 % ЖЕЛ [54], у жителей Архангельской области величина РОвыд составляет 40,4 % от ЖЕЛ [187].

Таким образом, у военнослужащих наблюдаются изменения в структуре ЖЕЛ, что, вероятно, обусловлено более суровыми природно-климатическими условиями Арктики, чем условия Европейского Севера.

Функциональное исследование аппарата внешнего дыхания предусматривает изучение легочной вентиляции в покое, поскольку основное предназначение вентиляции легких заключается в поддержании парциального давления кислорода в альвеолярном газе. Условно система внешнего дыхания может быть разделена на 3 функциональные составляющие: легочную ткань, воздухоносные пути и грудную клетку, причем любой из них может стать причиной изменения функции внешнего дыхания.

Известно, что величина МОД, обеспечивающая поддержание скорости поступления кислорода в легкие и выведение углекислого газа на необходимом уровне, является непосредственным результатом работы системы внешнего дыхания [74, 85].

При спокойном дыхании работа дыхательных мышц направлена на преодоление упругого сопротивления легочной ткани и грудной клетки, а также аэродинамического сопротивления дыхательных путей и сопротивления тканей. В покое эта работа составляет примерно 2 % от общих затрат энергии человека [119]. При нагрузках затраты энергии на работу дыхательных мышц увеличиваются более интенсивнее и могут достигать до 20 % от всех затрат энергии.

В проведенном исследовании у военнослужащих в условиях Арктики не установлено статистически значимых различий в величине минутной легочной вентиляции в контрастные сезоны года (табл. 6).

В ряде исследований [77, 185] установлено усиление вентиляции легких у северян в период полярной ночи, что является важнейшим приспособительным механизмом, обусловленным повышенной потребностью организма в кислороде в условиях усиленного тканевого метаболизма при повышенных энергозатратах.

Таблица 6

Показатели динамических легочных объемов
у военнослужащих в контрастные сезоны года, Md (Q_1 ; Q_3)

n=20

Показатели	Период обследования		p
	Полярная ночь	Полярный день	
МОД, л/мин	14,7 (11,6; 18,2)	15,5 (11,5; 24,1)	0,794
ЧД, кол/мин	14,5 (12,0; 15,7)	15,5 (14,0; 18,0)	0,028
МВЛ, л/мин	140,5 (113,9; 202,2)	103,7 (87,8; 138,8)	0,015

Примечание: p – различия между показателями периода полярной ночи и полярного дня.

Примечательно, что такое усиление легочной вентиляции в холодный период года у северян обеспечивалось преимущественно за счет увеличения ДО при незначительном увеличении ЧД [77, 187, 241]. Величина ЧД зависима от величины МОД, при этом, в зависимости от условий среды, организмом определяется оптимальная стратегия взаимоотношений между МОД, ЧД и ДО – величины ЧД и ДО дополняют друг друга в обеспечении МОД. Вероятно, соотношение между ними поддерживается дыхательным центром. Справедливо предположить, что в экстремальных условиях Арктики более рационально увеличение МОД за счет повышения ДО, чем ЧД, поскольку необходимый

уровень легочной вентиляции будет обеспечиваться оптимальным сочетанием повышенного газообмена с минимумом энергозатрат [84].

В проведенном исследовании установлено, что ЧД в период полярного дня была статистически значимо выше ЧД в период полярной ночи ($p=0,028$). Известно, что при увеличении ЧД возрастает балластная вентиляция анатомического мертвого пространства, при этом эффективность вентиляции закономерно снижается.

По мнению В.А. Матюхина [156], усиление функции внешнего дыхания по типу гипервентиляции с гипокапнией при уменьшении коэффициента использования кислорода может быть спровоцировано увеличением влагопотерь с поверхности органов дыхания, сопровождающимся ростом теплопотерь путем испарения.

При определении величины МВЛ можно косвенно оценить способность аппарата внешнего дыхания использовать свои функциональные возможности. Анализ полученных результатов показал, что величина МВЛ у военнослужащих в арктических условиях статистически значимо выше в период полярной ночи, чем в период полярного дня ($p=0,01$), что указывает на достаточно стабильный уровень предельных способностей аппарата внешнего дыхания в этот период.

В оценке функционального состояния дыхательной системы, помимо определения величин МОД, ДО и МВЛ, немаловажное значение имеет установление резерва дыхания (РД): чем выше РД, тем функция системы внешнего дыхания совершеннее.

Сравнительный анализ показателей резервных возможностей и эффективности вентиляции у военнослужащих в условиях Арктической зоны РФ выявил статистически значимое на 44,2 % превышение резерва дыхания в период полярной ночи ($p=0,023$), чем в период полярного дня (табл. 7).

Известно, что МОД имеет большую значимость в общей оценке состояния внешнего дыхания, однако необходимо учесть, что эта величина не является абсолютным показателем эффективности альвеолярной вентиляции [6, 81].

Поэтому у обследованных военнослужащих в арктических условиях была определена величина минутной альвеолярной вентиляции (МАВ).

Таблица 7

Показатели резервных возможностей и эффективности вентиляции у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике, Md (Q_1 - Q_3)

n=20

Показатели	Период обследования		p
	Полярная ночь	Полярный день	
РД, л/мин	124,9 (98,6; 184,5)	86,6 (68,6; 124,7)	0,023
МАВ, л/мин	13,5 (10,1; 16,2)	12,9 (10,2; 21,2)	0,852
ЭВ, %	104,1(100,5;110,3)	84,5 (81,1; 89,7)	< 0,001

Примечание: p – различия между показателями периода полярной ночи и полярного дня.

Известно, что величина МАВ указывает на количество провентилированного воздуха, реально дошедшего до альвеол и участвующего в газообмене. Анализ полученных результатов не выявил статистически значимых различий данной величины в контрастные сезоны года ($p=0,852$).

Величина ЭВ в период полярной ночи статистически значимо на 23,2 % превышала значение ЭВ в период полярного дня, что указывает на меньшую эффективность альвеолярной вентиляции у военнослужащих в условиях Арктики в период полярного дня, по всей вероятности, за счет существования функционального механизма, затрудняющего газообмен на уровне альвеол.

Таким образом, по результатам исследования динамических легочных объемов у военнослужащих в арктических условиях установлена более напряженная работа аппарата внешнего дыхания, увеличение резервных возможностей дыхания и повышение эффективности альвеолярной вентиляции в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня.

Резюме

Анализ полученных результатов исследования статических и динамических легочных объемов у военнослужащих, несущих военную службу в Арктической зоне Российской Федерации, выявил наличие сезонных изменений.

Так, установлена зависимость величины ЖЕЛ от сезонов года. Например, величина ЖЕЛ в полярную ночь превышает значение ЖЕЛ в полярный день на 26,6 % ($p < 0,001$). Можно заключить, что у военнослужащих в период полярной ночи создаются условия для более эффективного приспособления легочной вентиляции к удовлетворению повышенных метаболических потребностей организма в холодный период года, а также для улучшения кондиционирования вдыхаемого воздуха, направленного на его согревание и увлажнение, за счет увеличенной ЖЕЛ.

В период полярной ночи в условиях Арктики у военнослужащих установлена тенденция к увеличению ДО по сравнению с периодом полярного дня, что, возможно, обусловлено увеличением количества функционирующих альвеол.

При фракционном анализе ЖЕЛ выявлено, что в период полярной ночи у военнослужащих наблюдается повышение на 21,4 % величины РОвыд по сравнению с таковой в период полярного дня ($p = 0,006$), в отличие от величины РОвд, которая не имеет статистически значимых сезонных различий.

Определение процентного отношения ДО к ЖЕЛ в контрастные сезоны года показал, что военнослужащие при спокойном дыхании в период полярной ночи используют 13,3 % абсолютной величины ЖЕЛ, а в период полярного дня – 15,2 %. Величина РОвд у обследованных военнослужащих составила 26,5 % ЖЕЛ в период полярной ночи, причем она несколько уменьшается в период полярного дня (16,9 % ЖЕЛ). Величина РОвыд у обследованных военнослужащих находился в диапазоне 59,6 – 62,2 % ЖЕЛ соответственно в периоды полярной ночи и полярного дня.

Величина МВЛ у военнослужащих в условиях Арктики в период полярной ночи статистически значимо превышал величину МВЛ в период полярного дня ($p=0,015$), что отражает стабильность предельных способностей аппарата внешнего дыхания в данный сезон года.

Установлено, что величина РД у военнослужащих в период полярной ночи на 44,2 % превышает данную величину в период полярного дня. При этом анализ величины МАВ не выявил статистически значимых различий в контрастные сезоны года ($p=0,852$), однако величина ЭВ в период полярной ночи выше на 23,3 %, чем в период полярного дня.

Таким образом, установлено, что для периода полярной ночи характерно увеличение величины ЖЕЛ и РОвыд, изменение структуры ЖЕЛ и характера взаимосвязей между ее составляющими. При этом предельные и резервные возможности аппарата внешнего дыхания повышаются.

3.2. Характеристика легочного газообмена и его экономичность у военнослужащих в Арктике в контрастные сезоны года

Легочной газообмен является важной функцией дыхания. Он отражает интенсивность метаболизма и характеризует обмен газов между альвеолярным воздухом и кровью легочных капилляров [80, 116, 117].

Статистическая обработка полученных данных показала наличие статистически значимых функциональных изменений легочного газообмена у военнослужащих в период полярной ночи и полярного дня (табл. 8).

Таблица 8

Показатели легочного газообмена у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике, Md (Q₁; Q₃)

n=20

Показатели	Период обследования		p
	Полярная ночь	Полярный день	
FeO ₂ , %	16,9 (16,4; 17,3)	17,9 (17,6; 18,3)	0,006
FeCO ₂ , %	2,1 (1,7; 2,5)	2,8 (2,6; 3,2)	<0,001
ПО ₂ , мл/мин	548,8 (432,9; 677,1)	470,9 (270,2; 571,8)	0,015
BCO ₂ , мл/мин	259,6 (205,9; 312,8)	450,8 (308,5; 571,5)	0,008
КИО ₂ , мл/л	46,8 (41,1; 52,2)	30,4 (25,9; 33,6)	0,003
O _{2RC} , мл	40,2 (35,2; 46,7)	27,5 (18,5; 41,0)	0,002
O _{2CC} , мл	7,4 (5,7; 9,2)	5,6 (3,7; 7,1)	0,005
SpO ₂ , %	97 (96; 97)	97 (97; 98)	0,174

Примечание: p - различия между показателями периода полярной ночи и полярного дня.

Так, в период полярной ночи по сравнению с полярным днем в выдыхаемом воздухе значительно уменьшилось содержание кислорода, что отражает увеличенную потребность организма в кислороде в период полярной ночи. Содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе в полярную ночь по сравнению с полярным днем также уменьшилось.

Важным показателем, характеризующим обмен газов между альвеолярным воздухом и кровью легочных капилляров, является величина PO_2 [6]. Анализ полученных результатов показал зависимость данного показателя от сезона года. Так, величина PO_2 в период полярной ночи была на 16,6 % выше, чем в период полярного дня ($p = 0,015$). Вероятно, в период полярной ночи происходит интенсификация окислительного метаболизма, поскольку нахождение в экстремальных климатогеографических условиях Арктики сопровождается повышением энерготрат, а, следовательно, и повышением потребности в кислороде.

Для оценки функционального состояния аппарата внешнего дыхания определенный интерес представляет сопоставление показателей PO_2 и МОД, поскольку скорость нарастания PO_2 зачастую может отставать от темпа увеличения МОД [172]. В связи с этим рассчитан коэффициент использования кислорода (KIO_2), отражающий количество миллилитров кислорода, потребляемого организмом из каждого литра поступающего в легкие воздуха. Известно, что на величину KIO_2 оказывает влияние объем альвеолярной вентиляции и условия диффузии кислорода. Кроме того, значение KIO_2 зависит от совершенства координации между легочной вентиляцией и кровообращением в малом круге. Иными словами, величина KIO_2 , в норме составляющая 35 – 40 мл/л, характеризует эффективность вентиляции и газообмена в легких [61, 69].

Анализ полученных данных показал, что величина КИО₂ у военнослужащих в период полярной ночи была значимо выше, чем в период полярного дня ($p = 0,003$) (рис. 3).

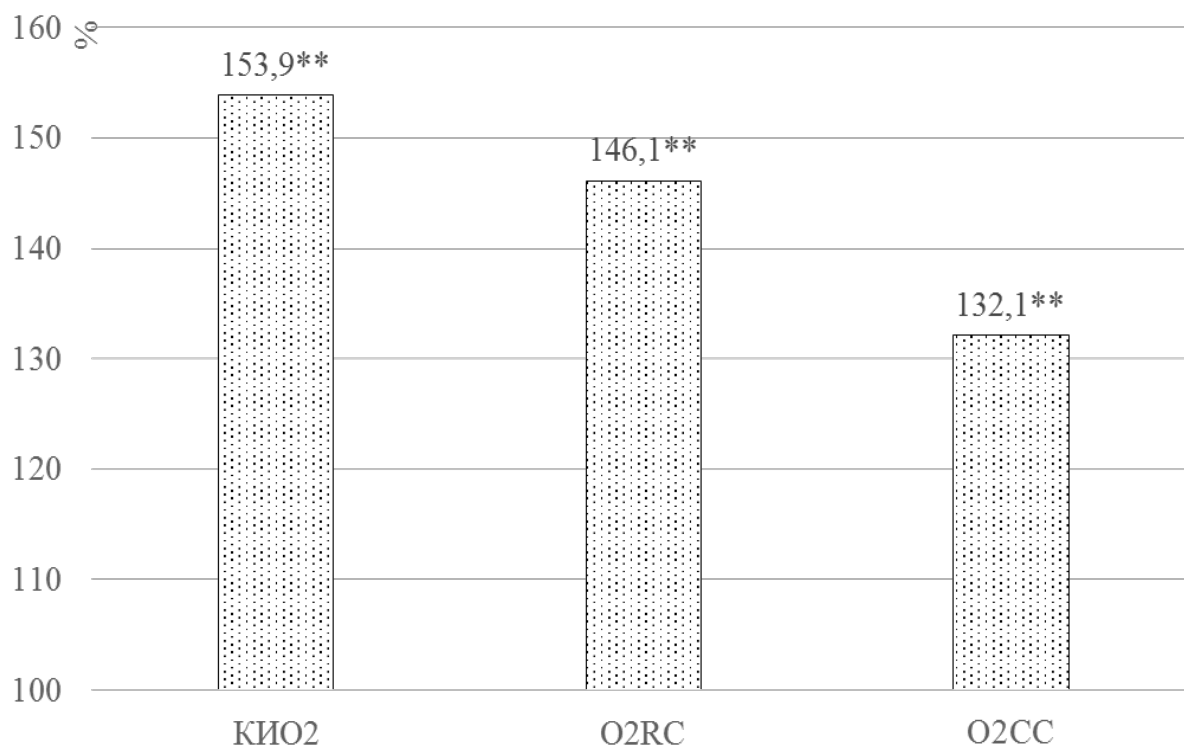


Рис. 3. Характеристика экономичности легочного газообмена у военнослужащих в Арктической зоне РФ в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня.

Примечание. За 100 % приняты величины в полярный день. Различия по сравнению с полярным днем статистически значимы (*).

Об эффективности легочного газообмена и экономичности кислородных режимов в организме в контрастные сезоны года позволяет судить показатель кислородного эффекта одного дыхательного цикла (O_{2RC}) и кислородный эффект одного сердечного цикла (O_{2CC}). Расчет величин O_{2RC} и O_{2CC} у военнослужащих показал статистически значимое увеличение их в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня ($p = 0,002$ и $p = 0,005$ соответственно). Более высокие значения приведенных показателей в период полярной ночи указывают на повышение эффективности легочного газообмена в этот период года.

Результаты измерения S_pO_2 у обследованных военнослужащих в контрастные сезоны года не выявили статистически значимых различий, отмечен достаточно стабильный уровень данного показателя в пределах 97 % в период как полярной ночи, так и полярного дня. Необходимо отметить, что в норме величина S_pO_2 составляет $93,0 \pm 2,3$ %. При стрессовых ситуациях насыщение артериальной крови кислородом может достигать 95 – 98 % [6].

Резюме

Статистический анализ полученных результатов исследования показателей легочного газообмена и его эффективности у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике выявил существенные сезонные изменения. Так, установлено уменьшение содержания кислорода в выдыхаемом воздухе в период полярной ночи по сравнению с полярным днем, что обусловлено, вероятно, увеличенной потребностью организма военнослужащих в кислороде в период полярной ночи.

Поскольку в экстремальных условиях Арктики организм испытывает повышенную потребность в кислороде для усиления теплопродукции, то увеличение у военнослужащих PO_2 в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня представляется закономерным результатом, обусловленным интенсификацией окислительного метаболизма.

Также установлено, что показатели эффективности легочного газообмена, такие как KIO_2 , O_{2RC} и O_{2CC} , в период полярной ночи были статистически значимо выше, чем в период полярного дня.

Кроме того, в настоящем исследовании у военнослужащих в контрастные сезоны года регистрировался достаточно стабильный, несколько выше нормальных показателей, уровень S_pO_2 .

Таким образом, полученные результаты исследований показателей газообмена и его эффективности у военнослужащих в Арктике в контрастные сезоны года указывают на то, что у них наряду с целесообразными

компенсаторно-приспособительными реакциями системы внешнего дыхания, направленными на уравнивание с внешней средой, имеются элементы скрытых функциональных нарушений.

3.3. Сезонные изменения гемодинамических показателей у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике

Сердечно-сосудистая система, обеспечивая кислородтранспортную функцию в организме человека, одной из первых вовлекается в компенсаторно-приспособительную деятельность организма. В этой связи, система кровообращения в экологической физиологии и физиологии труда по праву рассматривается в качестве индикатора адаптационных реакций организма, как к климатогеографическим условиям, так и к профессиональной деятельности [6, 10, 78, 204].

Важно отметить, что необходимое для нормальной жизнедеятельности поддержание обеспечения организма кислородом регулируется путем сопряжения дыхания и гемодинамики, что проявляется в изменении показателей, характеризующих эти процессы.

Известно, что сердечно-сосудистая система достаточно динамично реагирует на многие внешние и внутренние возмущения, однако при этом стремится стабилизировать параметры на определенном функциональном уровне [7, 10, 85].

В основе оценки степени напряжения регуляторных механизмов и функциональных резервов организма человека лежат методы исследования функций сердечно-сосудистой системы.

Одной из значимых характеристик функционального состояния сердечно-сосудистой системы является уровень артериального давления – производного сложного комплекса регуляторных и гемодинамических влияний: состояния сердца, сосудов, тканей, различных звеньев регуляции – центральных, вегетативных и гуморальных [70, 91, 92].

