

На правах рукописи



**ВАРЛАМОВА НИНА ГЕННАДЬЕВНА**

**ГОДОВЫЕ ЦИКЛЫ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ ФУНКЦИИ  
У ЧЕЛОВЕКА НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ**

03.03.01 – физиология

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора биологических наук

Сыктывкар 2021

Работа выполнена в Институте физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра “Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук” (ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН).

**Научный консультант:** доктор медицинских наук, профессор

**Бойко Евгений Рафаилович.**

**Официальные  
оппоненты:**

**Гудков Андрей Борисович,**

доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Северный государственный медицинский университет” Министерства здравоохранения Российской Федерации, заведующий кафедрой гигиены медицинской экологии.

**Литовченко Ольга Геннадьевна,**

доктор биологических наук, доцент, Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийский автономный округ – Югры «Сургутский государственный университет», профессор кафедры морфологии и физиологии.

**Рыбина Ирина Леонидовна,** доктор биологических наук, Общественное объединение «Белорусская федерация биатлона», Министерство спорта и туризма Республики Беларусь, начальник научно-методического отдела.


**Ведущая организация:** Научно-исследовательский институт терапии и профилактической медицины - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения “Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук” (г. Новосибирск).

Защита диссертации состоится 12 мая 2021 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 004.038.01 на базе Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра “Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук” по адресу: 167982, Сыктывкар, ГСП-2, ул. Первомайская, д. 50, [nivarlam@physiol.komisc.ru](mailto:nivarlam@physiol.komisc.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра “Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук” по адресу: 167982, Сыктывкар, ГСП-2, ул. Первомайская, д. 50 и на сайте <http://www.physiol.komisc.ru>.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

И.о. ученого секретаря диссертационного совета



Солонин Ю.Г.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Несмотря на многочисленность исследований в области экологической физиологии человека на сегодняшний день остается ряд противоречивых и неизученных моментов, которые не позволяют сформировать цельную картину адаптивно-реадаптивных перестроек функций человека к погодно-климатическим факторам Европейского Севера. Отсутствие полных знаний в этой области сказывается на недостаточно четкой трактовке механизмов и причинно-следственных связей при выявлении кардиореспираторной патологии у жителей Севера. Это приводит к ошибкам при отборе контингентов для работы в вахтовых и экстремальных условиях, применению негибких, без учета годовой динамики, функций организма человека, методов диагностики и лечения при длительно протекающих заболеваниях, патогенез которых переплетен с адаптивными реакциями к условиям внешней среды.

У жителей Севера функционирование дыхательной системы организма проходит в достаточно напряженном режиме и во многом определяет степень приспособления человека к условиям внешней среды, состояние здоровья, возрастную динамику показателей и успешность производственной деятельности (Милованов, 1981; Марачев, 1983; Авцын и др., 1985; Hassi, 1988; Halinen et al., 2000; Gulyaeva et al., 2001; Леханова, 2001; Бартош, Соколов, 2004; Евдокимов и др., 2007; Попова и др., 2008; Ким, 2010; Varlamova et al., 2010; Гудков, Попова, 2012; Solonin et al., 2012; Шишкин и др., 2014; Нагибович и др., 2016; Гудков<sup>1</sup> и др., 2017; 2019 и др.). Подавляющее большинство исследований функции внешнего дыхания (ФВД) выполнено в тепле, что позволяет оценить лишь следовые реакции в ответ на воздействие холодного воздуха. Динамика вентиляции легких при дыхании воздухом отрицательной температуры до настоящего времени практически не изучена, особенно у женщин, имеются лишь единичные работы в этом направлении (Гудков А.Б., Попова О.Н., 2012). Данные литературы (Куликов, Ким, 1987; Gulyaeva et al., 2001; Бартош, Соколов, 2004; Эберт и др., 2005; Евдокимов и др., 2007; Попов и др., 2014; Шишкин, Устюжанинова, 2014; Гудков и др., 2016 и др.) по изучению ФВД у человека в условиях Севера охватывают отдельные периоды года, отличаются противоречивостью и в годовом цикле отсутствуют.

В практическом отношении актуальными и важными являются и исследования, отражающие показатели органов дыхания человека в связи с понижением температуры воздуха, особенно при занятиях спортом на открытом воздухе (Гудков и др., 2016; Семизоров и др., 2020). Функционирование дыхательной системы у северян–спортсменов модулируются не только тренировочным процессом, но и климато–географическими факторами. У спортсменов, тренирующих аэробные возможности в условиях холодного климата, по сравнению с нетренированными людьми, увеличена альвеолярная вентиляция и жизненная емкость легких (Попов и др., 2014), они имеют высокую

распространенность респираторных симптомов и ремоделирование дыхательных путей (Sue-Chu, 2012). Исследования ФВД у лыжников-гонщиков в годовом цикле отсутствуют, имеются работы (Эберт и др., 2005; Попов и др., 2014; Шишкин, Устюжанинова, 2014; Гудков и др., 2016 и др.), затрагивающие сезоны или часть месяцев года. Адаптивные реакции, запущенные в системе дыхания, имеют продолжение и развитие в сердечно-сосудистой системе, сказываются на величине артериального давления (АД) и электрокардиограмме (ЭКГ).