Поскольку частота сердечных сокращений служит информативным и чувствительным индикатором функционального состояния организма, её

измерение является обязательным компонентом физиологического исследования [229].

При анализе полученных у военнослужащих данных установлено, что кардинальных изменений со стороны ЧСС, САД, ДАД и ПАД в контрастные сезоны года у них не произошло, однако имелись некоторые особенности (табл.9).

Таблица 9

Показатели деятельности сердечно-сосудистой системы
у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике, Md (Q₁; Q₃)

n=20

Показатель	Период обследования		р
	Полярная ночь	Полярный день	
САД, мм рт.ст.	127,5 (120; 137,5)	130 (120;130)	0,271
ДАД, мм рт.ст.	77,5 (70; 80)	77,5 (70; 80)	0,676
ПАД, мм рт.ст.	50 (40; 60)	50 (40; 60)	0,735
ЧСС, уд. в мин.	72 (69; 79,5)	76 (72; 84)	0,155
СВ, мл	60,1 (56,7; 67,2)	59,1 (54,8; 72,1)	0,931
МОК, л/мин	4,5 (4,12; 5,27)	4,8 (4,22; 5,25)	0,334
СДД, мм рт.ст	96,4 (91,7; 100,6)	96,8 (95,2; 101,0)	0,867
ОПСС, дин×сек ⁻¹ см ⁻⁵	1675,9 (1549,9; 1973,2)	1648 (1428,0; 1837,4)	0,073
ДП, усл.ед.	90,6 (82,6;106,4)	93,6 (86,4; 109,2)	0,412

Примечание: р - различия между показателями периода полярной ночи и полярного дня.

Величина минутного объема кровообращения (МОК), выступая индикатором уровня функционирования сердечно-сосудистой системы,

отражает ее способность обеспечивать адекватное снабжение кровью органы и ткани, уровень максимального потребления кислорода и физической работоспособности организма в целом. Помимо МОК в настоящем исследовании определены показатели, характеризующие количество протекающей через сосуды крови и доставляемых тканям кислорода и питательных веществ: СВ, СДД в артериях и ОПСС в прекапиллярах.

Известно, что механизм поддержания определенного уровня АД направлен на обеспечение достаточного кровотока, который определяет градиент кислорода между кровью и тканями. Отсутствие у военнослужащих статистически значимых различий в показателях СДД в контрастные сезоны года указывает на относительно стабильные энергетические затраты, т.е. свидетельствует о прочности регуляторных механизмов гомеостаза.

Однако, полученные у военнослужащих величины СДД в контрастные сезоны года в Арктике превышали данные, приведенные в других исследованиях [85, 151]. Достаточно высокие величины СДД у военнослужащих косвенно указывают на напряжение адаптационных механизмов, проявляющиеся усилением функции кровообращения, как в период полярной ночи, так и в период полярного дня.

Важность роли сосудистого тонуса в обеспечении гомеостаза сердечно-сосудистой системы в условиях Арктики не вызывает сомнений. В этой связи изучение периферического сопротивления сосудов в контрастные сезоны года представляло оправданный интерес. При анализе полученных у военнослужащих данных установлена тенденция к увеличению величины ОПСС в период полярной ночи, хотя статистически значимых различий в контрастные сезоны года не выявлено ($p=0,073$). Однако, более высокий уровень ОПСС в период полярной ночи у военнослужащих может указывать на возрастание энерготрат и уменьшение эффективности в работе сердца в данный период, что усложняет условия обеспечения функции сердечно-сосудистой

системы, поскольку возрастает противодействие кровотоку в транспортно-демпферном звене.

Величина СВ в контрастные сезоны года у военнослужащих в Арктике также статистически значимо не различалась ($p=0,931$).

Величина индекса Робинсона в период полярной ночи и полярного дня варьировала от 90,6 до 93,6 усл.ед., что соответствует среднему уровню физического здоровья военнослужащих на всем протяжении пребывания их на архипелаге Земля Франца-Иосифа.

Индекс напряжения миокарда, показатель внешней работы миокарда, а также коэффициент эффективности миокарда рассчитывались по известной методике [9]. При анализе полученных результатов в настоящем исследовании не установлено статистически значимых различий в данных расчетных величинах, что может быть обусловлено устойчивостью адаптивных реакций сердечно-сосудистой системы у военнослужащих в контрастные сезоны года (табл. 10).

Таблица 10

Характеристика показателей ВРМ, ИНМ, КЭМ у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике, Md (Q₁; Q₃).

n=20

Показатель	Период обследования		p
	Полярная ночь	Полярный день	
ВРМ	5,6 (5,3; 6,8)	5,9 (5,5; 6,8)	0,977
ИНМ	9,0 (8,3; 10,6)	9,4 (8,6; 10,9)	0,432
КЭМ	0,62 (0,54; 0,71)	0,63 (0,53; 0,68)	0,911

Примечание: p - различия между показателями периода полярной ночи и полярного дня.

Таким образом, установленные изменения сердечно-сосудистой системы у военнослужащих следует отнести к компенсаторно-приспособительным реакциям организма, обусловленных как динамически изменяющимися природно-климатическими условиями, так и особенностями оперативно-служебной деятельности.

Известно, что одним из главных методов объективной оценки состояния миокарда является исследование биоэлектрической активности сердца, поскольку изменения энергетического обмена в миокарде, как правило, опережают снижение его сократительной функции и развитие гемодинамических и метаболических сдвигов [49, 98].

В настоящее время общепризнано, что изменения параметров ЭКГ могут служить маркером не только возрастных изменений в сердечно-сосудистой системе [266], но и влияния климатических условий на организм человека [55], а также адаптационного процесса [137], отражая адаптивные реакции сердца, как к напряженной мышечной деятельности, так и к влияниям окружающей среды.

При статистическом анализе результатов ЭКГ во втором стандартном отведении у военнослужащих были выявлены незначительные сезонные изменения биоэлектрической активности миокарда (табл. 11).

Таблица 11

Амплитуда зубцов электрокардиограммы у военнослужащих
во II стандартном отведении, Md (Q1; Q3)

n=20

Показатель	Полярная ночь	Полярный день	p
P, мм	2,00 (1,28; 2,00)	2,00 (1,13; 2,00)	0,391
Q, мм	1,00 (0,63; 1,4)	1,00 (0,15; 1,00)	0,033
R, мм	11,00 (8,25; 13,00)	11,00 (7,63; 13,75)	0,334

Показатель	Полярная ночь	Полярный день	p
S, мм	1,00 (0,50; 1,50)	1,0 (0,50; 1,37)	0,497
T, мм	3,25 (3,00; 4,00)	4,00 (3,00; 4,00)	0,190

Примечание: p - различия между показателями периода полярной ночи и полярного дня.

Известно, что процесс деполяризации предсердий отражает зубец Р. При статистическом анализе результатов ЭКГ-исследований во II стандартном отведении в контрастные сезоны года в арктических условиях у военнослужащих амплитуда зубца Р оставалась практически неизменной. Отсутствие значимых сезонных изменений амплитуды зубца Р, возможно, объясняется его сложным генезом и, соответственно, его малой чувствительностью к изменению сезонных климатических факторов в контрастные сезоны года. Известно, что на формирование нормальной предсердной ЭКГ, отображаемой зубцом Р, влияет состояние проводящей системы миокарда предсердий, скорость и направление распространения возбуждения по правому и левому предсердиям. Направление вектора зубца Р сверху вниз и справа налево обусловлено исходом возбуждения из синусового узла, находящегося преимущественно в правой и верхней части правого предсердия, тогда как основная часть миокарда предсердий расположена ниже и левее места импульса [98, 164]. В этой связи на обычной ЭКГ ряд деталей зубца Р, отражающих изменения условий проведения возбуждений и деполяризации сократительных элементов различных отделов предсердий, неразличимы, чем, по всей видимости, можно объяснить отсутствие значимых изменений зубца Р в контрастные сезоны года у военнослужащих в Арктике.

Анализ биоэлектрической активности миокарда желудочков во II стандартном отведении у военнослужащих выявил ряд сезонных изменений. Как известно, начало распространения импульса по желудочкам, а именно по межжелудочковой перегородке, отражается зубцом Q [98, 164]. Установлено, что амплитуда этого зубца в период полярной ночи статистически значимо больше, чем в период полярного дня ($p=0,033$).

Известно, что зубец R соответствует процессу дальнейшего распространения возбуждения по миокарду правого и левого желудочков и отражает возбуждение верхушки сердца, а распространение электрического импульса в базальных отделах правого и левого желудочков отражает зубец S.

При обследовании военнослужащих установлено, что амплитуда как зубца R, так и зубца S в контрастные сезоны года статистически значимых различий не имела.

Амплитуда зубца T, отражающего процесс реполяризации желудочков, также статистически значимо у военнослужащих не изменялась.

Процессу распространения возбуждения по предсердиям соответствует интервал PQ. Продолжительность этого интервала у всех обследованных военнослужащих укладывалась в пределы физиологической нормы, при этом статистически значимых сезонных изменений данного показателя не выявлено (табл. 12).

Таблица 12

Длительность интервалов электрокардиограммы
во II стандартном отведении у военнослужащих
в контрастные сезоны года в Арктике, Md (Q1; Q3)

n=20

Показатель	Полярная ночь	Полярный день	p
PQ, сек.	0,16 (0,14; 0,17)	0,16 (0,14; 0,16)	0,468
QT, сек.	0,40 (0,40; 0,40)	0,40 (0,36; 0,40)	0,092

Примечание: p - различия между показателями периода полярной ночи и полярного дня.

Интервал Q–T, или электрическая систола сердца, во II стандартном отведении у военнослужащих не имел статистически значимых различий в продолжительности в контрастные сезоны года, что свидетельствует о стабильности времени возврата желудочков из состояния возбуждения в состояние покоя как в период полярной ночи, так и период полярного дня.

Исследование амплитуды зубца Q в грудных отведениях выявило некоторые сезонные различия. Так, в отведениях V_4 и V_5 отмечалось статистически значимое углубление амплитуды зубца Q в период полярной ночи в сравнении с полярным днем ($p=0,008$ и $p=0,02$ соответственно) (табл. 13).

Таблица 13

Изменение амплитуды зубцов ЭКГ у военнослужащих в грудных отведениях, Md (Q₁; Q₃)

n=20

Период наблюдения	Отведение V1				Отведение V2				Отведение V3			
	Зубцы				Зубцы				Зубцы			
	Q, mV	R, mV	S, mV	T, mV	Q, mV	R, mV	S, mV	T, mV	Q, mV	R, mV	S, mV	T, mV
Полярная ночь	0	0,4 (0,2; 0,7)	1,0 (0,7; 1,3)	0,1 (-0,1; 0,2)	0	0,7 (0,4; 1,1)	1,4 (0,9;1,9)	0,6 (0,4; 0,7)	0 (0,0;1,0)	1,3 (1,1;1,65)	0,8 (0,55;1,0)	0,5 (0,4;0,85)
Полярный день	0	0,4 (0,2; 0,7)	1,1 (0,7; 1,3)	0,2 (0,2; 0,4)	0	0,8 (0,6; 1,2)	1,4 (0,9; 2,0)	0,7 (0,6; 0,9)	0 (0,0;2,0)	1,3 (0,9; 1,7)	0,5 (0,3;0,95)	0,6 (0,4;0,85)
р	1,0	0,030	0,206	0,007	1,0	0,001	0,166	0,004	0,317	0,782	0,739	0,739

Период наблюдения	Отведение V4				Отведение V5				Отведение V6			
	Зубцы				Зубцы				Зубцы			
	Q, mV	R, mV	S, mV	T, mV	Q, mV	R, mV	S, mV	T, mV	Q, mV	R, mV	S, mV	T, mV
Полярная ночь	1,0 (0,0; 2,0)	1,6 (1,5; 1,8)	0,3 (0,1;0,4)	0,4 (0,3;0,6)	1,0 (0,0;2,0)	1,3 (1,15;1,45)	0,1 (0,0; 0,2)	0,3 (0,3; 0,6)	1,0 (0,0;2,0)	1,2 (1,0;1,45)	0,1 (0,0;0,17)	0,3 (0,2; 0,47)
Полярный день	0,0 (0,0; 1,0)	1,5 (1,1; 1,9)	0,7 (0,2;0,8)	0,6 (0,4; 0,7)	1,0 (0,0; 2,0)	1,3 (0,85;1,45)	0,2 (0,1;0,3)	0,3 (0,3; 0,5)	1,0 (0,0;2,0)	1,25 (1,0; 1,5)	0,15 (0,0;0,27)	0,3 (0,2;0,47)
р	0,008	0,593	<0,001	0,007	0,025	0,763	0,005	0,739	0,705	0,763	0,034	0,739

Примечание: р - различия между показателями периода полярной ночи и полярного дня.

При анализе амплитуды зубца R в грудных отведениях установлена статистически значимо меньшая его амплитуда в период полярной ночи в отведениях V_1 ($p=0,03$) и V_2 ($p=0,001$) в сравнении с периодом полярного дня.

Установлено, что глубина зубца S статистически значимо уменьшалась в период полярной ночи в отведениях V_4 ($p=0,007$), V_5 ($p=0,005$) и V_6 ($p=0,03$) относительно периода полярного дня.

В отведениях V_1 и V_2 показатели амплитуды зубца T в период полярной ночи статистически значимо ниже показателей полярного дня ($p=0,007$ и $p=0,004$ соответственно), что указывает на ухудшение обменных процессов в правых отделах сердца в период полярной ночи по сравнению с полярным днем. В отведении V_4 прослеживается статистически значимое уменьшение амплитуды зубца T в период полярной ночи в сравнении с периодом полярного дня ($p=0,007$), а в отведениях V_5 и V_6 сезонных изменений не выявлено (рис. 4).

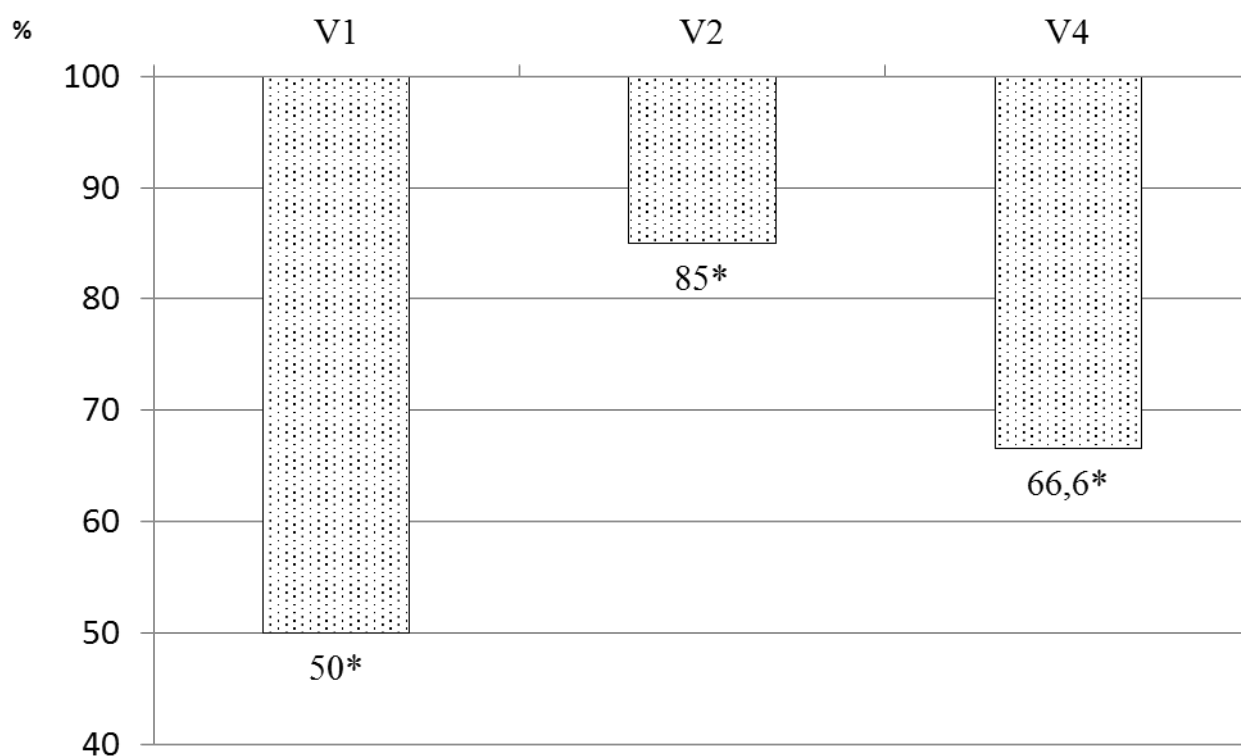


Рис. 4. Изменение амплитуды зубца T в отведении V_1 , V_2 и V_4 у военнослужащих в Арктике в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня.

Примечание. За 100 % приняты величины в полярный день. Различия по

сравнению с полярным днем статистически значимы (*).

Таким образом, у военнослужащих в арктических условиях наблюдаются сезонные изменения биоэлектрической активности миокарда, причем в большей степени в правых отделах сердца.

Резюме

Статистический анализ полученных у военнослужащих результатов исследования гемодинамических показателей установил, что значимых изменений со стороны ЧСС, САД, ДАД и ПАД в контрастные сезоны года не произошло.

Однако, выявлены достаточно высокие показатели СДД у военнослужащих в сравнении с данными, полученными в других исследованиях, что, вероятно, указывает на напряжение адаптационных механизмов, проявляющихся интенсификацией кровообращения, как в период полярной ночи, так и в период полярного дня.

Установлена тенденция к увеличению величины ОПСС в период полярной ночи, что может указывать на снижение эффективности работы сердца и возрастание энергетических затрат в данный период, поскольку создаются более напряженные условия для функционирования сердечно-сосудистой системы, так как возрастает противодействие кровотоку в транспортно-демпферном звене.

Расчет индекса Робинсона позволил выявить средний уровень физического здоровья военнослужащих в условиях архипелага Земля Франца-Иосифа как в период полярной ночи, так и в период полярного дня.

Выявлено, что у военнослужащих в Арктике отсутствуют статистически значимые сезонные различия в показателях ВРМ, ИНМ и КЭМ.

Анализ биоэлектрической активности сердца у военнослужащих в грудных отведениях выявил наличие сезонных изменений: амплитуда зубца Q в V_4 и V_5 в период полярной ночи статистически значимо превышала таковую в период полярного дня, амплитуда зубца R в V_1 и V_2 и высота зубца S в отведениях V_4 , V_5 и V_6 в период полярной ночи были ниже, чем в период полярного дня. Наименьшая амплитуда зубца T отмечена в период полярной ночи в отведениях V_1 , V_2 и V_4 .

Таким образом, выявлены сезонные изменения гемодинамических показателей в контрастные сезоны года у военнослужащих в Арктике.

3.4. Характеристика функциональных резервов кардиореспираторной системы у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике

Военная служба значительно изменяет условия жизнедеятельности индивидуума, что зачастую требует наличия высоких функциональных возможностей и значительных физиологических резервов организма [97, 124], то есть выработанных в процессе эволюции адаптационных и компенсаторных способностей организма, позволяющих переносить в определенных условиях повышенную, по сравнению с обычной деятельностью, нагрузку [109].

Часто, под влиянием больших физических и психологических нагрузок, происходит возникновение новых или обострение имеющихся скрытых заболеваний, что может способствовать утрате профессиональных качеств военнослужащего и, в конечном итоге, ограничению годности к военной службе по состоянию здоровья. В этой связи, необходимость определения функциональных резервов организма, обеспечивающих успешность профессиональной адаптации военнослужащих, особенно в неблагоприятных климатогеографических условиях, является актуальной задачей.

Среди методических приемов, позволяющих оценить резервные возможности организма, прогнозировать выраженность последствий отрицательного воздействия стрессовых ситуаций на человека, важное место занимают функциональные пробы [205, 206].

Оценить общее функциональное состояние кардиореспираторной системы, устойчивость организма к гипоксии и гиперкапнии позволяют пробы с задержкой дыхания [114, 150, 161]. Проба Штанге и проба Генча обладают методической простотой и доступны в условиях скрининговых обследований, особенно в полевых условиях.

Анализ полученных результатов показал наличие статистически значимых функциональных изменений в кардиореспираторной системе военнослужащих при выполнении функциональных проб с задержкой дыхания в контрастные сезоны года в условиях Арктики (табл. 14).

Таблица 14

Продолжительность произвольной задержки дыхания у военнослужащих при проведении функциональных проб, Md (Q₁; Q₃).

n=20

Показатели	Период обследования		p
	Полярная ночь	Полярный день	
Проба Генча, сек	20 (20; 35)	33,5 (24,5; 39,8)	<0,001
Проба Штанге, сек	66 (54,3; 95)	65,5 (48,5; 95,75)	0,610

Примечание: p - различия между показателями периода полярной ночи и полярного дня.

Продолжительность пробы Генча в период полярной ночи была статистически значимо ниже таковой в период полярного дня ($p < 0,001$), что, по всей видимости, обусловлено недостаточной устойчивостью к гипоксии, неэкономичностью функционирования кардиореспираторной системы в период полярной ночи.

Исходя из того, что задержка дыхания на выдохе менее 34 сек. оценивается как неудовлетворительная, в проведенном исследовании у военнослужащих проба Генча в период полярной ночи оценивалась как неудовлетворительная, а в период полярного дня – удовлетворительная.

При оценке пробы Штанге не получено статистически значимых различий в продолжительности задержки дыхания у военнослужащих в контрастные сезоны года ($p = 0,610$).

Для оценки функционального состояния кардиореспираторной системы рассчитывался индекс Богомазова [109], интерпретация полученных результатов которого установила удовлетворительное состояние резервных возможностей кардиореспираторной системы в период полярной ночи лишь у 30 (95% ДИ: 9,9 – 50,1) военнослужащих, их пограничное состояние – у 65 % (95% ДИ: 44,1 – 85,9) и неудовлетворительное – у 5 % (95% ДИ: 4,5 – 14,5) обследованных (рис. 5).

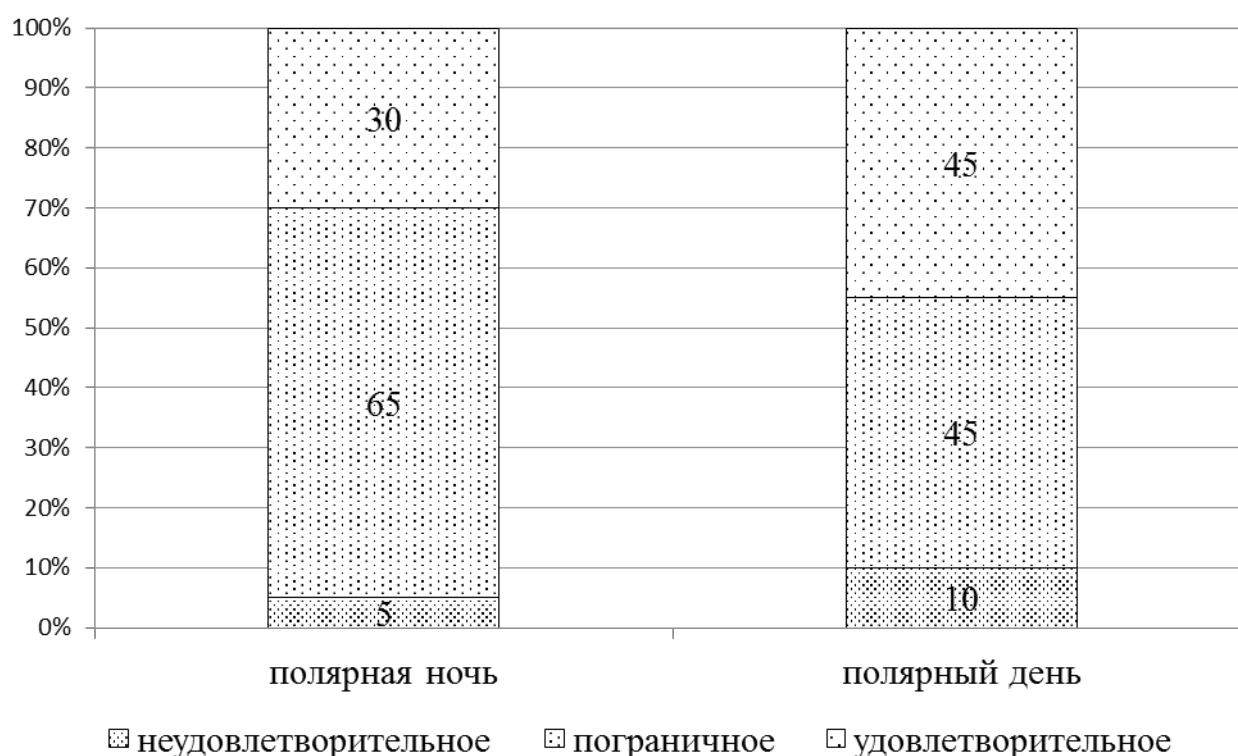


Рис. 5. Характеристика резервных возможностей кардиореспираторной системы военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике по величине индекса Богомазова.

Физиологические резервы кардиореспираторной системы военнослужащих в период полярного дня характеризовались как удовлетворительные у 45 % (95% ДИ: 23,1 – 66,8) обследованных, пограничное состояние – у 45% (95% ДИ: 23,1 – 66,8) и неудовлетворительные параметры – у 10 % (95% ДИ: 3,1 – 23,1).

Таким образом, резервные возможности кардиореспираторной системы у 65 % военнослужащих в период полярной ночи находились преимущественно в пограничном состоянии, с постепенным их повышением, соответствуя при этом удовлетворительному уровню резервных возможностей в период полярного дня у 45 % обследованных.

Определение индекса респираторной адаптации (ИРА) позволило оценить компенсаторные возможности организма военнослужащих в контрастные сезоны года в зависимости от продолжительности задержки дыхания, полученной при проведении пробы Штанге. На основании изменений частоты дыхания и сердечных сокращений рассчитывался индекс межсистемных взаимоотношений Хильдебранта, отображающий уровень кардиореспираторных взаимоотношений в организме (табл. 15).

Таблица 15

Показатели индексов респираторной адаптации и Хильдебранта
у военнослужащих в контрастные сезоны световой аperiodичности,
Md (Q1-Q3)

n=20

Показатель	Период обследования		p
	Полярная ночь	Полярный день	
ИРА	79,7 (55,9; 130,4)	58,2 (44,3 112,3)	0,004
Индекс Хильдебранта	5,7 (4,7; 6,0)	5,0 (4,0; 6,0)	0,171

Примечание: p – различия между показателями периода полярной ночи и полярного дня.

Исходя из полученных результатов установлено, что ИРА в период полярной ночи статистически значимо превышал данный показатель, полученный у военнослужащих в период полярного дня ($p=0,004$). В обоих

случаях ИРА превышал 25 баллов, что расценивалось как удовлетворительный уровень респираторной адаптации у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике.

Процесс адаптации системы кровообращения к неблагоприятным условиям окружающей среды завершается определенным исходом. Общеизвестно, что если воздействие возмущающего фактора было кратковременным, либо он был невысокой интенсивности, то сердечно-сосудистая система может сохранить удовлетворительный характер адаптации при относительно небольшом напряжении механизмов регуляции. В случае чрезвычайной силы воздействий или их большой продолжительности возникает выраженное напряжение регуляторных систем, необходимое для мобилизации функциональных резервов организма и включения соответствующих защитных приспособлений, которые обеспечивают необходимый адаптивный эффект.

Исходя из того, что в норме величина индекса Хильдебранта составляет 2,8 – 4,9 единиц, то полученное в настоящем исследовании соотношение частоты сердечных сокращений и частоты дыхания свидетельствует о напряжении компенсаторно-приспособительных реакций, некотором рассогласовании в кардиореспираторных взаимоотношениях у военнослужащих, проходящих военную службу в условиях Арктики, как в период полярной ночи, так и в период полярного дня.

Известно, что определить надежность сердечно-сосудистой системы можно в случае стабильности ее работы при воздействии возмущающих факторов, например, при дозированной физической нагрузке, которая позволяет определить резервные возможности человека, степень приспособленности организма к физической работе и факторам окружающей среды [52]. Специфика военного труда и быта, высокие физические и психические нагрузки в экстремальных климатических условиях Арктики оказывают комплексное воздействие на функциональное состояние организма военнослужащих, влияя в конечном итоге на их физическую работоспособность.

По мнению Р.М. Баевского [32], оценка функциональных резервов организма должна осуществляться в обычных условиях при использовании стандартных нагрузочных проб, не вызывающих предельного напряжения и вероятного в этих условиях срыва.

В рамках настоящего исследования в качестве дозированной нагрузки применялась проба Мартине-Кушелевского. По величинам прироста ЧСС и САД рассчитывались индексы хронотропного и инотропного резервов (ИХР, ИИР), исходя из того, что по степени учащения пульса можно косвенно судить о работоспособности и об уровне развития адаптационных возможностей организма в целом [51].

При анализе показателей ИИР и ИХР установлены более низкие величины ИИР в период полярной ночи по сравнению с полярным днем, что свидетельствует о более напряженной деятельности сердечно-сосудистой системы, снижении миокардиального резерва в этот сезон года в ответ на воздействие экстремальных климатических условий и особых условий военно-профессиональной деятельности (табл. 16).

Таблица 16

Индекс инотропного и хронотропного резервов у военнослужащих
в динамике полярной ночи и полярного дня, Md (Q_1 ; Q_3)

n=20

Показатели	Полярная ночь	Полярный день	p
ИИР	8,3 (7,3; 16,1)	23,1 (9,1; 25,0)	0,012
ИХР	50,8 (34,6; 78,8)	58,3 (44,8; 75,0)	0,588

Примечание: p – различия между показателями периода полярной ночи и полярного дня.

Кроме того, прослеживалась тенденция к снижению величины ИХР в период полярной ночи по сравнению с полярным днем, что может расцениваться как неблагоприятная реакция сердечно-сосудистой системы в период полярной ночи.

По показателям ЧСС до и после нагрузки вычислялся индекс Руфье-Диксона, позволяющий оценить работоспособность сердца при физической нагрузке [95]. Результаты оценивались по величине индекса от 0 до 8 и выше: от 0 до 2,9 – «отлично», от 3 до 6 – «хорошо», от 6 до 8 – «удовлетворительно», более 8 – «неудовлетворительно» (рис. 6).

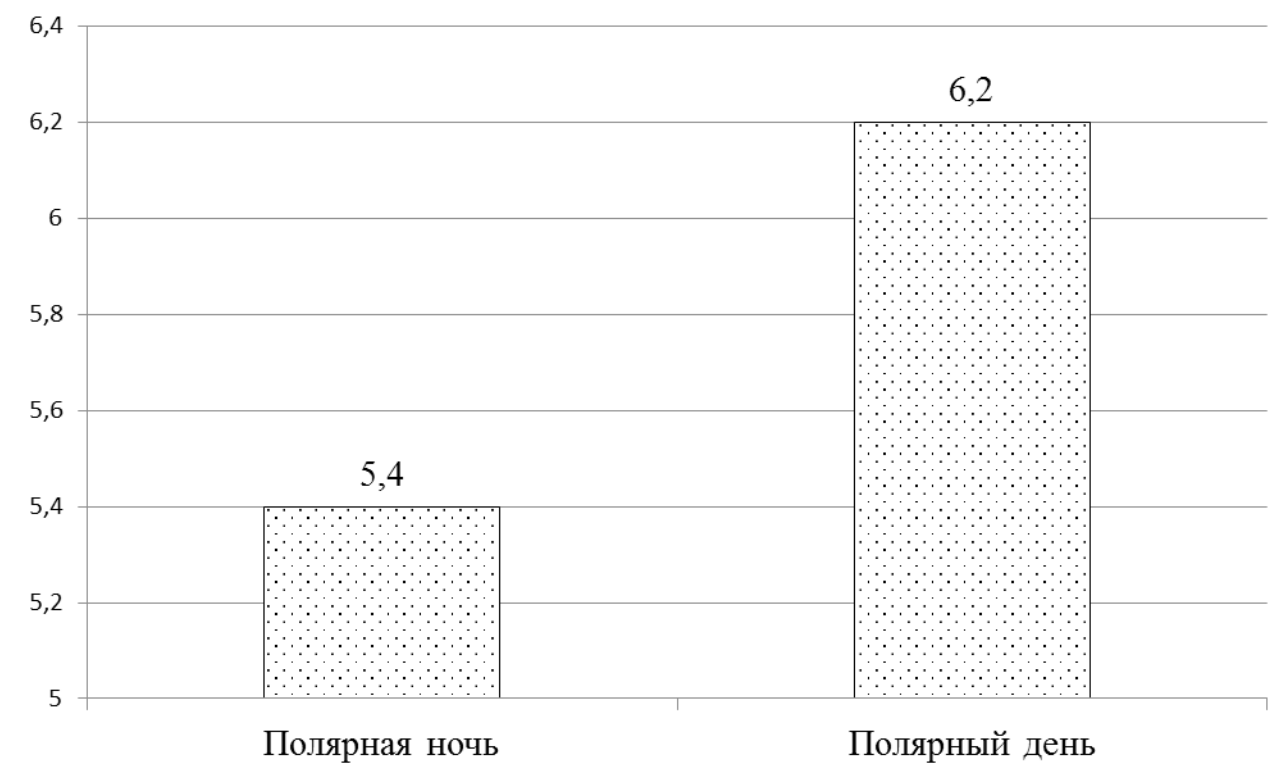


Рис. 6. Значение индекса Руфье-Диксона в контрастные сезоны года у военнослужащих в Арктике.

Хотя сопоставление средних значений индекса Руфье-Диксона у военнослужащих не показало статистически значимых различий количественных значений индекса в контрастные сезоны года ($p=0,30$), однако

установлена тенденция к снижению значения данного показателя в период полярной ночи по сравнению с полярным днем.

Известно, что реакция сердечно-сосудистой системы в ответ на дозированную физическую нагрузку позволяет определить резервные возможности человека, степень приспособленности организма к физической работе в новых природно-климатических условиях [52, 65]. В проведенном исследовании у военнослужащих устанавливался тип ответной реакции на дозированную физическую нагрузку [163]: нормотонический, дистонический, гипертонический, гипотонический (астенический), ступенчатый (табл. 17).

Таблица 17

Ответные реакции сердечно-сосудистой системы у военнослужащих на физическую нагрузку.

n=20

Тип реакции	Количество военнослужащих, % (95% ДИ)	
	Полярная ночь	Полярный день
Нормотоническая	10 (3,1 – 23,1)	65 (44,1 – 85,9)*
Гипотоническая	65 (44,1 – 85,9)	5 (4,5 – 14,5)*
Гипертоническая	15 (0,6 – 30,6)	15 (0,6 – 30,6)
Замедленное восстановление (ступенчатая)	10 (3,1 – 23,1)	15 (0,6 – 30,6)

Примечание. * - различия значимы между показателями в период полярной ночи и полярного дня.

Анализ характера ответных реакций сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку показал, что в период полярной ночи у военнослужащих преобладал гипотонический тип реакции, а в период полярного дня – нормотонический.

Реакцию по гипотоническому типу в период полярной ночи, выявленную у значительной части военнослужащих, следует расценивать как

неудовлетворительную, поскольку она свидетельствует о напряжении механизмов регуляции, энергетически затратной гиперфункции системы кровообращения, т.к. необходимый уровень МОК при физической нагрузке достигается в большей степени за счет увеличения ЧСС, а не за счет возрастания ударного объема. Высокая ЧСС закономерно сопровождается большим потреблением кислорода и, как следствие, меньшей экономичностью в работе сердца, что в дальнейшем может привести к истощению резервных возможностей организма. В период полярного дня напротив, снижается количество военнослужащих с гипотонической реакцией сердечно-сосудистой системы за счет прироста нормотонической, что является признаком оптимального расходования функциональных резервов сердечно-сосудистой системы у значительного числа военнослужащих.

Число военнослужащих с гипертонической реакцией в контрастные сезоны световой аperiodичности остается неизменным.

Метод определения силы кисти обоснованно применяется для определения уровня общего физического развития человека, а также как косвенный показатель работоспособности.

При оценке результатов динамометрии у военнослужащих в контрастные сезоны года регистрировалось статистически значимое снижение силы ведущей кисти на 19 % в период полярной ночи в сравнении с периодом полярного дня (табл. 18).

Таблица 18

Показатели динамометрии у военнослужащих
в динамике полярной ночи и полярного дня, Md (Q1; Q3)

n=20

Показатели	Полярная ночь	Полярный день	p
Сила ведущей кисти, кг	24,5 (21,5; 30,5)	30 (23,5; 32,5)	0,027
Силовой индекс ведущей кисти, %	26,9 (24,9; 37,7)	33,1 (26,9; 41,9)	0,022

Примечание: p – различия между показателями периода полярной ночи

и полярного дня.

Поскольку мышечная сила изменяется в зависимости от трудности и продолжительности профессиональной деятельности, то снижение силового индекса ведущей кисти у военнослужащих в период полярной ночи может расцениваться как косвенный показатель нарастающего утомления.