От сезонных изменений окружающей среды зависит и АД (Евдокимов и др., 2007; Зенченко и др., 2009; Sinha et al., 2010; Зенченко и др., 2011; Halberg et al. 2012; Modesti et al. 2013; Hattori, Munakata, 2015; Солонин и др., 2015; Yang et al., 2017). При многократном повторении и закреплении адаптивных реакций по регулированию АД у лиц, проживающих в холодном климате, наблюдается раннее возрастное увеличение показателя и развитие гипертензии (Евдокимов и др., 2007). Обнаружено, что многие сердечно-сосудистые заболевания имеют сезонные колебания с максимальной частотой проявления патологии зимой и минимальной – летом (Boulay et al., 1999; Kleimenova et al., 2007; Григорян и др., 2012; Rohit et al., 2015; Yang et al., 2017). Продемонстрирована связь (Kose et al., 2002; Rohit et al., 2015; Sasonko et al., 2019) некоторых характеристик ЭКГ в зависимости от сезонов года у спортсменов, здоровых мужчин и людей с различными сердечно-сосудистыми заболеваниями. Сведения о годовом цикле амплитудно-временных характеристик ЭКГ в 12 общепринятых отведениях у здоровых людей в доступной отечественной и иностранной литературе отсутствуют, как и четкие критерии разделения показателей ЭКГ на «норму» и «патологию».

При адаптации организма человека к тяжелому физическому труду в условиях Севера, широкому развитию традиционных зимних видов спорта, особый интерес представляет исследование функционирования кардиореспираторной системы и физической работоспособности при максимальной частоте сердечных сокращений (ЧСС). В современном спорте управление тренировочным процессом требует использования объективной срочной информации о физической работоспособности и подготовленности спортсмена (Карпман и др., 2012). Непрерывный мониторинг кардиореспираторных показателей во время тестовых нагрузок на велоэргометре «до отказа» позволяет определить реальные пульсовые зоны ЧСС, оценить уровень физической работоспособности, адекватность тренировочного процесса и предложить восстановительные мероприятия, направленные на улучшение спортивной формы испытуемого. В доступной отечественной и зарубежной литературе отсутствует годовая динамика ЧСС на пороге анаэробного обмена (ПАНО) у лыжников-гонщиков. Не встречен и анализ кардиореспираторной функции в начале и конце последней минуты выполнения теста с нагрузкой «до отказа», поэтому большое практическое значение имеет выявление ранних кардиореспираторных предикторов завершения теста у

высококвалифицированных лыжников-гонщиков, так как иногда при нагрузочном тестировании возможны синкопальные и другие, связанные с нарушением здоровья состояния.

В большинстве случаев функцию дыхательной и сердечно-сосудистой систем исследовали автономно, а выявленные результаты обобщались и рассматривались как реакции целостного организма на влияние действующего фактора (Донина, 2011). Коррелятивные связи, имеющиеся между системой дыхания и кровообращения, определяют возможность их взаимной компенсации. Конечным этапом приспособительных реакций является сохранение кислородного гомеостаза на уровне, достаточном для обеспечения физиологических функций в изменившихся условиях существования (Донина, 2011). Важность работ, связанных с проблемой адаптации человека к экстремальным влияниям внешней среды, в настоящее время обусловлена также и необходимостью постоянной дислокации военнослужащих в районах Крайнего Севера (Самойлов и др., 2018).

**Степень разработанности.** Анализ отечественной и зарубежной литературы выявил отсутствие сведений о годовых циклах у жителей Севера ФВД, ЭКГ и ЧСС на уровне ПАНУ. Работы по изучению ФВД на холоде единичны, как и сведения о ранних кардиореспираторных предикторах завершения теста с физической нагрузкой до «отказа». Годовые циклы АД проанализированы в зарубежной литературе и их нет в отечественной, что в целом свидетельствует об актуальности исследования кардиореспираторной функции у жителей Севера. Оценка экстремальности северных территорий наряду с природно-климатическими и социально-экономическими факторами должна включать и биомедицинские (Максимов, 2015) параметры. Выявление факторов риска, их участие в возникновении заболеваний и ухудшении здоровья является одной из задач экологической физиологии (Агаджанян, Макарова, 2014). В последние годы принят целый ряд правительственных документов, связанных с развитием приполярных регионов и Арктической зоны страны, так Указом Президента РФ № 645 от 26.10.2020 г определена Стратегия развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 г, где в разделе V отмечается, что в результате реализации Стратегии одна из задач должна быть направлена на «...разработку технологий сбережения здоровья и увеличение продолжительности жизни населения Арктической зоны...». В этой связи исследования, направленные на изучение адаптации и функциональных возможностей человека на Севере, в настоящее время приобретают особую актуальность. С учетом всего изложенного были поставлены цель и задачи исследования.

**Цель исследования:** Изучение функции сердечно-сосудистой и дыхательной систем в годовом цикле жителей Европейского Севера и лиц, занимающихся спортом высоких достижений.

### **Задачи исследования:**

- 1) Изучение функции внешнего дыхания в годовом цикле при различных температурных режимах у мужчин, не занимающихся и занимающихся спортом.
- 2) Определение функции внешнего дыхания у мужчин и женщин в тепле и на холоде.
- 3) Исследование динамики артериального давления у мужчин и женщин в годовом цикле.
- 4) Анализ показателей электрокардиограммы у женщин в годовом цикле.
- 5) Изучение годового цикла частоты сердечных сокращений на пороге анаэробного обмена у лиц, активно занимающихся лыжным спортом.
- 6) Определение и анализ информативности кардиореспираторных предикторов завершения теста с физической нагрузкой до «отказа» во время велоэргометрического тестирования.

**Научная новизна исследования.** Разработана и обоснована гипотеза значимости для экологической и спортивной физиологии и медицины, хронобиологии динамических процессов перестроек в годовом цикле жизнедеятельности человека и кардиореспираторных показателей на пороге анаэробного обмена. Полученные результаты обогащают научную концепцию о влиянии климато-географических условий на функционирование организма, что может быть использовано для уточнения границ норма-патология, применимости полученных результатов в интересах превентивной и персонализированной диагностики. Предложено новое направление в физиологии (Varlamova, Evdokimov, 1999; Евдокимов и др., 2007) «Экологическая электрокардиология». Общая стратегия функционального ответа кардиореспираторной системы у человека на Севере заключается в ее динамической адаптационно–реадаптационной сезонной перестройке к погодным условиям, накоплении в холодный период года негативных следовых модификаций функций и физиологических показателей, выходящих за пределы нормы реакции и приводящих к более ранним возрастным изменениям.

У лыжников-гонщиков впервые исследован годовой цикл функции внешнего дыхания, частоты сердечных сокращений на пороге анаэробного обмена и определены диапазоны годового дрейфа этих показателей, кардиореспираторные предикторы завершения теста с физической нагрузкой до «отказа». Показано значимое расхождение расчетных и фактически определяемых величин частоты пульса у спортсменов для разного времени года. Адаптация респираторной системы у спортсменов к холодному периоду года, по сравнению с мужчинами, не занимающимися спортом, начинается раньше на два месяца, а период более комфортного состояния функции длится дольше на один месяц.

Для анализа годовых циклов показателей функции внешнего дыхания и артериального давления у жителей Европейского Севера, показателей тестирования спортсменов «до отказа» использованы базы данных, на которые получены свидетельства Роспатента.

**Теоретическая и практическая значимость исследования** обоснована тем, что получены новые сведения, дополняющие современные представления о динамических адаптивных перестройках кардиореспираторной системы, нормальных диапазонах ее функционирования у практически здоровых жителей Европейского Севера в годовом цикле. Это вносит вклад в экологическую, медицинскую и спортивную физиологию, хронобиологию, расширяет границы диапазона «норма» и может быть использовано для установления «платы за адаптацию» и физиологически обоснованных «границ Севера».

Доказана перспективность использования закономерностей, выявленных в годовых циклах кардиореспираторной функции в медицинской и спортивной практике для целей превентивной диагностики и коррекции, как функционального состояния организма человека, так и тренировочных программ для спортсменов.

Раскрыты особенности и противоречия сезонных дрейфов показателей сердечно-сосудистой и дыхательной систем у человека на Севере, выявлены причинно-следственные связи с температурным фактором и комплексом других погодных явлений. Определены перспективы практического применения теории, подкрепленные патентом и пятью авторскими свидетельствами.

**Настоящее исследование выполнено** в рамках гранта Президента РФ для поддержки ведущих школ № 759.2003.4: Научная школа академика Рощевского М.П.; темы: «Метаболическое обеспечение годового цикла адаптивных реакций сердечно – сосудистой и дыхательной систем человека на условия Севера». № ГР 0120.0 403472 (2004-2006 г.г); гранта Президента РФ для поддержки ведущих школ № НШ – 5118.2006.4: Научная школа академика Рощевского М.П.; тем: «Физиолого-биохимические особенности формирования тканевой гипоксии у человека на европейском Севере». № ГР 01.2.007 01808 (2007-2009 г.г); «Физиолого-биохимические взаимосвязи в сезонных циклах у человека на Севере». № ГР 01201050888 (2010-2013 г.г); Проекта 12-4-5-003-АРКТИКА «Изучение влияния вводимых в эксплуатацию в рамках проекта «Северный поток» новых газопроводов на участке «Бованенково-Ухта» на показатели здоровья работников и населения прилегающих территорий, и научное обоснование мер коррекции» (2013-2014 г.г.); тем: «Кардиореспираторное обеспечение метаболических процессов у человека на Севере при экстремальных и климатических воздействиях». № ГР 01201375064 (2014-2016 г.г); «Метаболическое обеспечение физической работоспособности и способы ее повышения у человека в условиях Севера». ГР №АААА-А17-117012310157-7 (2017-2021 годы).

**Методология и методы исследования.** Методологическим подходом в решении поставленных задач явилось комплексное изучение дыхательной и сердечно-сосудистой функции человека в рамках лонгитудинального обследования (метод продольных срезов) и исследования случай – контроль. Работа выполнена с использованием лабораторных, инструментальных, аналитических и статистических методов.

### **Положения, выносимые на защиту:**

1). В холодное время года у мужчин объемные и динамические показатели функции внешнего дыхания больше нормы, в теплое – меньше, причем наиболее часто изменяются объемные характеристики. У лыжников–гонщиков, по сравнению с мужчинами, не занимающимися спортом, выявлено более глубокое изменение функции внешнего дыхания, адаптация респираторной системы к холодному периоду года происходит на два месяца раньше (в феврале, по сравнению с апрелем), а период более комфортного состояния дыхательной системы длиннее на один месяц (до октября, по сравнению с сентябрем).

2). У мужчин и женщин при нахождении в условиях пониженных температур включаются изоляционные и рестриктивные реакции дыхательных путей, позволяющие сохранить наиболее оптимальные условия кондиционирования воздуха. При дыхании на холоде наиболее часто меняются динамические характеристики функции внешнего дыхания, объемные показатели реагируют в меньшей степени, и вероятно, для их модулирования требуется больше времени воздействия низких температур.

3). Годовая вариабельность артериального давления у мужчин и женщин свидетельствует о максимальных значениях показателей в холодное время года и минимальных – в теплое, смене приоритетов его контроля в разные периоды года. Индивидуальный анализ чувствительности к вариациям внешних факторов показал, что артериальное давление у большинства женщин реагирует на атмосферную температуру.