Снижение величины мышечной силы у военнослужащих в период полярной ночи по сравнению с полярным днем в экстремальных арктических условиях, вероятно, также объясняется повышенными энергетическими затратами организма при выполнении мышечной работы, что, вероятно, может быть связано с дискоординацией в работе отдельных органов и систем, а также, возможно, десинхронозом, поиском и выработкой новых механизмов регуляции [86].

Таким образом, у военнослужащих в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня наблюдается снижение миокардиальных резервов, преобладает гипотонический тип реакции в ответ на дозированную физическую нагрузку, установлено снижение величины мышечной силы.

Изучение взаимоотношений симпатической и парасимпатической нервной системы представляет определенный интерес, поскольку вегетативные нарушения порой играют ведущую роль в снижении функциональных резервов сердечно-сосудистой системы.

Известно, что адаптация организма человека к новым условиям среды обитания обеспечивается скоординированными и взаимосвязанными между собой во времени и пространстве функциональными системами. По мнению В.П.Казначеева [117], имеют место две группы систем управления адаптацией: к первой относится ЦНС, ко второй – сердечно-сосудистая, дыхательная, мышечная гомеостатические системы. Воздействие на организм различных факторов среды приводит к перестройке информационных, метаболических и управляющих процессов, в первую очередь, в ЦНС. Сердечно-сосудистая система, согласно теории Р.М. Баевского, отражает функциональное состояние

организма и играет ведущую роль в обеспечении процессов адаптации за счет транспорта нутриентов и кислорода – основных источников энергии для клеток и тканей [30]. Поэтому, энергетический механизм играет главенствующую роль в процессах адаптации, поскольку именно дефицит энергии является пусковым механизмом в цепи регуляторных приспособлений, осуществляющих поддержание достигнутого уровня системы функционирования системы кровообращения.

Как известно, исследование вегетативного баланса – важный элемент контроля за функциональными состояниями организма военнослужащих в процессе служебной деятельности, так как ранняя диагностика напряжения и дизадаптивных расстройств позволяет своевременно провести профилактические организационные, физиолого-гигиенические или лечебно-оздоровительные мероприятия, что позволяет сохранить здоровье и качество служебно-боевой деятельности военнослужащего [112, 165].

Анализ полученных у военнослужащих результатов выявил, что в период полярной ночи у 40 % (95% ДИ: 18,5 – 61,4) военнослужащих преобладал тонус симпатической нервной системы, а у 60% (95% ДИ: 38,5 – 81,4) – парасимпатической нервной системы. В период полярного дня у 15 % (95% ДИ: 0,64 – 30,6) военнослужащих достигнуто вегетативное равновесие, у 40 % (95% ДИ: 18,5 – 61,4) – преобладание симпатического, а у 45 % (95% ДИ: 23,1 – 66,8) – парасимпатического тонуса вегетативной нервной системы (рис. 7).

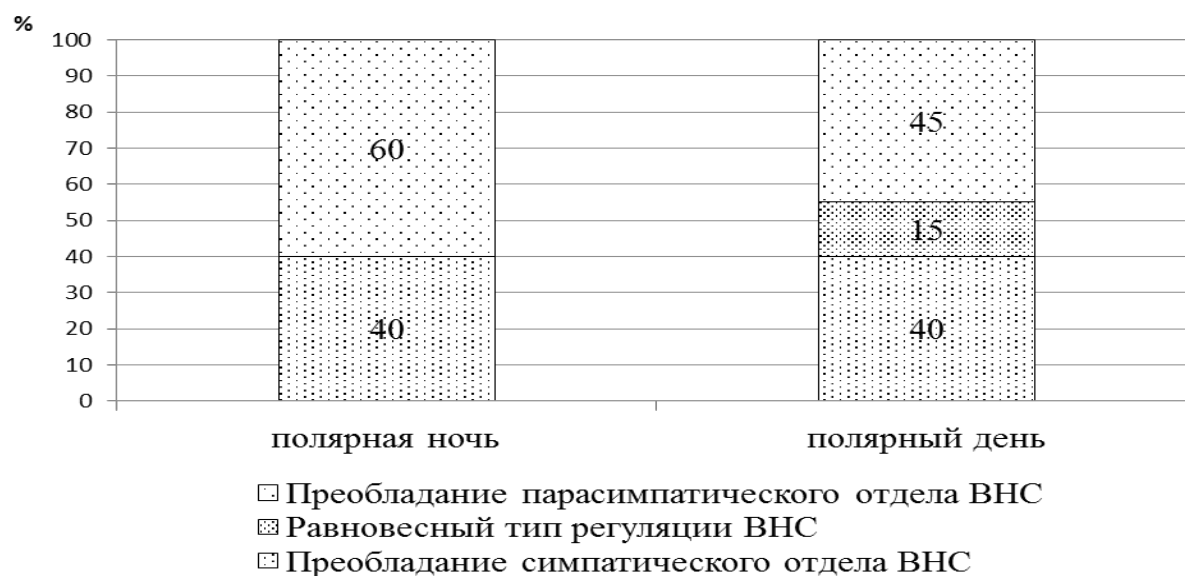


Рис. 7. Характеристика регуляции вегетативной нервной системы по показателю ВИК в контрастные сезоны года у военнослужащих в Арктике.

Известно, что тонус вегетативной нервной системы рассматривается как одно из проявлений гомеостатического состояния и одновременно одним из механизмов его стабилизации. При этом симпатический отдел вегетативной нервной системы рассматривается как система тревоги и мобилизации функциональных ресурсов, в то время как парасимпатический отдел вегетативной нервной системы берет на себя задачу восстановления и кумуляции энергетических ресурсов [4, 57, 117, 132].

В выполненных ранее работах установлено, что процессу стабилизации вегетативных функций у мигрантов на Север присущ фазный характер, который сопровождается изменением катаболических и анаболических реакций (последовательное чередование состояний симпато- и ваготоний) [258].

Можно предположить, что полученный вариант изменений вегетативного равновесия у военнослужащих в Арктике в контрастные сезоны года

объясняется неустойчивостью вегетативной регуляции и, вероятно, является результатом компенсаторно-приспособительных реакций, направленных на уравнивание с экстремальными условиями внешней среды. Существует мнение, что более высокая парасимпатическая активность характерна для жителей северного региона, что обусловлено снижением чувствительности адренорецепторов [105, 269, 296]. Повышение тонуса симпатического отдела ВНС представляется как напряжение адаптационных механизмов в ответ на комплекс климатогеографических факторов [104, 145, 168]. Напряженность гомеостаза по показателям вегетативных функций может быть обусловлена как физиологическим гиперкортицизмом, так и нарушением функции сенсорной передачи [57]. Известно, что уже на начальных этапах адаптации к экстремальным условиям Арктики наблюдается повышение реактивности и снижение функциональных резервов кардиореспираторной системы [86, 101], что требует специальной тренировки дыхательного аппарата. Известно, что усиленная работа дыхательных мышц активизирует вегетативные центры, поэтому коррекция реактивности кардиореспираторной системы способствует стабилизации функционального состояния вегетативной нервной системы [272, 276].

Для оценки адаптационных реакций и уровня метаболизма военнослужащих проведена аксиллярная и сублингвальная термометрия в контрастные сезоны года (табл. 19).

Таблица 19

Характеристика результатов термометрии военнослужащих
в период полярной ночи и полярного дня, Md (Q₁; Q₃).

n=20

Показатель	Период обследования		p
	Полярная ночь	Полярный день	
Аксиллярная температура, С°	36,3 (36,2; 36,7)	35,6 (36,0; 36,3)	0,01
Сублингвальная температура, С°	36,7 (36,4; 36,9)	36,5 (36,3; 36,6)	0,03

Примечание: p – различия между показателями периода полярной ночи и полярного дня.

Анализ полученных результатов показал, что как аксиллярная, так и сублингвальная температура, у военнослужащих в период полярной ночи была статистически значимо выше по сравнению с аналогичными показателями в период полярного дня ($p=0,01$ и $0,03$ соответственно).

Данный факт, по всей вероятности, обусловлен интенсификацией обменных процессов организма в период полярной ночи, направленных на поддержания энергетического и температурного гомеостаза в холодное время года.

Таким образом, установлено, что совокупность экстремальных климатографических условий и особенностей служебно-боевой деятельности военнослужащих на архипелаге Земля Франца-Иосифа, вызывает напряжение функциональных систем организма и приводит к уменьшению резервов кардиореспираторной системы в период полярной ночи по сравнению с полярным днем.

Резюме

Для характеристики функциональных резервов кардиореспираторной системы у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике применен комплекс функциональных проб, которые позволили выявить особенности состояния кардиореспираторной системы.

По результатам пробы Генча установлено, что в период полярной ночи у военнослужащих снижена устойчивость к гипоксии, имеются элементы низкой экономичности функционирования кардиореспираторной системы, напряжения адаптационных возможностей организма. При этом расчет индекса Богомазова показал пограничное состояние резервных возможностей кардиореспираторной системы у большинства военнослужащих в период полярной ночи.

Уровень респираторной адаптации военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике по показателю ИРА оценивался удовлетворительно, как период полярной ночи, так и в период полярного дня. Анализ соотношения частоты сердечных сокращений и частоты дыхания у военнослужащих выявил напряжение функциональных резервов кардиореспираторной системы в период полярной ночи и полярного дня.

Экстремальные климатические условия Арктики вызывают напряжение в деятельности сердечно-сосудистой системы у военнослужащих в период полярной ночи. Например, о снижении миокардиального резерва в этот сезон года свидетельствует более низкие величины ИИР. Выявленная тенденция к снижению величины ИХР у военнослужащих расценивается как неблагоприятная реакция сердечно-сосудистой системы в период полярной ночи.

Известно, что типы ответных реакций системы кровообращения на дозированную физическую нагрузку надежно характеризуют адаптационные и резервные возможности организма. Гипотонический тип реакции, преобладающий у значительной части военнослужащих в период полярной ночи, свидетельствует о гиперфункции системы кровообращения. В период полярного дня происходит увеличение функциональных резервов сердечно-сосудистой системы у военнослужащих, что отражается в приросте числа нормотонических реакций в ответ на дозированную физическую нагрузку.

По результатам динамометрии у военнослужащих установлено снижение мышечной силы и силового индекса в период полярной ночи.

Изучение характера вегетативного баланса в контрастные сезоны года выявило, что в период полярной ночи у значительной части военнослужащих преобладает тонус парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, а в период полярного дня число военнослужащих с преобладанием парасимпатической регуляции уменьшается за счет появления равновесного типа вегетативной регуляции.

Анализ результатов оценки аксиллярной и сублингвальной температуры у военнослужащих в контрастные сезоны показал, что в период полярной ночи оба показателя превышали таковые в период полярного дня, что может быть вызвано интенсификацией обменных процессов в период полярной ночи, направленных на поддержание энергетического и температурного гомеостаза организма военнослужащих в экстремальных климатогеографических условиях Арктики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Арктика является ресурсной короной России. В силу своих уникальных природных богатств, географического расположения и обширности территории, Арктическая зона Российской Федерации играет ключевую роль в национальной экономике, обеспечении экологической безопасности и обороноспособности страны, что требует наличия здесь сил и средств вооруженных формирований Российской Федерации. При этом климатогеографические условия Арктики относятся к экстремальным, вследствие воздействия специфических и неспецифических климатических факторов на организм человека.

Планы интенсивного развития промышленности и освоения природных ресурсов Арктических территорий, роста ее международного авторитета и социально-экономического развития региона требуют обеспечения национальной безопасности Арктических рубежей страны. В связи с этим исследование физиологических реакций организма военнослужащих в условиях Арктической зоны РФ представляется чрезвычайно важным.

Настоящее исследование выявило ряд закономерностей в деятельности дыхательной, сердечно-сосудистой систем и регуляторных механизмов у военнослужащих в условиях Арктической зоны России в контрастные сезоны года.

Установлено, что в респираторной системе военнослужащих в условиях Арктической зоны РФ происходят сезонные функциональные перестройки.

Так, в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня у военнослужащих зарегистрировано увеличение значения ЖЕЛ на 26,6 % ($p < 0,001$), что представляется физиологически оправданным, поскольку создаются условия для более эффективного приспособления легочной вентиляции к удовлетворению повышенных метаболических потребностей организма в условиях холода. Кроме того, улучшается кондиционирование

вдыхаемого атмосферного воздуха, характерной особенностью которого в Арктике является не только низкая температура воздуха, но и низкая абсолютная влажность.

В период полярной ночи изменяется и структура ЖЕЛ: наблюдается статистически значимое повышение на 21,4 % величины РОвыд по сравнению с таковой в период полярного дня ($p = 0,006$), что дает возможность значительно увеличить легочную вентиляцию, и, соответственно, повысить поступление кислорода в легкие и выделение углекислого газа из организма в холодный период года. Как известно, величина РОвыд более важна для стабилизации дыхания, чем значение РОвд, поскольку РОвыд представляет собой буферную емкость проводящих воздухоносных путей, снижающую возможность беспрепятственного выделения метаболического CO_2 через легкие. Поэтому РОвыд выступает в роли шлюза, позволяющего постепенно снижать напряжение кислорода во вдыхаемом воздухе до уровня альвеолярного и, наоборот, препятствовать резкому снижению парциального давления углекислого газа в легких до уровня атмосферного давления.

Таким образом, в период полярной ночи в респираторной системе военнослужащих появляются реакции в виде увеличения РОвыд, направленных на стабилизацию дыхания и увеличения легочной вентиляции, что дает возможность повысить поступление кислорода в легкие и выделение углекислого газа из организма в холодный период года.

Проведенный расчет отношения ДО к ЖЕЛ в контрастные сезоны года показал, что военнослужащие при дыхании в состоянии покоя в период полярной ночи используют 13,3 % абсолютной величины ЖЕЛ, а в период полярного дня – 15,2 %. Величина РОвд у обследованных военнослужащих составила 26,5 % ЖЕЛ в период полярной ночи, причем она несколько уменьшается в период полярного дня (16,9 % ЖЕЛ). Эти величины меньше значений, установленных для молодых мужчин Республики Коми (30,5 %) и уроженцев Архангельской области (44,0 %). РОвыд у обследованных

военнослужащих находился в диапазоне 59,6 – 62,2 % ЖЕЛ соответственно в периоды полярной ночи и полярного дня. Полученные величины больше данных, приведенных для жителей Республики Коми, - у мужчин в годовом цикле от 40,9 до 51,6 % ЖЕЛ, у жителей Архангельской области величина РОвыд составляет 40,4 % от ЖЕЛ.

Таким образом, у военнослужащих в большей степени используются резервы дыхания в состоянии покоя, что, вероятно, обусловлено более суровыми природно-климатическими условиями Арктики, чем условия Европейского Севера.

Установлено, что в период полярного дня у военнослужащих ЧД была статистически значимо выше по сравнению с периодом полярной ночи, что отражает более энергозатратное, поверхностное дыхание и косвенно свидетельствует о функциональном напряжении респираторной системы в период полярного дня.

При исследовании предельных способностей системы внешнего дыхания у военнослужащих в условиях Арктики в контрастные сезоны года установлено, что в период полярной ночи величина МВЛ статистически значимо выше, чем в период полярного дня ($p=0,01$), что свидетельствует о достаточно стабильном уровне предельных способностей аппарата внешнего дыхания.

Установлено, что величина РД у военнослужащих в период полярной ночи на 44,2 % выше, чем в период полярного дня. При этом величина МАВ, показывающая реальное количество провентилированного воздуха, дошедшего до альвеол и участвующего в газообмене, не имела статистически значимых различий у военнослужащих в контрастные сезоны года, однако установлено компенсаторное повышение эффективности альвеолярной вентиляции у военнослужащих в период полярной ночи: величина ЭВ в период полярной ночи выше на 23,3 % ($p<0,001$), чем в период полярного дня.

Исследование показателей легочного газообмена и его экономичности у военнослужащих в Арктике также выявило существенные сезонные изменения.

Увеличенная потребность организма военнослужащих в кислороде в период полярной ночи отразилась в том, что в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня в выдыхаемом воздухе уменьшилось содержание кислорода на 5,6 % ($p = 0,006$), а содержание углекислого газа - на 25 % ($p < 0,001$).

Повышение величины PO_2 в период полярной ночи на 16,6 % по сравнению с периодом полярного дня ($p = 0,015$), вероятно, является компенсаторно-приспособительным механизмом, обусловленным повышенной потребностью в кислороде для усиления теплопродукции за счет интенсификацией окислительного метаболизма в условиях воздействия специфических климатических факторов Арктики.

Показатели эффективности легочного газообмена, такие как KIO_2 , O_{2RC} и O_{2CC} , в период полярной ночи были статистически значимо выше, чем в период полярного дня.

Установлено, что величина KIO_2 в период полярной ночи была статистически значимо выше на 53,9 %, чем в период полярного дня ($p = 0,003$), что свидетельствует о повышении эффективности легочного газообмена в период полярной ночи.

Результаты измерения насыщение артериальной крови кислородом (S_pO_2) у военнослужащих в контрастные сезоны года не выявили значимых различий, однако уровень данного показателя в пределах 97 % в контрастные сезоны года превышал нормальные величины S_pO_2 , составляющие $93,0 \pm 2,3$ %.

В ходе настоящего исследования получены данные, указывающие на характер адаптивных реакций сердечно-сосудистой системы у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике.

Достаточно высокие показатели СДД у военнослужащих в сравнении с данными, полученными в других исследованиях, указывают на напряжение адаптационных механизмов, проявляющиеся усилением функции кровообращения в контрастные сезоны года.

В период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня у военнослужащих установлена тенденция к увеличению величины ОПСС. Более высокий уровень ОПСС в период полярной ночи у военнослужащих служит косвенным показателем возрастания энергозатрат и снижения эффективности работы сердца в этот период, что осложняет функционирование системы кровообращения за счет возрастающего противодействия кровотоку в транспортно-демпферном звене.

В показателях ИНМ, ВРМ и КЭМ статистически значимых различий не установлено, что, по всей вероятности, обусловлено устойчивым уровнем адаптивных реакций сердечно-сосудистой системы у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике.

Величина индекса Робинсона в период полярной ночи и в период полярного дня у военнослужащих варьировала от 90,6 до 109,2 усл.ед. соответственно, что свидетельствовало о среднем уровне физического здоровья военнослужащих на всем протяжении пребывания на архипелаге Земля Франца-Иосифа.

Проведение электрокардиографического исследования военнослужащих в контрастные сезоны года в арктических условиях позволило выявить сезонные изменения биоэлектрической активности миокарда. Установлено, что в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня происходит усиление биоэлектрической активности межжелудочковой перегородки, что находит отражение в наибольшей величине зубца Q во втором стандартном отведении ($p=0,033$).

Продолжительность интервалов PQ и QT во втором стандартном отведении у военнослужащих укладывалась в пределы физиологической нормы и в контрастные сезоны года статистически значимо не различалась.