4). Выявлено модулирующее влияние погодно-климатических условий в годовом цикле на показатели ЭКГ практически здоровых женщин. Определены периоды адаптивных изменений амплитудных величин ЭКГ и отведения, в которых наблюдаются наибольшие отклонения показателей, связанных с изменениями погодных условий в годовом цикле. Преимущественно в зимнее время выявлены признаки гиперфункции предсердий и желудочков, легочного сердца, не достигающие клинически значимых величин. Модулируемые погодой характеристики ЭКГ могут служить фоном для возникновения сердечно-сосудистых пароксизмов, особенно, зимой.

5). На уровне порога анаэробного обмена наиболее благоприятные значения кардиореспираторных характеристик у лыжников-гонщиков выявлены в подготовительный период, а наименее – в соревновательный, что зависит не только от схемы спортивной подготовки, но и от годового дрейфа показателей и требует корректировки тренировочного процесса и усиления восстановительных мероприятий.

6). Предиктором прекращения нагрузки у спортсменов, достигших максимального потребления кислорода в велоэргометрическом тесте «до отказа», может служить снижение величины этого показателя, а у лиц, завершивших нагрузку на уровне пиковых величин потребления кислорода, – отсутствие прироста кислородного пульса, значимое уменьшение коэффициента



использования кислорода и сатурации крови кислородом, рост систолического артериального давления более 200 мм.рт.ст.

7). Определены фоновые адаптивные реакции сердечно-сосудистой и дыхательной систем у человека, проживающего в условиях Европейского Севера. Более длительный холодный период года, по сравнению с теплым, способствует не полной реадаптации кардиореспираторной функции, что приводит к накоплению следовых реакций, сокращению диапазона норма–патология, формированию предпосылок к бронхолегочной и сердечно-сосудистой заболеваемости.

**Внедрение.** Результаты диссертационной работы подтверждены шестью официальными документами Роспатента и внедрены в лечебные, спортивные и образовательные организации Республики Коми. К ним относятся: Способ электрокардиографической диагностики легочного сердца (Патент на изобретение № 2206263 от 30.06.2003 г.); Диагностическая программа «Легочное сердце» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012614569 от 22.05.2012г.); Годовой цикл показателей функции внешнего дыхания у человека (Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013620749 от 16.06.2013 г.); Годовой цикл артериального давления и частоты сердечных сокращений у женщин 20-59 лет Европейского Севера (Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2016621084 от 05.08.2016 г.); Форма выдачи результатов обследования спортсменов на системе OхусonPro при тестировании «до отказа» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015661690 от 03.11.2015 г.); Максимальный кардиореспираторный тест у спортсменов в годовом цикле тренировочного процесса (Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020621681 от 15.09.2020г.).

Решением Международного жюри XV Юбилейного международного салона изобретений и инновационных технологий «Архимед-2012» Варламова Н.Г. в соавторстве с Евдокимовым В.Г. награждены бронзовой медалью за разработку «Диагностика «легочного сердца» у человека».

Диагностическая программа «Легочное сердце» с 1998 по 2012 годы (более 10 лет) использовалась в Отделении функциональной диагностики ГБУЗ РК «Коми республиканская больница» (Справки о внедрении результатов НИР Варламовой Н.Г. от 28.02.2011г., 04.07.2012). Результаты НИР Варламовой Н.Г. внедрены в дополнительную образовательную программу элективного курса «Методы исследования в биологии и экологии» для 9-10 классов в виде теоретической лекции и практического занятия (Справка о внедрении от 27.12.2011 г.); в курс лекций по дисциплине «Психология труда» у студентов факультета психологии и социальной работы Сыктывкарского государственного университета (Акт о внедрении от 11.01.2010 г. и Справка об использовании результатов НИР от 12.02.2011 г.). Результаты НИР Варламовой Н.Г. (в соавторстве с Бойко Е.Р., Логиновой Т.П., Гарновым И.О.) доложены на

Республиканском тренерском совете по лыжным гонкам и используются в тренировочном процессе (Акт внедрения от 08.06.2017).

**Степень достоверности и апробация работы.** Достоверность результатов исследования подтверждена объемом собранного фактического материала, совпадением значений показателей с имеющимися данными литературы, использованием современных методов статистической обработки данных. Результаты работы представлены на 19 всероссийских и международных научных мероприятиях. Некоторые из них: 3-я Харбинская международная выставка: Инновационные разработки в медицине. «Диагностика легочного сердца» (14-19 июня 2010 г.), Китай, Харбин; XIV Конференция по космической биологии и авиакосмической медицине (28-30 октября 2013 г.), Москва; International Congress “Nations`health: systems of lifelong physical education as a foundation of public health”. 19-th Biennial Conference of ISCPES (May, 27-29, 2014), Moscow; XXIII съезд Физиологического общества им. И.П. Павлова (18-22 сентября 2017 г.), Воронеж; VII Всероссийская конференция с международным участием «Медико-физиологические проблемы экологии человека» (19-22 сентября 2018 г.), Ульяновск; III Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Медико – физиологические основы спортивной деятельности на Севере» (24-25 октября 2019 г.), Сыктывкар.

Апробация диссертации состоялась 24.12.2020 г. (протокол № 8) на заседании Ученого совета ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

**Личное участие автора в получении результатов.** Автором определена проблема, поставлены цель и задачи исследования. Освоены методы, проведен сбор материала, составлены базы данных, выполнена статистическая обработка результатов. Принято участие в написании патента, авторских свидетельств. Написаны тексты научных публикаций, диссертации и автореферата.

По материалам диссертации опубликовано 56 научных работ, из них четыре монографии (в трех – отдельные главы), 15 статей включены в перечень ВАК и/или в наукометрические базы WOS, Scopus, PubMed, один патент и пять авторских свидетельств.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Диссертационная работа соответствует специальности 03.03.01 – физиология, биологические науки. Области исследования: пункт 3 – «Исследование закономерностей функционирования основных систем организма...», 8 – «Изучение физиологических механизмов адаптации человека к различным географическим, экологическим...условиям», 9 – «Анализ характеристик и изучение механизмов биоритмов физиологических процессов».

**Легитимность исследования.** Дизайн обследования одобрен независимым локальным комитетом по биоэтике Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (протоколы: №3 от 29.09.2008г., №13 от 23.11.2009 г., №29 от 01.11.2013 г.).

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 280 страницах машинописного текста и состоит из введения, четырех глав (обзор литературы, методология и методы исследования, результаты исследований, обсуждение результатов), выводов, практических рекомендаций, списка литературы и приложения. Библиография включает 278 отечественных и 126 зарубежных источников. Работа содержит 35 таблиц и иллюстрирована 23 рисунками и тремя схемами.

### **Обзор литературы**

Первая глава диссертации является анализом литературы по рассматриваемой проблеме и состоит из пяти разделов, в которых представлены основные сведения о сердечно-сосудистой и дыхательной систем у жителей Европейского Севера, не занимающихся и занимающихся спортом. Описаны особенности ФВД, артериального давления, ЭКГ у лиц, проживающих в холодном климате в зависимости от погодно-климатических условий, представлены сведения о функции внешнего дыхания, тренировочных зонах, пороге анаэробного обмена и физических нагрузках у спортсменов.

### **Методология и методы исследования**

Изучены физиологические показатели практически здоровых лиц мужского и женского пола, не имеющих хронических и на момент обследования острых заболеваний – представителей профессионально однородных организованных контингентов. Выполнено 17287 обследований 461 человека. Всеми лицами, участвующими в обследовании, подписаны информированные согласия.

Годовые и сезонные циклы кардиореспираторной функции у европеоидов изучены: у мужчин (группа I) в возрасте 18 лет – 22 года не занимающихся спортом, с ежемесячной регистрацией показателей ФВД и АД. У женщин (группа II) в возрасте 20-59 лет в годовом цикле ежедневно регистрировали АД и ежемесячно ЭКГ. У женщин (группа III) в возрасте 20-59 лет выполнена диагностика легочного сердца (ЛС) по сезонам (декабрь – июль). У мужчин (группа IV) и женщин (группа V), учащихся 11 класса и первого-третьего курса ВУЗа Сыктывкара ФВД измеряли в тепле (при комнатной температуре) и на холоде (в климатической камере) в зимние месяцы (декабрь – февраль). У лыжников-гонщиков первого разряда, кандидатов и мастеров спорта 15-27 лет изучены: (группа VI) в годовом цикле ежемесячно ФВД; (группа VII) – в годовом цикле ежемесячно ЧСС на пороге ПАНО; (группа VIII) – предикторы прекращения нагрузки «до отказа».

**Методы исследования.** Исследование выполнено на территории РК, которая находится в субарктическом и умеренном климатических поясах. Согласно Всемирной системе координат WGS 84 Сыктывкар расположен на

61°41'20" с.ш., 50°49'20" в.д. По Постановлению Совмина СССР от 03.01.1983 №12 (ред. от 27.02.2018) Сыктывкар приравнен к районам Крайнего Севера.

**Рост и массу тела** определяли с помощью медицинского весоростомера (Россия).

**Измерение артериального давления** методом Короткова с помощью механического прибора BP AG1-30B (Microlife, Швейцария) проводили в офисе на левой руке у женщин в покое сидя один раз в сутки, у мужчин – один раз в месяц.

**Функцию внешнего дыхания** определяли на микропроцессорном спирографе СПМ-01-«Р-Д» (Россия) в положении сидя, придерживаясь рекомендаций Европейского респираторного и Американского торакального обществ (Miller et al., 2005; Pellegrino et al., 2005). Использованы тесты: минутного объема дыхания (МОД), жизненной емкости легких (ЖЕЛ), форсированной жизненной емкости (ФЖЕЛ). Программный пакет спирографа СПМ-01-«Р-Д» обеспечивал определение должных величин с учетом пола, возраста, роста и массы тела в системе ВTPS (Спирограф микропроцессорный..., 2002).

Оценка респираторных показателей в покое и нагрузке в ранних исследованиях (до 2005 г.) определена с помощью автоматизированной системы СОФИД (Россия), с анализом выдыхаемого воздуха на содержание O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub> (газоанализаторы ПКГ-06 и ИГМ-014, производства «Инсофт», Россия, калиброванные прибором Холдена ГВВ-2-10, с расчетом через аналого-цифровой преобразователь потребления кислорода (ПК) и коэффициента использования кислорода (КИО<sub>2</sub>). Измеренные показатели ПК и КИО<sub>2</sub> приведены к условиям STPD.

**Электрокардиография.** Для изучения функционального состояния сердечной мышцы использовали метод электрокардиографии в 12 общепринятых отведениях и дополнительно в отведении III в момент вдоха (Швд), применяя одноканальный электрокардиограф ЭК1Т-03М2 (Россия) с перьевой записью на теплочувствительной диаграммной ленте ТИП-4 (ТУ 29-01-59-83) при скорости движения носителя записи 50 мм/с и чувствительности 10 мм/мВ. Запись ЭКГ проводили в лабораторных условиях при комнатной температуре 19-23°C в положении испытуемых лежа в 12 отведениях: стандартных по Эйнтховену (I, II, III), усиленных от конечностей по Гольдбергеру (aVR, aVL, aVF), грудных по Вильсону (V1-6).