В период полярной ночи в грудных отведениях установлено статистически значимое углубление амплитуды зубца Q в V_4 и V_5 , снижение

амплитуды зубца R в V_1 и V_2 , снижение глубины зубца S в V_4 , V_5 и V_6 , а амплитуда зубца T наименьшее значение имела в отведениях V_1 , V_2 и V_4 .

Таким образом, электрокардиографический метод исследования, проведенный у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике, позволил выявить снижение электрической активности сердечной мышцы в области межжелудочковой перегородки в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня. Установлено, что сезонные изменения биоэлектрической активности миокарда наблюдаются в правых отделах сердца в большей степени, чем в левых.

Проведение проб с произвольной задержкой дыхания Штанге и Генча в контрастные сезоны года у военнослужащих в Арктике позволило оценить физиологические резервы кардиореспираторной системы в процессе оперативно-служебной деятельности. Так, в период полярной ночи проба Генча оценивалась неудовлетворительно, была статистически значимо ниже по сравнению с периодом полярного дня ($p=0,004$).

Анализ индекса Богомазова свидетельствует о напряжении компенсаторно-приспособительных реакций, поскольку удовлетворительное состояние резервных возможностей кардиореспираторной системы в период полярной ночи регистрировалось у 30 % (95 % ДИ: 9,9 – 50,1) военнослужащих, их пограничное состояние – у 65 % (95% ДИ: 44,1 – 85,9) и неудовлетворительное – у 5 % (95 % ДИ: 4,5 – 14,5) обследованных.

Физиологические резервы кардиореспираторной системы военнослужащих в период полярного дня характеризовались как удовлетворительные у 45 % (95 % ДИ: 23,1 – 66,8) обследованных, пограничное состояние – у 45 % (95 % ДИ: 23,1 – 66,8) и неудовлетворительные параметры – у 10 % (95 % ДИ: 3,1 – 23,1).

При оценке индекса Хильдебранта у военнослужащих в Арктике в контрастные сезоны года установлено напряжение компенсаторно-приспособительных реакций кардиореспираторной системы.

Оценка функциональных резервов системы кровообращения при дозированной физической нагрузке, расчёт индексов хронотропного и инотропного резервов, индекса Руфье-Диксона, позволили охарактеризовать толерантность военнослужащих к физическим нагрузкам, оценить работоспособность сердца и уровень развития адаптационных возможностей организма в целом.

При анализе показателей ИИР и ИХР у военнослужащих установлены более низкие величины ИИР ($p=0,012$), тенденция к снижению величины ИХР в период полярной ночи по сравнению с полярным днем, что отражает более напряженную деятельность сердечно-сосудистой системы, снижении миокардиального резерва в этот сезон года в ответ на воздействие экстремальных климатических условий и особых условий военно-профессиональной деятельности.

Сопоставление средних значений индекса Руфье-Диксона у военнослужащих не показало статистически значимых различий количественных значений индекса в контрастные сезоны года ($p=0,30$), однако установлена тенденция к снижению значения данного показателя в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня.

Установлено, что в период полярной ночи у 65 % (95% ДИ: 44,1 – 85,9) военнослужащих преобладал гипотонический тип ответных реакций сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку, а в период полярного дня – нормотонический у 65 % (95 % ДИ: 44,1 – 85,9).

Реакцию по гипотоническому типу в период полярной ночи, выявленную у значительной части военнослужащих, следует расценивать как неудовлетворительную, поскольку она свидетельствует о напряжении механизмов регуляции, энергетически затратной гиперфункции системы кровообращения, так как необходимый уровень МОК при физической нагрузке достигается в большей степени за счет увеличения частоты сердечных сокращений, а не за счет возрастания ударного объема. Высокая ЧСС влечет за

собой большее потребление кислорода и, как следствие, снижение экономичности в работе сердца, что в дальнейшем может привести к истощению резервных возможностей организма. В период полярного дня напротив, снижается количество военнослужащих с гипотонической реакцией сердечно-сосудистой системы за счет прироста нормотонической, что является признаком оптимального расходования функциональных резервов системы кровообращения у значительного числа военнослужащих.

Число военнослужащих с гипертонической реакцией в контрастные сезоны световой аперiodичности остается неизменным.

При оценке результатов динамометрии у военнослужащих в контрастные сезоны года регистрировалось статистически значимое снижение силы ведущей кисти на 19 % в период полярной ночи в сравнении с периодом полярного дня ($p=0,027$), что может быть обусловлено напряжением физиологических систем и повышенным расходом функциональных резервов организма военнослужащих в экстремальных климатогеографических условиях Арктической зоны РФ.

Исследование вегетативного баланса у военнослужащих в контрастные сезоны года выявило, что в период полярной ночи у 40 % (95 % ДИ: 18,5 – 61,4) военнослужащих преобладал тонус симпатической нервной системы, а у 60% (95 % ДИ: 38,5 – 81,4) – парасимпатической нервной системы. В период полярного дня у 15 % (95 % ДИ: 0,64 – 30,6) военнослужащих достигнуто вегетативное равновесие, у 40 % (95% ДИ: 18,5 – 61,4) – преобладание симпатического, а у 45 % (95 % ДИ: 23,1 – 66,8) – парасимпатического тонуса вегетативной нервной системы.

Известно, что тонус вегетативной нервной системы рассматривается как одно из проявлений гомеостатического состояния и одновременно одним из механизмов его стабилизации, причем преобладание тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы направлено на мобилизацию функциональных ресурсов, а преобладание парасимпатического отдела – на их

восстановление и накопление. Таким образом, полученный вариант изменений вегетативного равновесия у военнослужащих в Арктике в контрастные сезоны года, возможно, объясняется неустойчивостью вегетативной регуляции и является результатом компенсаторно-приспособительных реакций, направленных на уравнивание с экстремальными условиями внешней среды.

Анализ результатов термометрии у военнослужащих в контрастные сезоны показал, что в период полярной ночи показатели аксиллярной и сублингвальной температуры значимо превышали таковые в период полярного дня ($p=0,01$ и $p=0,03$ соответственно), что может быть вызвано интенсификацией обменных процессов в период полярной ночи, направленных на поддержание энергетического и температурного гомеостаза организма военнослужащих в экстремальных климатогеографических условиях Арктики.

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить особенности компенсаторно-приспособительных реакций организма военнослужащих в условиях Арктической зоны Российской Федерации в периоды полярной ночи и полярного дня.

ВЫВОДЫ

1. В результате комплексных физиологических исследований выявлены особенности компенсаторно-приспособительных реакций в деятельности системы внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы, дана характеристика функциональных резервов кардиореспираторной системы у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике.
2. В Арктической зоне Российской Федерации у военнослужащих наблюдаются сезонные изменения статических легочных объемов и емкостей: в период полярной ночи величина ЖЕЛ выше летних значений на 26,6 % ($p < 0,001$), а величина РОвыд - на 21,4 % ($p = 0,006$).
3. В период полярной ночи возрастает величина PO_2 на 16,5 % ($p = 0,015$), повышается эффективность вентиляции – увеличивается: КИО₂ на 53,9% ($p = 0,003$), кислородный эффект одного дыхательного и одного сердечного циклов, соответственно на 46,2 % ($p = 0,002$) и на 32,1 % ($p = 0,005$).
4. Сезонные изменения биоэлектрической активности миокарда наблюдается в большей степени в области межжелудочковой перегородки. При этом наибольшая биоэлектрическая активность сердечной мышцы регистрируется в период полярной ночи и в большей степени затрагивает правые отделы сердца, по сравнению с левыми.
5. В период полярной ночи у 65 % военнослужащих преобладает гипотонический тип ответных реакций сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку, снижаются индекс инотропного резерва ($p = 0,012$), продолжительность пробы Генча ($p < 0,001$), а также силовой индекс на 19 % ($p = 0,022$).

6. В период полярной ночи у 60% военнослужащих преобладает тонус парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, а в период полярного дня у 15 % военнослужащих достигнуто вегетативное равновесие и у 45 % – преобладание тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Для 40 % военнослужащих в контрастные сезоны года была характерна симпатикотония.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При проведении ежегодных медицинских обследований военнослужащих, дислоцированных в Арктической зоне Российской Федерации, рекомендуется учитывать сезонную динамику показателей деятельности дыхательной и сердечно-сосудистой системы.
2. Данные об особенностях функционирования кардиореспираторной системы у военнослужащих, проходящих военную службу в условиях Арктики, рекомендуется использовать в учебном процессе в военно-медицинских ВУЗах и факультетах, а также они должны быть включены в учебные программы на факультетах последипломного образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абзалов Р.А. Движение и развивающееся сердце / Р.А. Абзалов. - Москва: МГПИ им. В.И. Ленина, 1985. - 90 с.
2. Авцын А. П. Проявление адаптации и дизадаптации у жителей Крайнего Севера / А. П. Авцын, А. Г. Марачев // Физиология человека. – 1975. – № 4. – С. 587–600.
3. Авцын А. П. Циркумпольярный гипоксический синдром / А. П. Авцын, А. Г. Марачев, Л. Н. Матвеев // Вестн. АМН СССР. – 1979. – № 6. – С. 32 –39.
4. Авцын А.П. Патология человека на Севере / А. П. Авцын, А.А.Жаворонков, А.Г.Марачев, А.П.Милованов. – М.: Медицина, 1985. – 416 с.
5. Авцын А. П. Стадия адаптации легких человека в условиях Крайнего Севера / А. П. Авцын, А. П. Милованов // Физиология человека. – 1985. – № 3. – С. 389–399.
6. Агаджанян Н. А. Адаптация к гипоксии и биоэкономика внешнего дыхания / Н. А. Агаджанян, В. В. Гневушев, А. Ю. Катков. – М.: Изд-во УДН, 1987. – 186 с.
7. Агаджанян Н.А. Экология человека. Избранные лекции / Н.А.Агаджанян, В.И.Торшин. – М., «КРУК», 1994. – 256 с.
8. Агаджанян Н. А. Человек в условиях Севера / Н. А. Агаджанян, П. Г. Петрова. – М. : «КРУК», 1996. – 208 с.
9. Агаджанян Н.А. Экологический портрет человека на Севере / Н.А. Агаджанян, Н.В. Ермакова. – М.: «КРУК», 1997. – 208 с.
10. Агаджанян Н. А. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера: экологофизиологические механизмы / Н. А. Агаджанян, Н. Ф. Жвавый, В. Н. Ананьев. – М. : «КРУК», 1998. – С. 77-124.

11. Агаджанян Н. А. Экологическая физиология человека / Н. А. Агаджанян, А. Г. Марачев, Г. А. Бобков. – М. : «КРУК», 1998. – 414 с.
12. Агаджанян Н.А. Учение о здоровье и проблемы адаптации / Н. А. Агаджанян, Р.М. Баевский, А. П. Берсенева. – М.; Ставрополь: СГУ, 2000. – 203 с.
13. Агаджанян Н. А. Экологическая физиология: проблема адаптации и стратегия выживания / Н. А. Агаджанян // Экологические проблемы адаптации : материалы X междунар. симп. – М., 2001. – С. 5–10.
14. Агаджанян М.Г. Кардиологические показатели, отражающие долговременную и срочную адаптацию борцов к нагрузкам / М.Г.Агаджанян, Ф.Г. Бурякин // Теор. и практ. физ. культуры. – 2002. – №2. – С. 5 – 8.
15. Агаджанян Н.А. Уровень здоровья и адаптации у населения Крайнего Севера // Н.А.Агаджанян, Л.В.Саломатин, Е.Н.Леханова. – М.: Надым, 2002. – 160 с.
16. Агаджанян Н.А. Функциональные резервы организма и теория адаптации / Н.А. Агаджанян, Р.М. Баевский, А. П. Берсенева // Вестник восстановительной медицины. - 2004. -№ 3 (9). -С. 4 – 17.
17. Агаджанян Н.А. Хронофизиологическая реактивность кардиореспираорной системы у спортсменов / Агаджанян Н.А., Полатайка Ю.А., Радыш И.В. // Экология человека. – 2005. - № 7. – С.3 – 6.
18. Агаджанян Н.А. Магнитное поле Земли и организм человека / Н.А. Агаджанян, И.И.Макарова // Экология человека. – 2005. - №9. – С. 3-9.
19. Агаджанян Н.А. Стресс и теория адаптации / Н. А. Агаджанян. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2005. – С. 60-94.
20. Алексеев В.П. Анализ влияния некоторых метеорологических и геомагнитных факторов на сердечно-сосудистую заболеваемость жителей

- Якутии / В.П.Алексеев, Т.С.Неустроева, В.Г.Кривошапкин, В.И.Хаснулин // Гелиогеофизические факторы и здоровье человека: Матер. Междунар.симпозиума. – Новосибирск: ООО «Риц», 2005. – С.59-60
21. Андреева Е.А. Функциональные методы исследования в пульмонологии: метод. рекомендации / Е.А. Андреева, А.В. Кудинова, Ю.А. Хабарова. – Архангельск : Издат. центр СГМУ, 2007. – 44 с.
 22. Андропова Т.И. Гелиометеотропные реакции здорового и больного человека / Т.И. Андропова, Н. Р. Деряпа, А. П. Соломатин. – М. : Медицина, 1982. – 215 с.
 23. Андрущенко А.А. Повышенная гелиогеомагнитная активность как фактор риска артериальной гипертензии у жителей Севера / А.А. Андрущенко, В.Н. Катюхин, Н.К. Кострюкова, М.Н. Прокопьев // Вестник новых медицинских технологий. - 2007. - Т. XIV, № 1. - С. 65 – 67.
 24. Анохин М.И. Спирография у детей / М.И.Анохин. – М.: Медицина, 2003. – 120 с.
 25. Анохин М. И. Компьютерная спирометрия у детей / М. И. Анохин. – М. : Изд-во «БИНОМ», 2012. – 104 с.
 26. Апанасенко Г.Л., Волков В.В., Науменко Р.Г. Лечебная физкультура при заболеваниях сердечно-сосудистой системы. – Киев: Здоровье, 1987. – С. 74 – 82.
 27. Арнольди И. А. Акклиматизация человека на Севере / И. А. Арнольди. – М. : Медицина, 1962. – 72 с.
 28. Аронов Д. М. Функциональные пробы в кардиологии / Д. М. Аронов, В. П. Лупанов. – М. : МЕДпресс-информ, 2003. – 295 с.
 29. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте. – М.: Медицина, 1990. 192 с.

30. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 236 с.
31. Баевский Р.М. Адаптационные возможности организма и понятие физиологической нормы / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева // Материалы 18 съезда физиологов. – Казань, 2001. – С. 304.
32. Баевский Р.М. Введение в донозологическую диагностику / Р.М. Баевский, А. П. Берсенева. – М.: Слово, 2008. – 174 с.
33. Баранов В.Л. Исследование функции внешнего дыхания / В. Л. Баранов, И. Г. Куренкова, В. А. Казанцев. – СПб. : Элби-СПб., 2002. – 302 с.
34. Баранова Е.А. Влияние мышечной работы на параметры внешнего дыхания и гемодинамику нижних конечностей у спортсменов и нетренированных лиц / Е.А. Баранова, Л.В. Капилевич // Вестник Томского государственного университета. - 2012. - № 364. - С. 140-142.
35. Бартош О.П. Региональные нормативы объемно-временных параметров внешнего дыхания у молодых жителей г.Магадана / О.П.Бартош, А.Л.Максимов, А.Я.Соколов. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2002. – 34 с.
36. Бартош О.П. Особенности компенсаторно-приспособительных процессов внешнего дыхания в экологических условиях Северо-Востока России / О.П.Бартош, А.Я.Соколов // Компенсаторно-приспособительные процессы: фундаментальные, экологические и клинические аспекты. Матер. всеросс. конф. – Новосибирск: Сибвузиздат, 2004. – С.187-188.
37. Бартош О.П. Региональные особенности внешнего дыхания в экологических условиях Северо-Востока России / О. П. Бартош, А. Я. Соколов // Физиология человека. – 2006. – Т. 32, № 3. – С. 70–74.

38. Барчуков И.С. Физическая культура и спорт: методология, теория, практика. 2-е изд. / И.С. Барчуков - М.: Изд. центр «Академия», 2008. - 528 с.
39. Белов А. А. Оценка функции внешнего дыхания. Методические подходы и диагностическое значение / А. А. Белов, Н. А. Лакшина. – М. : Издат. дом «Русский врач», 2006.– 67 с.
40. Бичкаева Ф. А. Эндокринная регуляция метаболических процессов у человека на Севере / Ф. А. Бичкаева. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – 303 с.
41. Близневский А.Ю. Роль всероссийских массовых акций для развития физкультурно-оздоровительного движения в муниципальных образованиях субъектов РФ / А.Ю. Близневский // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. - 2012. - Т. 91. - С. 27-34.
42. Бойко Е.Р., Евдокимов В.Г., Солонин Ю.Г. Отчет о научно-исследовательской работе «Физиологические механизмы сезонных адаптаций у разных социальных групп жителей Севера». Сыктывкар: Институт физиологии КНЦ УрО РАН, 1999. 67 с.
43. Бойко С.Г. Физиолого-биохимические и хронобиологические особенности обеспеченности рибофлавином в условиях Европейского Севера: автореф. дис. ... канд.мед.наук / С.Г. Бойко. – Архангельск, 2003. – 18 с.
44. Бойко Е. Р. Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере / Е. Р. Бойко. – Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – 190 с.
45. Бочаров М.И. Сердечно-сосудистая система и холод у человека на Севере / М.И. Бочаров, Н.Э. Истомина // Проблемы экологии человека: сб. науч. ст. по материалам Всерос. конф. с междунар. участием – Архангельск, 2000. – С. 32-37.

46. Бочаров М. И. Физиологические проблемы защиты человека от холода / М. И. Бочаров. – Сыктывкар: [б.и.], 2004. – 40 с. – (Науч. докл.: сер. препринтов, № 34-04).
47. Бреслав И. С. Дыхание. Висцеральный и поведенческий аспекты / И. С. Бреслав, А. Д. Ноздрачев. – М. : Наука, 2005. – 309 с.
48. Бурыкин Ю.Г. Системный анализ состояния биологических динамических систем в условиях действия слабых электромагнитных полей: автореф. дисс. ... канд.биол.наук / Ю.Г.Бурыкин. – Сургут, 2009. – 23 с.
49. Бутченко Л. А. Дистрофия миокарда у спортсменов / Л. А. Бутченко, М. С. Кушаковский, Н. Б. Журавлева. – М. : Медицина, 1980. – 224 с.
50. Бююль А. SPSS : искусство обработки информации / А. Бююль, П. Цефель. – СПб. : ООО «ДиаСофтЮП», 2005. – 608 с.
51. Валевский С.Ф. К вопросу объективности показателей хронотропной и инотропной функции сердца при проведении физиологических исследований у рабочих / С.Ф. Валевский, А.И. Трофивенко, В.И. Шипов // Актуальные проблемы физиологии труда и профилактической эргономики: Тез. докл. IX Всесоюз. конф.- М., 1990. – Т.1. – С.16-18.
52. Ванюшин Ю.С. Компенсаторно-адаптационные реакции кардиореспираторной системы при функциональных нагрузках разной мощности / Ю.С. Ванюшин // Эколого-физиологические проблемы адаптации: Тез.докл. XI Междунар. симп.- М., 2003. – С. 98-99.
53. Варламова Н. Г. Функция внешнего дыхания и психологические параметры у женщин на Севере в годовом цикле / Н. Г. Варламова, О. А. Кеткина, В. Г. Евдокимов // Материалы 13 Международного Конгресса по приполярной медицине. – Новосибирск, 2006. – Кн. 2.– С. 213–214. – (Бюл. СО РАМН ; прил.)

54. Варламова Н. Г. Функция внешнего дыхания у молодых мужчин Европейского Севера в годовом цикле / Н. Г. Варламова, В. Г. Евдокимов, Е. Р. Бойко // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 6. – С. 85–91.
55. Варламова Н. Г., Евдокимов В. Г. Изменение параметров электрокардиограммы у мужчин Европейского Севера как маркер влияния климата и возраста // Физиология человека. 2002. Т. 28, № 6. С. 109–114.
56. Варфоломеева Н.А. Функциональные резервы кардиореспираторной системы студентов из Республики Саха (Якутия) при адаптации к условиям средней полосы России / Н.А.Варфоломеева, Л.А.Садыкова // Эколого-физиологические проблемы адаптации: материалы XI Междунар. симп. – М., 2003. – С. 102 – 103.
57. Вегетативные расстройства: Клиника, диагностика, лечение / Под ред. А.М.Вейна. М.: ООО «Медицинское информационное агенство», 2003. 752 с.
58. Величковский Б.Т. Экологическая пульмонология / Б.Т. Величковский. – Екатеринбург, 2001. – 196 с.
59. Величковский Б. Т. Молекулярные механизмы нарушения газообменной функции легких на Крайнем Севере / Б. Т. Величковский // Пульмонология. – 2005.– № 4. – С. 61–64.
60. Величковский Б.Т. Полярная одышка [Электронный ресурс] / Б. Т. Величковский // Социальное партнерство. – 2006. – № 3. – Режим доступа : <http://www.oilru.com/>
61. Величковский Б.Т. Причины и механизмы низкого коэффициента использования кислорода в легких человека на Крайнем Севере / Б.Т.Величковский // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. - 2013. - № 2. - С. 97-101.

62. Витинский Ю.И. Солнце и атмосфера Земли / Ю.И. Витинский, А.И. Оль, В.И. Созонов. – Л.: Наука, 1976. – 148 с.
63. Гапон Л.И. Роль изменений хроноструктуры артериального давления в формировании артериальной гипертонии в условиях вахты на Крайнем Севере / Л.И. Гапон, Н.П. Шуркевич, А.С. Ветошкин, Д.Г. Губин, Белозерова Н.В., Ф.А. Пошинов // Медицинский Альманах. - 2011. - №3. - С. 54 – 60.
64. Гаркуша О.М. Влияние низко-интенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на жизнедеятельность клеток *Saccharomyces cerevisiae* / О.М.Гаркуша, Р.В.Мазуренко, С.Н.Махно, П.П.Горбик // Биофизика. – 2008. – Т.53, №5. – С.817-821.
65. Герасимов И.Г. Индивидуальные реакции сердечно-сосудистой системы в ответ на физическое воздействие / И.Г. Герасимов, И.А. Зайцев, Т.А. Тедеева // Физиология человека.-1997.-Т.23. - №3.-С.53.
66. Герасимов И. Г. Взаимосвязь между показателями гемодинамики и дыхания у человека / И. Г.Герасимов, Е. В. Самохина // Физиология человека. – 2003. – Т. 29, № 4. – С. 72–75.
67. Герасимова Л.И. Частота холод-ассоциированных симптомов у постоянных жителей Севера и мигрантов / Л.И. Герасимова, А.Ю. Мейгал, Ю.В. Лупандин // Проблемы экологии человека: сб. науч. ст. по материалам Всерос. конф. с междунар. участием. – Архангельск, 2000. – С. 49–51.
68. Глико Л. И. Математический метод оценки индивидуальных показателей гемодинамики человека / Л. И. Глико, Е. М. Решетнев, Е. М. Решетнева // Справочное пособие по формулам. Серия «Диагностическая гемодинамика». Вып. 2. – СПб., 1996. – 55 с.
69. Голикова Т.М. Исследование функции внешнего дыхания / Т.М. Голикова, Л.Н. Любченко // Справочник по функциональной диагностике в педиатрии. – М., 1979. – С. 265–296.

70. Граевская Н.Д. Влияние занятий спортом на сердце / БМЭ. - М., 1984. - Т. 23. - С. 185 – 186.
71. Грибанов А. В. Общая характеристика климато-географических условий Русского Севера и адаптивных реакций человека в холодной климатической зоне / А. В. Грибанов, Р. И. Данилова // Север. Дети. Школа : сб. науч. тр. – Архангельск, 1994. – Вып. 1. – С. 4–27.
72. Гришин О. В. Три типа реакций респираторной системы на дыхание холодным воздухом у мигрантов в период адаптации к Северу / О. В. Гришин, Г. С. Шишкин, О. Э. Никольская // Особенности заболеваний терапевтического профиля и их профилактика среди жителей Чукотки. – Анадырь, 1990. – С. 12–13.
73. Гришин О. В. Интенсивность энергетического обмена у человека в норме и при хронической патологии : автореф. дис. ... д-ра мед. наук / О. В. Гришин. – Новосибирск, 2001. – 50 с.
74. Гришин О. В. Медленно развивающиеся реакции органов дыхания / О. В. Гришин, Н. В. Устюжанинова // Дыхание на Севере. Функция. Структура. Резервы. Патология. – Новосибирск, 2006. – С. 38–40.
75. Гришин О.В. Гипометаболизм у северян в условиях действия низких температур / О. В. Гришин, Н. В. Устюжанинова // Бюл.СО РАМН. – 2010. - №3. – С.12-17.
76. Гришин О.В. Адаптивный гипометаболизм у человека / О.В.Гришин // Вестник РАМН. – 2011. - №11. – С.33-41.
77. Гудков А.Б. Некоторые особенности физиологических реакций организма рабочих при экспедиционно-вахтовом методе организации труда в Заполярье / А.Б.Гудков, Ю.Р.Теддер, Г.Н.Дегтева // Физиология человека. – 1996. - № 4. – С.137-142

78. Гудков А.Б. Физиологическая характеристика нетрадиционных режимов организации труда в Заполярье / А.Б.Гудков, Ю.Р.Теддер, Ю.Л.Пацевич. – Архангельск, 1998. – 208 с.
79. Гудков А.Б. Характер метаболических изменений у рабочих при экспедиционно-вахтовом режиме труда в Заполярье / А.Б.Гудков, Ю.Р.Теддер // Физиология человека. – 1999. - № 3. – С.138-142.
80. Гудков А.Б. Влияние специфических факторов Заполярья на функциональное состояние организма человека / А. Б. Гудков, Н. Ю. Лабутин // Экология человека. – 2000. – № 2. – С. 18–23.
81. Гудков А.Б. Пульмонотропные факторы Европейского Севера / А.Б. Гудков, О.Н. Попова // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. - 2008. - № 2. - С. 15-22.
82. Гудков А.Б. Адаптивные реакция внешнего дыхания у жителей Европейского Севера и Заполярья / А.Б.Гудков, О.Н.Попова // Научные труды X Междунар. конгр. «Здоровье и образование в XXI веке. Инновационные технологии в биологии и медицине». – М., РУДН, 2009. – С.309 – 310.
83. Гудков А.Б. Адаптивные реакции организма моряков рыбопромыслового флота: монография / А.Б.Гудков, Ф.А.Щербина, И.Л.Мызников. – Архангельск: Изд-во СГМУ, 2011. – С.23-42.
84. Гудков А.Б. Внешнее дыхание человека на Европейском Севере: монография. – Изд. 2-е, испр. и доп. / А.Б.Гудков, О.Н.Попова. – Архангельск: Изд-во СГМУ, 2012. – 252 с.
85. Гудков А.Б. Новоселы на Европейском Севере. Физиолого-гигиенические аспекты: монография / А.Б.Гудков, О.Н.Попова, А.Н.Небученных. – Архангельск: Изд-во СГМУ, 2012. – 285 с.

86. Гудков А.Б., Мосягин И.Г., Иванов В.Д. Характеристика фазовой структуры сердечного цикла у новобранцев учебного центра ВМФ на Севере // Военно-медицинский журнал, 2014. Т 335, № 2. М. 58 – 59.
87. Гульяева В.В. Сезонные изменения аппарата внешнего дыхания и его связей с газообменом у здоровых жителей Западной Сибири / В.В.Гульяева, Г.С.Шишкин, О.В.Гришин // Бюл. физиологии и патологии дыхания. – 2001. – Вып.10. – С.7-11.
88. Давиденко В.И. Типы саморегуляции кровообращения у здоровых лиц в различных климатогеографических зонах / В.И. Давиденко, Н.Р. Деряпа // Бюлл. СО АН СССР. – 1983. № 4. –С. 45-47.
89. Данишевский Г.М. Патология человека и профилактика заболеваний на Севере / Г.М. Данишевский. – М.: Медицина, 1968. – 412 с.
90. Дёгтева Г.Н. Эколого-физиологические особенности обеспечения жизнедеятельности работников нефтегазоразведочных экспедиций в Заполярье: дисс. ...докт.мед. наук / Г.Н.Дегтева - Архангельск, 1996. – 386 с.
91. Деденко И.И. К вопросу о взаимосвязи функциональных изменений и состояния здоровья с факторами климата Крайнего Севера (обзор) / И. И. Деденко, Р. В. Борисенкова, Б. В. Устюшин // Гигиена и санитария. – 1990. – № 7. – С. 4–9.
92. Дембо А.Г. Новое в исследовании системы кровообращения спортсменов / А.Г. Дембо, Э.В. Земцовский, Ю.М. Шапкайц // Теор. и практ. физ. культуры. - 1986. - № 11. - С. 42-45.
93. Деряпа Н.Р., Рябинин И.Ф. Адаптация человека в полярных районах Земли. Л.: Медицина, 1977. 296 с.
94. Деряпа Н.Р. Экологические особенности Севера и Крайнего Севера / Н.Р. Деряпа, З.И. Барабашова, Н.П. Неверова и др. // Экологическая физиология

- человека. Адаптация человека к различным климатогеографическим условиям / под ред. Н.Н. Василевского - Л., 1980. - С. 7 – 18.
95. Детская спортивная медицина / под ред. проф. С.Б.Тихвинского, проф. С.В. Хрущева. – Руководство для врачей. – М.: Медицина, 1991. – 560 с.
 96. Диверт Г. М. Изменение терморегуляции и внешнего дыхания у человека при адаптации к холоду / Г. М. Диверт, С. Г. Кривошеков, В. Ф. Осипов // Физиология человека. – 1993. – Т. 19, № 2. – С. 125–131.
 97. Дорфман Ю.Р. Оценка и оптимизация адаптации военнослужащих, проходящих военную службу по контракту, к условиям военно-профессиональной деятельности: автореф. дис. ...канд.мед.наук. – Саратов, 2008. – 23 с.
 98. Дощицин В. Л. Клинический анализ электрокардиограммы / В. Л. Дощицин. – М.: Медицина, 1987. – 206 с.
 99. Дружинин И.П. Космос–Земля. Прогнозы / И.П. Дружинин, Б.И. Созонов, В.Н. Ягодинский. – М.: Мысль, 1974. – 288 с.
 100. Евдокимов В.Г. Роль температурного фактора в формировании сезонных адаптивных изменений у человека на Севере / В. Г. Евдокимов // Биологические аспекты экологии человека: материалы Всерос. конф. с междунар. участием. – Архангельск, 2004. – Т. 2. – С. 170–173.
 101. Евдокимов В.Г. Моделирующее влияние факторов Севера на кардиореспираторную систему человека в онтогенезе / В.Г.Евдокимов, О.В.Рогачевская, Н.Г.Варламова. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 257с.
 102. Егунова М. М. Кислородный и кислотно-щелочной баланс крови у здоровых лиц молодого возраста в условиях Заполярья / М. М. Егунова, Л. Б. Ким // Биологические проблемы Севера. Адаптация человека к условиям Севера. – Петрозаводск, 1976. – С. 45–47.

103. Ермакова Н.В. Особенности системы внешнего дыхания и газообмена у коренного населения Севера / Н.В. Ермакова // Адаптационная физиология и качество жизни: проблемы традиционной и инновационной медицины: материалы междунар. симпозиума. – М.: РУДН. - 2008 - С. 118-120.
104. Еськов В.М., Русак С.Н., Филатова О.Е. Системный анализ и синтез влияния динамики климатогеографических факторов на заболеваемость населения Севера РФ// Вестн. новых мед. технологий, 2008. № 1. С. 26-29.
105. Еськов Е.К. Зависимость магнитной восприимчивости различных биообъектов от их физиологического состояния и жизнеспособности / Е.К.Еськов, А.В.Дарков, Г.А.Швецов // Биофизика. – 2005. – Т.50, №2. – С.357-360.
106. Ефимова Н.В. Особенности реакций сердечно-сосудистой системы на стандартную физическую нагрузку у жителей Европейского Севера в динамике годового цикла / Н.В. Ефимова, О.Н. Попова / В мире научных открытий. Проблемы науки и образования . – 2012. – № 2 (26). – С. 44 – 47.
107. Ефимова Н.В. Эколого-физиологическая характеристика адаптивных реакций кардиореспираторной системы в годовом цикле у молодых лиц 18-22 лет уроженцев Европейского Севера: дисс. ..канд.мед. наук / Н.В. Ефимова. - Москва, 2013. - 176 с.
108. Жуковский А. П. Биофизический механизм воздействия магнитного поля на живые организмы / А. П. Жуковский, Л. Н. Петров, Н. В. Ровнов // Проблемы охраны здоровья и социальные аспекты освоения газовых и нефтяных месторождений в Арктических регионах. – Надым, 1995. – С. 46.
109. Загрядский В.П. Методы исследования в физиологии военного труда / В.П. Загрядский, З.К.Сулимо-Самуйло. – Л.: Изд-во ВмедА им. С.М.Кирова, 1991. – 110 с.
110. Зайцев В.М. Прикладная медицинская статистика/ ВМ.Зайцев, В.Г.Лифляндский, В.И.Маринкин. – СПб.: Фолиант, 2003. – 428 с.

111. Зенченко Т.А. Индивидуальные типы реакций артериального давления практически здоровых людей на геомагнитную активность / Т.А.Зенченко, С.Димитрова, И.Стоилова, Т.К.Бреус // Клин.медицина. – 2009. – №4. – С.18-24.
112. Иванов В.Д. Физиологические реакции сердечно-сосудистой системы у военнослужащих учебного центра Военно-морского флота в условиях Европейского Севера: дисс. ..канд.мед. наук / В.Д.Иванов. - Архангельск, 2006. – 153 с.
113. Иванов Ю.И. Статистическая обработка результатов медико-биологических исследований на микрокалькуляторах по программам / Ю. И. Иванов, О. Н. Погорелюк. – М.: Медицина, 1990. – 217 с.
114. Иржак Л.И. Функциональные пробы для оценки легочного дыхания / Л.И.Иржак, П.В.Полякова, Е.М.Осколкова // Физиология человека. 2001. том 27. № 3 С. 76-80.
115. Иржак Л. И. Потребление кислорода и энергетические затраты, связанные с применением проб Генчи и Штанге / Л И. Иржак // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 2002. – Т. 88, № 7. – С. 935–938.
116. Иржак Л.И. Способ определения кислородного резерва в организме человека путем измерения потребности в кислороде / Л.И. Иржак, С.П. Дмитриева // Бюл. изобретений. – 2006. – № 36. – С. 34.
117. Казначеев В.П. Синдром полярного напряжения и некоторые вопросы экологии человека в высоких широтах / В.П. Казначеев, В.Ю. Куликов // Вестн. АН СССР. - 1980. - №1. - С. 74 – 82.
118. Казначеев В.П., Куликов В.Ю., Панин Л.Е. Особенности экологических факторов высоких широт // Механизмы адаптации человека в условиях высоких широт. Л.: Медицина, 1980. С. 10 – 24.