Расчет баллов и процентов «легочного сердца» выполнен по предложенному нами диагностическому алгоритму (Varlamova et al., 2003; Варламова, Евдокимов, 2003; Евдокимов, Варламова, 2008; Варламова и др., 2012).

**Метеочувствительность.** Данные метеорологических параметров для изучения метеочувствительности: атмосферных температуры и давления (Ратм), их суточных вариаций, относительной влажности воздуха, парциального

содержания кислорода в воздухе, взяты на сайте <http://meteo.infospace.ru/>. Уровень планетарной геомагнитной активности (Kp индекс) предоставлен с сайта [ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/stp/geomagnetic\\_data/indices/kp\\_ap](ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/stp/geomagnetic_data/indices/kp_ap). В расчетах использованы среднесуточные значения показателей, полученные вычислением среднего арифметического восьми трехчасовых наблюдений.

**Тест «до отказа».** Лыжники-гонщики выполняли тест «до отказа» (Бутулов и др., 2004) на велоэргометре с использованием эргоспирометрической системы «Oxicon Pro» (Erich Jaeger, Германия) в режиме «breath by breath» с усреднением показателей по 15-ти секундным отрезкам. У спортсменов в покое сидя, а также в начале и конце последней минуты нагрузки «до отказа» определяли: дыхательный объем (ДО) и МОД, частоту дыхания (ЧД), ПК, выделение углекислого газа (ВУГ), дыхательный коэффициент (ДК), КИО<sub>2</sub>, ЧСС, АД, сатурацию крови, кислородный пульс (КП), мощность (N) выполненной нагрузки и максимальное потребление кислорода (МПК). Рассчитывали МПК на кг массы тела (МПК/кг).

**Определение тренировочных зон у лыжников - гонщиков.** Нами (Бойко и др., 2015; Есева и др., 2018) разработана форма представления результатов и компьютерная программа “Форма выдачи результатов обследования спортсменов на системе ОхусонPro при тестировании «до отказа»” (Бойко и др., 2015), которая использована для определения тренировочных зон, автоматизировала процесс оформления результатов обследования и использована нами при написании раздела работы: тесты «до отказа» у лыжников – гонщиков.

**Статистическая обработка результатов.** Результаты обработаны статистически с расчетом средних значений, стандартных отклонений, ошибки, эксцесса, скоса методом однофакторного дисперсионного анализа (критерий Фишера), критерия Стьюдента и критерия Стьюдента с поправкой Бонферрони (Гланц, 1999) с помощью прикладного пакета программ Microsoft Office Excel 2003, 2010 и «Биостат» (версия 4.03).

Статистическая обработка результатов по метеочувствительности (АД и ЭКГ) у женщин выполнена д.ф.-м. наук Т.А. Зенченко в программной среде Матлаб R2010a («Matrix Laboratory» с помощью пакета прикладных программ для решения задач технических вычислений). Проведен анализ как среднегрупповых, так и индивидуальных значений АД каждого члена группы, а также комбинированной метеочувствительности. Для оценки степени статистической связи между временными рядами индивидуальных значений физиологических показателей и синхронными им величинами метеопараметров использован расчет рангового коэффициента корреляции Спирмена и его статистической значимости.

В таблицах представлены результаты  $X \pm SD$ , на рисунках –  $X \pm M$ . Уровень достоверности статистических различий выбран  $p < 0.05-0.001$ .

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### 1. Функция внешнего дыхания у мужчин группы I в годовом цикле.

Объемные характеристики ФВД у мужчин: ДО, МОД, ЖЕЛ, ФЖЕЛ, резервный объем вдоха (РОВд) и объем форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ1) имели статистически значимые различия ( $p < 0.01-0.001$ , F-критерий) в годовом цикле. Среднегодовой ДО  $894 \pm 195$  мл: максимум выявлен в октябре и был больше на 232 мл, чем в июне и декабре. МОД в среднем равнялся  $14.6 \pm 3.3$  л/мин: наибольшее значение зарегистрировано в октябре, а наименьшее – в декабре, разница 3.9 л/мин. ДО и МОД были довольно часто больше, приводимых в литературе (Selig, 1966; Колчинская, 1973; Власов, Окунева, 1983; Шишкин, Устюжанинова, 2006; Варламова, Бойко, 2017) и свидетельствовали о гипервентиляционном синдроме у северян (Куликов, Ким, 1987; Анциферова, 1999; Евдокимов и др., 2007). Гипервентиляция сочетается с повышенным ПК и снижением бронхиальной проходимости (Авцын и др., 1985; Куликов, Ким, 1987). Усиление легочной вентиляции у жителей холодного климата определяется компенсаторной перестройкой процессов жизнеобеспечения на биохимическом уровне, свидетельствует об увеличении количества функционирующих альвеол и обусловлено, главным образом, гиперкапническим стимулом, который связывает дыхание с интенсивностью метаболизма. Гипервентиляция, являясь одним из механизмов ликвидации метаболического ацидоза и энергетически затратным процессом, может указывать на приоритетность компенсаторных реакций организма: в первую очередь, поддержание кислотно-щелочного равновесия, а во вторую, – температурного гомеостаза. Более высокие значения ДО и МОД у северян могут свидетельствовать о нарушении «принципа экономизации» функции дыхания (Евдокимов и др., 2007) и косвенно указывать на потерю энергетических резервов организма (Гудков, Лабугин, 2000).