119. Калманова Е. Н. Исследование респираторной функции и функциональный диагноз в пульмонологии / Е. Н. Калманова, З. Р. Айсанов // Рус. мед. журн. – 2000. – Т. 8, № 12. – С. 510–514.
120. Кануников И.Е. Влияние геомагнитной активности на электроэнцефалограмму человека / И.Е.Кануников, Д.Р.Белов, О.В.Гетманенко // Экология человека. – 2010. - №6. – С.6-11
121. Ким Л. Б. Определение оптимального возраста для переезда на Север по состоянию функции внешнего дыхания / Л. Б. Ким, В. Ю. Куликов, В. Н. Мельников // Эколого-физиологические проблемы адаптации : материалы XI Междунар. симпозиума. – М., 2003. – С. 661–662.
122. Кисловский Л. Д. О возможном молекулярном механизме влияния солнечной активности на процессы в биосфере / Л. Д. Кисловский // Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. – М., 1974. – С. 147–164.
123. Ковалев И.В. Проблемы развития Севера и здоровья населения / И.В. Ковалев. – М.: Изд-во «Тривант», 2000. – С. 6–13.
124. Коваль А.М. Современные подходы к оценке функционального состояния военнослужащих и к коррекции его нарушений / А.М.Коваль, В.Н.Михайлин // Воен.-мед.журн. 2003. №4. С. 33-36.
125. Ковязина О.Л. Морфологические и функциональные показатели младших школьников северного города/ О.Л. Ковязина: автореф. дис. ... канд.биол. наук / Тюм. гос. ун-т. - Тюмень, 1998. - 23с.
126. Козырева Т. В. Функциональное значение динамической активности холодовых рецепторов кожи / Т. В. Козырева, Л. А. Верхогляд // Физиол. журн. СССР им. И. М. Сеченова. – 1989. – Т. 75, № 1. – С. 117–123.
127. Козырева Т. В. Индивидуальный паттерн дыхания человека и реакция на охлаждение / Т. В. Козырева, Т. Г. Симонова // Выживание человека :

- резервные возможности и нетрадиционная медицина : тез. докл. 1
Междунар. конф. – М., 1993. – С. 69–70.
128. Козырева Т. В. Реакция системы дыхания на быстрое локальное охлаждение / Т. В. Козырева, Т. Г. Симонова // Физиология человека. – 1994. – Т. 20, № 4. – С. 177–179.
 129. Козырева Т.В. Влияние локального охлаждения кожи на спирометрические показатели человека / Т.В. Козырева, Т.Г. Симонова, О. В. Гришин // Бюл. СО РАМН. – 2002. – № 1 (103). – С. 71–73.
 130. Колчинская А.З. Кислородные режимы организма ребенка и подростка / А.З.Колчинская. – Киев, «Наукова думка», 1973. – С. 7 – 54.
 131. Кононов А. С. Внешнее дыхание и энергетический обмен в процессе акклиматизации человека на Крайнем Севере : автореф. дис. ... канд. мед. наук / А. С. Кононов. – Петрозаводск, 1972. – 22 с.
 132. Копосова Т. С. Сезонные изменения показателей кардиогемодинамики и вегетативного статуса организма студентов / Т.С. Копосова, С. Н. Чикова, А.Е. Чиков // Экология человека. - 2004. - № 5. - С.23-25.
 133. Кочан Т.И. Годовой мониторинг влияния условий Севера на метаболизм и функционирование сердечно-сосудистой системы человека // Успехи физиол.наук, 2007. Т. 38, № 1. С. 55 – 65.
 134. Кривошеков С.Г. Функциональные резервы и механизмы физиологической компенсации при адаптации к повторным гипоксическим воздействиям // Бюл.сиб.медицины, 2005. Прил. 1. С. 147.
 135. Кричагин В.И. Нормирование УФ-лучей, применяемых в профилактических целях. УФ-излучения/ В.И.Кричагину – М., 1958. – С.208 – 213.
 136. Кубушка О.Н. К вопросу об экономичности внешнего дыхания у северян / О.Н. Кубушка // Молодежь и медицинская наука в XXI веке: материалы

- VIII итог. открытой науч-практ. конф. мол. ученых и студентов с междунар. участием. – Киров, 2003. – С. 104–105.
137. Кубушка О. Н., Гудков А. Б., Лабутин Н. Ю. Некоторые реакции кардиореспираторной системы у молодых лиц трудоспособного возраста на стадии адаптивного напряжения при переезде на Север // Экология человека. 2004. № 5. - С. 16–18.
 138. Кубушка О.Н. Состояние внешнего дыхания у молодых северян трудоспособного возраста / О.Н. Кубушка // Фундаментальные науки и прогресс клинической медицины: материалы III конф. мол. ученых России с междунар. участием. – М., 2004. – С. 370–371.
 139. Кузнецова А.П. Особенности циркадного ритма артериального давления у больных артериальной гипертензией в условиях Севера / А.П. Кузнецова, Ю.А. Николаев, В.Я. Поляков // Вестник новых медицинских технологий. - 2011. - Т.18, № 3. - С. 322 – 325.
 140. Кузнецова Т.Д. Исследование внешнего дыхания и газового состава крови у детей / Т.Д.Кузнецова, Н.Б.Назарова. – М.: Медицина, 1976. – 175 с.
 141. Куликов В. Ю. Реакции свободнорадикального окисления липидов и некоторые показатели кислородного обмена / В. Ю. Куликов, В. В. Ляхович // Механизмы адаптации человека в условиях высоких широт. – Л., 1980. – С. 87–97.
 142. Куликов В. Ю. Кислородный режим при адаптации человека на Крайнем Севере / В. Ю. Куликов, Л. Б. Ким. – Новосибирск : Наука, 1987. – 159 с.
 143. Лабутина Н. О. Физиологическая характеристика кардиореспираторной системы и стоматологического статуса у коренного и пришлого населения Арктики : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Н. О. Лабутина. – Архангельск, 2000. – 18 с.

144. Ландышев Ю.С. Эпидемиология, клинико-функциональные основы формирования, лечения и профилактики неспецифических заболеваний легких в климато-географических условиях Дальнего Востока / Ю.С. Ландышев, В.А. Доровских, В.Ф. Ушаков. – Благовещенск, 1994. – 304 с.
145. Логинова Т.П. Вегетативные изменения у человека на Севере в различные сезоны года: Автореф. Дис. ... канд.биол.наук Помор. Гос. ун-т им. М.В.Ломоносова. Архангельск, 2006.
146. Ломакина С.В. Механизмы формирования терморегуляторных реакций на холод у крыс с наследственной артериальной гипертензией: автореф.дис.канд.мед.наук / С.В.Ломакина. – Новосибирск, 2004. – 21 с.
147. Лупачёв В.В. Донозологические механизмы и особенности формирования заболеваемости плавсостава Северного бассейна в период длительных рейсов: автореф. дис. ... докт. Мед. Наук / В.В. Лупачев. – Архангельск, 1999. – 38 с.
148. Лушнов М.С. Влияние ритмов геокосмоса на функциональное состояние организма и систему крови / М.С.Лушнов, В.Н.Кидалов, А.А.Хадарцев, В.М.Еськов. – СПб.; Тула: ООО РИФ «ИНФА», 2007. – 188 с.
149. Лыткин Б.Г. Роль органов дыхания в процессе теплообмена организма горнорабочих Заполярья: дис. ... канд. мед. наук / Б.Г. Лыткин. – М., 1981. – 183 с.
150. Малкин В.Б. Физиологические эффекты произвольной задержки дыхания у детей и подростков / В.Б.Малкин, Е.П.Гора // Физиология человека. 1998. Том 24. № 1. С.46.
151. Мануйлов И.В. Физиологическая характеристика адаптивных реакций кардиореспираторной системы у лыжников массовых спортивных разрядов в годовом цикле на Европейском Севере: Автореф. дисс. ... канд.мед.наук. СГМУ. Архангельск, 2014. 17 с.

152. Марачев А. Г. Морфофункциональные основы адаптации и патологии легких, сердца и красной крови человека в условиях Крайнего Севера : автореф. дис. ... д-ра мед. наук / А. Г. Марачев. – М., 1980. – 60 с.
153. Марачев А. Г. Циркумполярный гипоксический синдром и его диагностические критерии / А. Г. Марачев // Региональные особенности здоровья жителей Заполярья. – Новосибирск, 1983. – С. 98–102.
154. Маршалл Р. Функция сердца у здоровых и больных / Р. Маршалл, Д. Шеферд. – М. : Медицина, 1972. – 390 с.
155. Матюхин В.А. Биоклиматология человека в условиях муссонов / В.А.Матюхин - Л.: Наука, 1971. – 82 с.
156. Матюхин В. А. Физиология перемещений человека и вахтовый труд / В. А. Матюхин, С. Г. Кривошеков, Д. В. Демин. – Новосибирск : Наука, 1986 – 200 с.
157. Мизун Ю.Г. Ваше здоровье и магнитные бури / Ю.Г. Мизун, В.И. Хаснулин. – М.: Знание, 1991. – 166 с.
158. Мизун Ю.Г. Влияние гелиофизических факторов на организм человека в условиях Крайнего Севера / Ю.Г.Мизун // Экология человека. – 1995. - № 1. – С.42-49.
159. Милованов А. П. Адаптация малого круга кровообращения человека в условиях Севера / А. П. Милованов. – Новосибирск, 1981. – 170 с.
160. Михайлова Л.П. Исследование процессов жизнедеятельности клеток в гипомагнитных условиях / Л.П.Михайлова, Н.В.Игнатович, Е.С.Ахроменко // Гелиогеофизические факторы и здоровье человека: Матер.Международ. симпозиума. – Новосибирск: ООО «РИЦ», 2005. – С.110-111.
161. Модин А.Ю. Результаты функциональных проб с задержкой дыхания у здоровых мужчин в положении лежа и стоя / А.Ю.Модин // Физиология человека. 1998. Том 24 24. № 5. С. 132.

162. Мойкин Ю. В. Исследование внешнего дыхания / Ю. В. Мойкин // Методики исследований физиологии труда. – М., 1974. – С. 245–253.
163. Мотылянская Р.Е. Врачебный контроль при массовой физкультурно-оздоровительной работе / Р.Е. Мотылянская, Л.А. Ерусалимский. – М.: ФиС., 1980. – 95 с.
164. Мурашко В. В. Струтынский А. В. Электрокардиография. М. : МЕДпресс-информ, 2008. 320 с.
165. Мызников И.Л., Глико Л.И. Паюсов Ю.А., Шагалова Л.Н., Решетнев В.Г. Методика контроля за функциональным состоянием моряков. Диагностические индексы и физиологические нагрузочные тесты. – Мурманск, 2008. – 127 с.
166. Небученных А.А. Состояние кардиореспираторной системы у военнослужащих по призыву в начальный период службы на Европейском Севере: дис. ... канд. мед. наук. / А.А. Небученных. - Архангельск, 2006. - 126 с.
167. Неверова Н. П. Функция внешнего дыхания в начальном периоде акклиматизации человека в Арктике / Н. П. Неверова, А. С. Кононов // Акклиматизация и краевая патология человека на Севере : материалы межобл. конф. северо-западных областей РСФСР по акклиматизации и краевой патологии человека на Севере. – Архангельск, 1970. – С. 123–125.
168. Неверова Н.П. Состояние вегетативных функций здоровых людей в условиях Крайнего Севера: Автореф.дис. ... докт.мед.наук. Новосибирск, 1972.
169. Неверова Н.П. Опыт и стратегии исследований по проблемам Европейского Севера России в АГМИ-АГМА-СГМУ / Н.П.Неверова, В.П.Пащенко // Экология человека. – 2011. - №6. – С.5-11.

170. Новиков С.Н. Исследование действия ослабленного постоянного магнитного поле на возбудимость нервной клетки / С.М.Новиков, Г.В.Максимов, В.В.Волков, А.Н.Шалыгин // Биофизика. – 2008. – Т.53, №3. – С.519-523.
171. Овчарова В.Ф. Медицинская интерпретация синоптических и метеорологических факторов на жизнедеятельность организма / В. Ф. Овчарова // Влияние геофизических и метеорологических факторов на жизнедеятельность организма. – Новосибирск, 1978. – С. 33–44.
172. Околоков А.Н. Диагностика болезней внутренних органов. Том 3. / А.Н.Околоков. – М.: Мед.лит., 2003. – 464 с.
173. Оль А.И. Проявление солнечной активности в магнитосфере и ионосфере Земли / А.И. Оль // Влияние солнечной активности на атмосферу Земли. – М., 1971. – С. 104–118.
174. Омарова К.П. Зависимость тромбоэластографических показателей у здоровых лиц от состояния геомагнитного поля / К.П. Омарова, Ж.С. Сундетов, К.И. Косенов // Физиология человека. – 1985. – Т. 11, № 6. – С. 1035–1036.
175. «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», утверждены Президентом РФ 18 сентября 2008 г. № Пр-1969.
176. Основы физиологии человека. Т. 3. Клинико-физиологические аспекты / под ред. Б. И. Ткаченко. – М. : Литера, 1998. – 356 с.
177. Павлов И.П. Полное собрание сочинений / И.П. Павлов. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. – Т.3, кн.1. – 392 с.
178. Палеев Н. Р. О влиянии климата Арктики и Антарктики на сердечно-сосудистую систему / Н. Р. Палеев // Терапевт. арх. – 1959. – Т. 31, № 11. – С. 17–22.

179. Панин Л.Е. Медицинские и научные проблемы освоения человеком Крайнего Севера // Вестн. АМН России, 1993. № 8. С. 9 - 13.
180. Петрунев С.А. Изменение внешнего дыхания у жителей Севера при сезонном понижении температуры воздуха : автореф. дис. ... канд. мед. наук / С. А. Петрунев. – Новосибирск, 1987. – 18 с.
181. Пирогова Е.А., Иващенко Л.А., Страпко Н.П. Влияние физических упражнений на работоспособность и здоровье человека. – Киев: Здоров'я. 1986. – 152 с.
182. Погонышева И.А. Особенности функционирования системы органов дыхания у молодых людей с разным уровнем физической активности в условиях Севера / И.А.Погонышева, Д.А.Погонышев // Научный медицинский вестник Югры. – 2012. - №1-2. – С.217-220.
183. Поморская энциклопедия / под ред. Н.П.Лаверова – Архангельск, 2007, Т. 2, С.603;
184. Понятие нормы и патологии в фазовом пространстве состояний с позиции компартментно-кластерного подхода / В.М.Еськов, Р.Н.Живогляд, Н.М.Карташова и др. // Вестн.новых мед.технологий, 2005 Т.1, № 1. С.12 – 14.
185. Попова О.Н. Некоторые показатели функций внешнего дыхания у молодых лиц, уроженцев Крайнего Севера / О.Н.Попова, А.Б.Гудков, А.Н.Никанов, Б.А.Скрипаль // Вестн. Помор. ун-та. Сер. «Физиологические и психолого-педагогические науки». – 2005. - №2. – С.95 – 99.
186. Попова О.Н. Особенности внешнего дыхания у молодых лиц, уроженцев Европейского Севера / О.Н. Попова, А.Б. Гудков // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2007. – Спец. вып. Экология и здоровье человека. – С. 71–76.

187. Попова О.Н. Характеристика адаптивных реакций внешнего дыхания у молодых лиц трудоспособного возраста, жителей Европейского Севера: Дис. ... докт.мед.наук / О.Н.Попова. – Архангельск, 2009. – 278 с.
188. Попова О.Н. Динамика статических легочных объемов и емкостей в контрастные сезоны года у жителей Крайнего Севера / О.Н. Попова, Ю.Ф. Щербина // Матер. Всеросс. молодежной научно-практ. конф. «Адаптация человека на Севере: медико-биологические аспекты». – Архангельск, 2012. – С. 255 – 259.
189. Попова О.Н. Сезонные изменения показателей гемодинамики и типов реакции на стандартную физическую нагрузку у жителей Европейского Севера / О.Н. Попова, Н.В. Ефимова, А.Б. Гудков // Материалы Всероссийской научно – практической конференции «Югра – за здоровый образ жизни». – Ханты – Мансийск: Изд-во ХМГМА, 2012. – С. 220 – 222.
190. Поскотинова Л.В. Зависимость типологических особенностей вегетативных реакций здоровых лиц от фоновых показателей гелиометеофакторов / Л.В.Поскотинова, П.Е. Григорьев // Экология человека. – 2008. - №5. – С.3-8.
191. Приходько А. Г. Респираторный теплообмен и холодовая реактивность дыхательных путей у здоровых людей / А. Г. Приходько, Ю. М. Перельман // Бюл. физиологии и патологии дыхания. – 1999. – № 5. – С. 11–18.
192. Пузин М.Н., Шубина О.С. Головная боль напряжения и биоуправление // Росс.стомат.журн., 2001. № 2. С. 22 – 27.
193. Пятков А.В., Валькова Н.Ю., Комаровская Н.Ю. Соотношение вегетативной регуляции и успешности учебной деятельности студентов современного гуманитарного вуза // Вестн.Помор.ун-та, 2004. № 2(6). С. 50 – 54.

194. Рапопорт Ж. Ж. Адаптация ребенка на Севере / Ж. Ж. Рапопорт. – Л. : Медицина, 1979. – 191 с.
195. Рапопорт С.И. Геомагнитные пульсации и инфаркты миокарда / С.И.Рапопорт, Т.К.Бреус, Н.Г.Клейменова и др. // Терапевтический архив. – 2006. – Т.78, №4. – С. 56-60.
196. Рощевский М.П. Региональные и сезонные особенности функций кардиореспираторной системы жителей Севера / М.П. Рощевский// Физиология человека. – 1994. - №6. – С.75-81.
197. Рощевский М.П., Евдокимов В.Г., Овсов А.С., Варламова Н.Г. Сезонные изменения параметров кардиореспираторной системы жителей Севера // Физиология человека, 1993. Т. 18, № 6. С. 44 – 50.
198. Рощевский М. П. Экологическая физиология человека на Севере / М. П. Рощевский, В. Г. Евдокимов // Медицинская наука в Республике Коми. – Сыктывкар, 2000. – С. 12–27.
199. Рубашов Б. М. Проблемы солнечной активности / Б.М. Рубашов. – Л.: Наука, 1964. – 185 с.
200. Сарычев А.С. Характеристика адаптивных реакций организма вахтовых рабочих в условиях Заполярья: Дис. ... докт.мед.наук / А.С.Сарычев. – Архангельск, 2012. – 301 с.
201. Северин А.Е. Одновременный анализ сердечного ритма и дыхания для расширения возможностей функциональной диагностики / А.Е. Северин, В.В. Розанов, С.И. Щукин //Биомедицинская радиоэлектроника. – 2010 - № 10. – С. 96 – 102.
202. Симонова Н.Н. Психология вахтового труда на Севере: монография / Н.Н. Симонова; Поморский гос. Ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: Поморский университет, 2010. – 359 с.

203. Скрипаль Б. А. Ранняя диагностика и профилактика сердечно-сосудистой патологии у работающих на Крайнем Севере / Б.А. Скрипаль, Б.М. Столбун, Б.В. Устюшин. – Апатиты: Кировский рабочий, 1992. – 168 с.
204. Совершаева С.Л. Эколого-физиологическое обоснование механизмов формирования донозологических состояний у жителей Европейского Севера России : автореф. дис. ... д-ра. мед. наук / С.Л. Совершаева. – Архангельск, 1996. – 37 с.
205. Солонин Ю.Г. Гемодинамика, выносливость и психомоторика у жителей разных широт в контрастные периоды года // Физиология человека, 1996. Т. 22, № 23. С. 113 – 117.
206. Спортивная медицина (Руководство для врачей) / под ред. А.В.Чоговадзе, Л.А.Бутченко. М.: Медицина. 1984. 384 с.
207. Спортивная медицина: учеб.пособие / под ред. В.А.Епифанова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. 336 с.
208. Стручков П. В. Введение в функциональную диагностику внешнего дыхания / П. В. Стручков, Р. С. Веницкая, И. А. Люкевич. – М., 1996. –72 с.
209. Суворов Н. Б. Нервно-системные реакции организма на физические факторы внешней среды : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – СПб., 1993. – 44 с.
210. Судаков К.В. Функциональные системы организма в динамике патологических состояний (100-летию со дня рождения П.К. Анохина, который глубоко вникал в проблемы клинической медицины, посвящается) / К.В. Судаков //Клиническая медицина. –1997. –Т.75, №10. –С.4-11.
211. Таскаев Ю.Н. К механизму адаптивных изменений респираторной системы при воздействии низких температур в климатических условиях Сибири и Северо-Востока / Ю.Н. Таскаев // Важнейшие теоретические проблемы терморегуляции : тез. докл. конф. – Новосибирск, 1982. – С. 89.