У мужчин ЖЕЛ составила в среднем  $5.56 \pm 1.63$  л. Максимум ЖЕЛ выявлен в апреле, минимум – в сентябре, разница 1.04 л. Комплекс климатических факторов оказывал наибольшее влияние (15.7%) на ЖЕЛ, по – сравнению с другими показателями ФВД. При сравнении ЖЕЛ с индивидуальной нормой (Спирограф..., 2002) выявлено, что она была выше нормы на 12.8% и соответствовала нижней границе показателя для мужчин Магадана: 6.0-6.6 л (Бартош, Соколов, 2006). Диффузионная способность легких пропорциональна емкости легких (Колчинская, 1973) и недостаток кислорода вызывает прирост ЖЕЛ (Алексеева, 1986). Вероятно, для жителей Севера характерен аналогичный механизм увеличения ЖЕЛ. Увеличение ЖЕЛ у северян, по сравнению с жителями более комфортного климата, является адаптивной реакцией, позволяющей улучшить параметры кондиционирования воздуха (Варламова и др., 2008; Варламова, Бойко, 2017).

Среднегодовое значение **ФЖЕЛ** у мужчин равнялось  $4.70 \pm 0.70$  л: наибольшее значение выявлено в декабре, наименьшее – в сентябре; разница составила 0.94 л. У мужчин-северян **ФЖЕЛ** соответствовала должным значениям для жителей комфортного климата или превышала их (на 12%) (Максимов, Вдовенко, 2016), однако значительная разница между **ЖЕЛ** и **ФЖЕЛ** (700–1000 мл, против 200–300 мл в норме) свидетельствует о наличии бронхоспазма и обструктивных явлений (Варламова, Бойко, 2017). При сравнении **ФЖЕЛ** у мужчин группы I с индивидуальной нормой (Спирограф..., 2002) выявлено, что **ФЖЕЛ** в холодное время года была выше нормы в среднем на 4.7% и в теплое время – меньше нормы на 6.9%.

**Ровд** в среднем был  $1.68 \pm 0.91$  л: максимальное значение характерно для апреля, минимальное – для сентября, разница составила 0.98 л. Среднемесячная величина **Ровд** у северян в нашей выборке варьировала от 1.21 до 2.19 л. Существует представление об уровне дыхания, рассчитанном по формуле: **Ровд**/**Ровд** (Дембо, 1973). Если уровень дыхания ниже единицы (т.е. объем выдоха меньше, чем вдоха), то эффективность вентиляции больше и наоборот. Уровень дыхания у мужчин был 1.6, что, вероятно, свидетельствует о недостаточно эффективной вентиляции, у обследованных нами лиц.

**ОФВ1** в среднем равнялся  $4.16 \pm 0.76$  л и был максимален в декабре и минимален в сентябре, разница составила 0.70 л. **ОФВ1** содержит информацию о препятствии для потока воздуха. При сравнении **ОФВ1** у мужчин группы I с индивидуальной нормой (Спирограф..., 2002) выявлено, что **ОФВ1** был выше нормы в среднем на 6.1% в холодное время и меньше нормы на 5.2% в теплое.

В годовом цикле у мужчин группы I статистически значимые различия ( $p < 0.05-0.001$ , F-критерий) имели и динамические характеристики **ФВД**: пиковая объемная скорость выдоха (**ПОС**), мгновенные объемные скорости при выдохе 25% **ФЖЕЛ** (**МОС25**), 50% - (**МОС50**), 75% – (**МОС75**), средняя объемная скорость при выдохе от 25 до 75% **ФЖЕЛ** (**СОС25-75**). У мужчин **ПОС** в среднем равнялась  $9.25 \pm 1.52$  л/с: наибольшая **ПОС** была характерна для ноября, наименьшая – для сентября, разница в годовом цикле составила 1.61 л/с. **ПОС** зависит от калибра «центральных» дыхательных путей и силы, развиваемой экспираторными мышцами (Авдеев и др., 2008). С ноября по май у обследованного нами контингента **ПОС** была выше нормы на 6.2% (Клемент, Зильбер, 2002), а с июня по сентябрь – ниже на 4.7%.

**МОС25** составила у мужчин  $8.20 \pm 1.64$  л/с: наибольшая скорость выдоха была в ноябре 8.93 л/с, наименьшая 7.30 л/с – в сентябре, разница составила 1.63 л/с. В холодное время года у молодых мужчин **МОС25** была больше нормы на 7.3%, а в теплое – меньше на 4.5% (Спирограф..., 2002) (рис. 1).

У мужчин **МОС50** в среднем составила  $6.14 \pm 1.45$  л/с. Максимум показателя характерен для ноября 6.82 л/с, минимум – 5.21 л/с для сентября, разница составила 1.61 л/с. При сравнении **МОС50** у мужчин группы I с индивидуальной нормой, (Спирограф..., 2002) выявлено, что в холодное время года она была выше нормы на 12.8%, а в теплое – меньше на 3.3%.