212. Ткачев А.В. Особенности здоровья человека на Севере / А.В. Ткачев, Л.К. Добродеева, Ф.А. Бичкаева // Север как объект комплексных региональных исследований. – Сыктывкар, 2005. – С. 151–177.
213. Турчинский В. И. Классификация основных факторов Крайнего Севера, оказывающих влияние на процесс адаптации и здоровье пришлого человека / В. И. Турчинский // Основные аспекты географической патологии на Крайнем Севере. – Норильск, 1976. – С. 46–48.
214. Турчинский В. И. Ишемическая болезнь сердца на Крайнем Севере / В. И. Турчинский. – Новосибирск : Наука, 1980. – 280 с.
215. Ульмер Г. Энергетический баланс / Г.Ульмер // Физиология человека. М., 1986. – Т.4. – С.5.
216. Унгурияну Т.Н. Применение корреляционного анализа в эпидемиологии / Т.Н.Унгурияну, Р.В.Бузинов. – Архангельск: Изд-во СГМУ, 2005. – 57с.
217. Устюжанинова Н. В. Функциональное состояние внешнего дыхания здоровых студентов / Н. В. Устюжанинова, Г. С. Шишкин, Н. Д. Уманцева // Бюл. СО РАМН. – 2004. – № 1. – С. 134–137.
218. Устюшин Б. В. Физиолого-гигиенические аспекты труда человека на открытых территориях Крайнего Севера / Б. В. Устюшин // Медицина труда и пром. экология. – 1994. – № 12. – С. 10–13.
219. Фатеева Н.М., Колпаков В.В. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера: влияние экспедиционно-вахтового труда на биоритмы гомостаза, перекисное окисление липидов и антиоксидантную систему. Монография. – Тюмень. Шадринск: Изд-во ОГУП «Шадринский Дом Печати», 2011. – 258 с.
220. Хаснулин В.И. Введение в полярную медицину / В.И.Хаснулин. – Новосибирск, СО РАМН, 1998. – 337 с.

221. Хаснулин В. И. Северный стресс, формирование артериальной гипертензии на Севере, подходы к профилактике и лечению / В. И. Хаснулин, А. В. Хаснулина, И. И. Чечеткина // Экология человека. - 2009. - № 6. - С. 26 – 30.
222. Хаснулин В.И. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах / В.И.Хаснулин, П.В.Хаснулин // Экология человека. – 2012. - №1. – С.4-11.
223. Хрущев В. Л. Здоровье человека на Севере / В. Л. Хрущев // Эколого-физиологические проблемы адаптации : материалы XI междунар. симп. – М., 2003. – С. 601–602.
224. Чашин В.П., Гудков А.Б., Попова О.Н., Одланд Ю.О., Ковшов А.А. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике // Экология человека. 2014. №1. С.3-12.
225. Черноруцкий М.В. Диагностика внутренних болезней. – Л.: Медгиз, 1953. – 660 с.
226. Чеснокова В.Н. Сезонная динамика параметров кардиореспираторной системы у юношей, проживающих на Европейском Севере / В.Н.Чеснокова, И.Г.Мосягин // Экология человека. – 2009. - № 8. - С.7 – 11.
227. Чижевский А. Л. Аэроионы и жизнь. Беседы с Циолковским / А. Л. Чижевский. – М.: Мысль, 1999. – 716 с.
228. Шабетник В.Д. Природа смещения магнитных полюсов Земли / В.Д.Шабетник // Физическая мысль России. – 2000. - №3. – С.98-99.
229. Шейд П. Физиология дыхания / П. Шейд // Фундаментальная клиническая физиология. – М., 2004. – С. 773–838.

230. Шейх-Заде Ю.Р. Определение должной частоты сердечных сокращений у человека в покое / Ю.Р. Шейх-Заде, Ю.А. Зузик, К.Ю. Шейх-Заде // Физиология человека.- 2001. - Т. 27, №6. - С. 114-116.
231. Шишкин Г. С. Динамика функционального изменения внешнего дыхания у жителей Северо-Востока СССР // Адаптация человека в различных климатогеографических и производственных условиях. – Ашхабад, 1981. – Т. 1. – С. 180–181.
232. Шишкин Г. С. Обеспечение кислородного гомеостаза в осенне-зимний период у мигрантов на Северо-Востоке СССР / Г. С. Шишкин, С. А. Петрунев, Н. А. Цзо // Биоэнергетика и термодинамика живых систем. – Новосибирск, 1984. – С. 15–20.
233. Шишкин Г. С. Актуальные проблемы физиологических и структурно-функциональных основ жизнедеятельности / Г. С. Шишкин. – Новосибирск, 1987. – 377 с.
234. Шишкин Г. С. Изменение легочных объемов при дыхании холодным воздухом у рабочих-строителей на севере Западной Сибири / Г. С. Шишкин, О. Э. Никольская, О. В. Гришин // Физиология человека. – 1992. – Т. 18, № 4. – С. 12–17.
235. Шишкин Г. С. Особенности вентиляции легких при дыхании низкотемпературным воздухом / Г. С. Шишкин, С. А. Петрунев, В. К. Преображенская // Физиология человека. – 1995. – Т. 21, № 2. – С. 61–66.
236. Шишкин Г. С. Проблемы пограничных состояний в пульмонологии / Г. С. Шишкин // Материалы докладов 4 съезда физиологов Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск, 2002. – С. 305.
237. Шишкин Г. С. Проявления пульмонологического риска у мужчин в разных профессиональных контингентах / Г. С. Шишкин, О. В. Гришин, Н. В. Устюжанинова // Бюл. СО РАМН. – 2005. – № 4. – С. 36–39.

238. Шишкин Г. С. Нормативы показателей внешнего дыхания для мужчин, проживающих в Западной Сибири / Г. С. Шишкин, Н. Д. Уманцева, Н. В. Устюжанинова // Бюл. физиологии и патологии дыхания. – 2005. – Вып. 21. – С. 7–12.
239. Шишкин Г.С. Стандартизованная оценка функции внешнего дыхания / Г.С.Шишкин, Н.В.Устюжанинова, Н.Д.Уманцева // Физиология человека. – 2007. – Т.33, №1. – С.141-144.
240. Шишкин Г. С. Компенсаторное значение повышения воздушности респираторных отделов легких / Г. С. Шишкин, Н. В. Устюжанинова // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 6. – С. 121–125.
241. Шишкин Г.С. Функциональные состояния внешнего дыхания здорового человека / Г.С.Шишкин, Н.В.Устюжанинова; отв. ред. С.Г.Кривошеков; Рос.акад.мед.наук, Сиб.отд-ние, ФГБУ «Научно-исследовательский институт физиологии». – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 329 с.
242. Щербина Ф.А. Особенности формирования защитно-приспособительных реакций организма моряков рыбопромыслового флота в трансширотных рейсах различной продолжительности: дисс. ... д-ра. биол. наук / Ф.А. Щербина. - Архангельск, 2008. – 259 с.
243. Щербина Ю.Ф. Физиологическая характеристика сезонных реакций дыхательной системы у лиц юношеского возраста в условиях Кольского Заполярья: автореф. ... канд. биол. наук / Ю.Ф. Щербина.- Архангельск, 2013. - 17 с.
244. Юрьев Ю.Ю. Психоэмоциональный статус рыбаков в условиях длительного Арктического рейса / Ю.Ю. Юрьев, В.В. Лупачев, Е.В. Типисова, В.А. Попкова // Экология человека. – 2008. – № 12. – С. 8 – 11.
245. Якименко М.А. Система терморегуляции и некоторые функции организма при адаптации к холоду / М.А. Якименко // Важнейшие теоретические

- проблемы терморегуляции: тез. докл. конф. – Новосибирск, 1982. – С. 81–83.
246. Якименко М.А. Внешнее дыхание как эффекторный механизм системы терморегуляции при адаптации к холоду / М.А. Якименко, Т.Г. Симонова // Диагностика, особенности течения и профилактика болезней органов дыхания в Дальневосточном регионе: тез. докл. 1 съезда пульмонологов Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера. – Благовещенск, 1986. – Т. 1. – С. 271–272.
247. Якименко М. А. Терморегуляция и дыхание / М. А. Якименко, Т. Г. Симонова // Проблемы терморегуляции и температурной адаптации. – Новосибирск, 1992. – С. 24–29.
248. Abraham P. International comparison of occupational injuries among commercial fishers of selected northern countries and regions / P. Abraham // Barents. – 2001. – Vol. 4, № 1. – P. 24–28.
249. Amundsen L.R. Normal and abnormal cardiovascular response to acute physical exercise / L.R. Amundsen, H. Neelsen // Cardiac rehabilitation. - New York. - 1988.-P. 1-10.
250. Andersen K. Fundamentals of exercise testing / K. Andersen, R. S. Shephard, H. Denolin. – Geneva : WHO, 1971. – 135 p.
251. Andersen K.L. Physical working capacity of Arctic people / K.L. Andersen // Medicine and Public Health in the Arctic and Antarctic. Selected papers from a Conference WHO. – Geneva, 1963. – P. 159–169.
252. Anderson R. D. Pulse Pressure and Adverse Outcomes in Women: A Report From the Women's Ischemia Syndrome Evaluation (WISE) / R. D.Anderson, B. C. Sizemore, G. M. Barrow, B. D. Johnson, C. N. Bairey Merz, G. Sopko, G. O. von Mering, E. M. Handberg¹, W. W. Nichols and C.J. Pepine // American Journal of Hypertension. - 2008. - Vol. 21. - P. 1224–1230.

253. Anderson S.D. Exercise-induced bronchoconstriction: pathogenesis / S.D.Anderson, P. Kippelen // Curr. Allergy Asthma Rep. 2005, Mar. - Vol. 5, N 2. -P. 116-122.
254. Bell D.G. Relative intensity of muscular contraction during shivering / D.G. Bell, P. Tikuisis, I. Jacobs // J. Appl. Physiol. – 1992. – Vol.92. – P. 2336 – 2342.
255. Benzinger T. H. Heart regulation : homeostasis of central temperature in men / T. H. Benzinger // Physiol. Rev. – 1969. – Vol. 49, № 4. – P. 671–759.
256. Bittel J. H. M. Heat debt as an index for cold adaptation in man / J. H. M. Bittel // J. Appl. Physiol. – 1987. – Vol. 62, № 4. – P. 1627.
257. Bligh J. Effects of the hypoxia, cold exposure and level on pulmonary artery pressure and their significance for Arctic residents / J. Bligh, D. Chance // Circumpolar Health-81 : Proc. 5 Int. Symp. – Copenhagen, 1981. – P. 9–13.
258. Bray G.A. Autonomic and endocrine factors in the regulation of energy balance // Fed. Proc., 1986. V. 45. P. 1404 – 1410.
259. Bruck K. Cold Adaptive Modifications in Man Induced by Repeated Short-Term cold exposures and during a 10-day and Night cold exposure / K. Bruck, E. Baum, H.P. Schwennicke // Pflugers Arch. – 1976. – Vol. 363, № 2. – P. 125.
260. Burgess K. P. Effect off nasal cold receptors on the pattern of breathing / K. P. Burgess, W. A. Whitlaw // J. Appl. Physiol. – 1988. – Vol. 64. – P. 371–377.
261. Chang Y.H. Biostatistic 101: Data presentation/ Y.H. Chang//Singapore Medical Journal. – 2003 - № 6 – P. 280 – 285.
262. Chen F. A field study of cold effects among cold store workers in China / F.Chen, T.Li, I.Holmer // Arctic Medical Research. – 1991. – Suppl.6. – P. 99 – 103.
263. Christensson P. Volume of trapped gas in lungs of healthy / P. Christensson, M. Arborelings, R. Kautto // J. Appl. Physiol. – 1981. – Vol. 51, № 1. – P. 172–175.

264. Crapo R.O. Standards and interpretive issues in lung function testing / R.O. Crapo, R.L.Jensen // *Respir.Care.* – 2003. – Vol. 48, №8. – P. 764-772.
265. Dimitrova S. Human physiological reaction to geomagnetic disturbances of solar origin / S. Dimitrova, I. Stoilova // *ESA SP – 506* – December, 2002. – Vol. 1. – P 129-132.
266. Folk G. E. Text Book of environmental Physiology / G. E. Folk. – Philadelphia : Lea Febiger, 1974. – 465 p.
267. Geen L. S., Lux R. L., Haws C. W., et al. Effects of age, sex and body habitus on QRS and ST-T potential maps of 1100 normal subjects // *Circulation.* 1985. Vol. 71, N 2. P. 244.
268. Geomagnetism – North Magnetic Pole, Canada Natural Resources website, http://gsc.nrcan.gc.ca/geomag/nmp/northpole_e.php, retrieved May 2007.
269. Giesbrecht G. Acute or chronic cold exposure elicits several effects on the respiratory system / G. Giesbrecht // *Problems with cold work : Int. Symp.* – Stockholm, 1997. – P. 31.
270. Gosansky W.S., Glenny R.W., Borson S., Chan L. Respiratory sinus arrhythmia is associated with efficiency of pulmonary exchange in healthy humans // *Am. J. Physiol.Heart. Circ. Physiol.*, 2003. Vol. 284. P. 1585 – 1591.
271. Granberg P. O. Human physiology under cold exposure / P. O. Granberg // *Arctic Med. Research.* – 1991. – Vol. 50, № 6. – P. 23–27.
272. Griffiths L.A., McConnell A.K. The influence of inspiratory and expiratory muscle training upon rowing performance// *Eur.J. Appl.Phys.*2007 vol. 99, № 5. P. 457-466;
273. Hasnulin V. Geophysical perturbations as the main cause of Northern Stress / V. Hasnullin // *Alaska medicine.* - 2007. - Vol. 49, № 2 - P. 237 - 245.
274. Hassi J. Occupational healthand safety in the Barents Region / J. Hassi, L. Pyg// *Barents.* – 1999. – Vol. 2, №3. - P. 70-71.

275. Heroux O. Pathological consequences of artificial cold acclimatization / O. Heroux // *Nature*. -1970. V6, P. 88 – 96.
276. Holm P., Sattler A., Fregosi R. Endurance training of respiratory muscles improves cycling performance in fit young cyclist//*Biomed. Central. Phys.* 2004. №. 4. P. 6 – 9.
277. Houthuijs D. Estimation of maximum expiratory flow - volume variables in children / D. Houthuijs, B. Remijn, B. Brunekreef, R.de-Koning // *Pediatr. Pulmonol.* - 1989. - V. 6. - P. 127-132.
278. Hovatta I., Juhila J., Donner J. Oxidative stress in anxiety and comorbid disorders // *Neuroscience Research*. 2010. Vol. 68, № 4. P.261 – 275.
279. Issel I., Bräner D., Wolburg I., Küchler G. Untersuchungen über die Reproduzierbarkeit des Puls – Atem – Quotien. – *Zschr.gesam.Hyg.*, 1971. Bd. 17 № 5. S. 332 – 337.
280. Jozsa R. Chronomics, neuroendocrine feedsidewards and the recording and consulting of nowcasts-forecasts of geomagnetics / R.Jozsa, F.Halberg, G.Cornellissen et al. // *Biomed. Pharmacother.* – 2005. – V. 59, №1. – P24-30.
281. Kerdo I. Ein aus Daten der Blutzirkulation kalkulierter Index zur Beurteilung der vegetativen Tonuslage // *Acta neurovegetativa*, 1966, Bd.29, №2, S. 250-268.
282. Kolchinskaya A. Z. Mechanisms of interval hypoxic training effect / A. Z. Kolchinskaya // *Hyp. Med. J.* – 1993. – Vol. 1, № 1. – P. 5–7.
283. Komeili A. Molecular mechanisms of magnetosome formation / A.Komeili // *Annual Review of Biochemistry*. – 2007. – Vol. 76. – P 351-366.
284. Koskela H.O. Cold air-provoked respiratory symptoms: the mechanisms and management / H.O.Koskela // *Int.J.Circumpolar Health*. – 2007. – Vol. 66, № 2. – P.91-100
285. Kullberg C. Fuelling decisions in migratory birds: geomagnetic cues override the seasonal effects / C.Kullberg, I.Henshaw, S.Jakobsson et al. // *Proc.Bio.Sci.* – 2007. – Vol.274, №1622. – P.2145-2151.

286. Le Blanc J. Adaptation of man to cold / J. Le Blanc // *National Torpidity and thermogenesis*. – N. Y., 1978. – P. 695.
287. Mead J. Analysis of the configuration of maximal expiratory flow - volume curves / J. Mead // *J. Appl. Physiol.: Respir. Environ. and exercise Physiol.* - 1978. - V. 44. - P. 156-165.
288. Meigal A. Influence of cold shivering on fine motor control in the upper limb / A. Meigal, J. Oksa, E. Hotola // *Acta Physiol. Scand.* – 1998. – Vol. 163. – P. 41-47.
289. Murphy N. ICCH13 – The gateway to Human Health in the International Polar Year – summary of the congress held in Novosibirsk, Russia / N.Murphy // *International Journal of Circumpolar Health*. – 2006. – Vol. 65, №4. – P. 292 – 294.
290. Oksa J. Cooling and neuromuscular performance in man: PhD Thesis / J. Oksa. – Jyvaskyla: University of Jyvaskyla, 1998. – 53 p.
291. Rees J. Дж. Рис. Диагностические тесты в пульмонологии: Пер. с англ. / J.Rees – М.: Медицина 1994. – 237 с.
292. Reinberg A. Human chronobiology and adaptation / Reinberg A. // *Biological adaptation*. - 1982. - P.64.
293. Rissanen S. Quantification of thermal responses while wearing fully encapsulating protective clothing in warm and cold environments: PhD Thesis / S. Rissanen. – Oulu: Acta Universitatis Ouluensis, 1998. – 54 p.
294. Rintamaki H. Human cold acclimatization and acclimation / *Int. J Circumpolar Health* 60 (3), 2001, P. 422-429
295. Shea M.A. Preliminary study of cosmic rays, geomagnetic field changes and possible climate changes / M.A. Shea, D.F.Smart// *Adv. Space Res.* – 2004. – Vol. 34. – P. 420 – 425.

296. Thatcher R.W., Walker R., Guidice S. Human cerebral hemispheres develop at different rates and ages // *Sci.*, 1987. Vol. 236. P. 1110 – 1113.
297. Yakimenko M. A. Thermoregulation in man during cold adaptation / M. A. Yakimenko // *Proceedings of the 8th International Congress on Circumpolar Health.* – Whitehorse, 1990. – P. 534–536.
298. Werner J: Process- and controller-adaptations determine the physiological effects of cold acclimation. / *Eur J Appl Physiol.*, 2008, 104 (2), P. 137 – 143