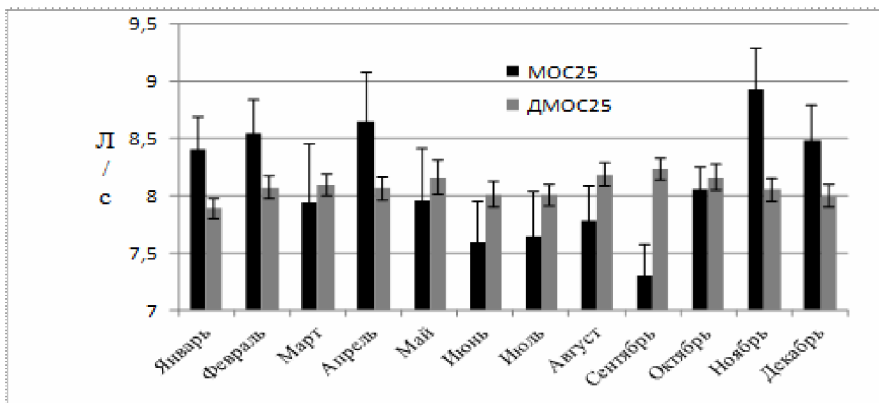


Рисунок 1 - Мгновенная (МOC25) ( $p < 0.05$ , F-критерий) и должная мгновенная (ДМOC25) объемные скорости в момент выдоха 25% форсированной жизненной емкости легких (литры в секунду) у мужчин группы I в годовом цикле.

Среднегодовое значение **МOC75** у мужчин  $3.76 \pm 1.23$  л/с, с колебаниями от 2.91 л/с в июне до 4.42 л/с в ноябре, разница составила 1.51 л/с. При сравнении МOC75 с индивидуальной нормой (Спирограф..., 2002) выявлено, что она была выше нормы в среднем на 24.8% (рис. 2).

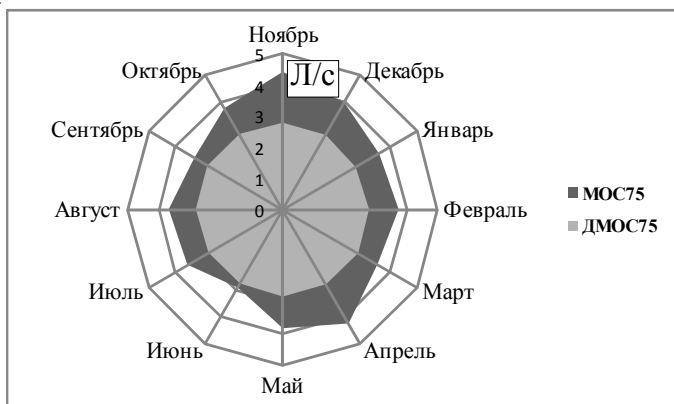


Рисунок 2 - Мгновенная (МOC75) ( $p < 0.01$ , F-критерий) и должная мгновенная (ДМOC75) объемные скорости в л/с в момент выдоха 75% форсированной жизненной емкости легких у мужчин группы I в годовом цикле.

У мужчин **СОС25-75** была в среднем  $5.74 \pm 1.39$  л/с и в течение года изменялась на 1.74 л/с: в июне она была меньше, чем в апреле и ноябре.

У молодых мужчин (Варламова<sup>1,2</sup> и др., 2010) динамические характеристики ФВД: ПОС, МOC25, и СОС25-75 вполне соответствовали уровню показателей для жителей средних широт. МOC50 и МOC75 были выше, чем у



мужчин, проживающих в более комфортном климате, что свидетельствует об адаптивных реакциях и отражает некоторое ограничение бронхиальной проходимости на уровне средних и, особенно, мелких бронхов. Мужчины группы I быстрее достигали уровня ПОС, чем мужчины Магадана (Бартош, Соколов, 2006), что, по-видимому, отражает меньшую степень обструкции у обследованного нами контингента. В годовом цикле ФВД наблюдаются компенсаторно – приспособительные реакции, направленные на оптимизацию доставки кислорода. В декабре на фоне изоляционных реакций дыхательных путей снижается МОД и увеличивается концентрация общего трийодтиронина (Бойко и др., 2008) до максимальных годовых значений, вероятно выступающего одним из стимулов активации ФВД и устранения гипоксии. Наиболее низкое ПК было в январе, затем росло, но до апреля оставалось на сниженном уровне, и только в мае наблюдалась нормализация аэробного снабжения организма.

**2. Функция внешнего дыхания у лыжников-гонщиков (группа VI) в годовом цикле.** Показатели ФВД, имеющие статистически значимые различия ( $p < 0.05 - 0.001$ , F-критерий) в годовом цикле: ДО, МОД, ЖЕЛ, ФЖЕЛ, РОвд, резервный объем выдоха (РОВыд), объем форсированного выдоха за первые полсекунды (ОФВ0.5), ОФВ1, и их больше, чем у мужчин группы I не спортсмен.

У лыжников-гонщиков ДО в среднем за год был  $1.011 \pm 0.337$  л: максимальное значение выявлено в ноябре, и оно было больше на 0.379 л, чем минимальное в марте. У лыжников ДО был в большинстве случаев больше, приводимого в литературе (Власов, Окунева, 1983; Эберт и др., 2005; Шишкин, Устюжанинова, 2006; Ефимова, Попова, 2012; Кривошеков и др., 2013). В зимний период величина ДО регулируется по температуре альвеолярной газовой смеси, которая обусловлена соотношением между ДО и функциональной остаточной емкостью легких (Шишкин, Устюжанинова, 2014).

МОД у спортсменов в среднем составил  $13.13 \pm 3.70$  л. Наибольшие значения МОД были в феврале, наименьшие – в сентябре: разница 4.82 л/мин. У спортсменов среднегодовое значение МОД было меньше на 9.1%, чем у мужчин группы I аналогичного возраста, работающих в этом же регионе на открытом воздухе, но не занимающихся спортом (рис. 3) (Варламова и др., 2008).

Более низкие значения МОД у спортсменов по сравнению с не занимающимися спортом обусловлены ранней в годовом цикле адаптацией к холодному периоду года в силу постоянных тренировок на открытом воздухе (Варламова, 2017), а также более эффективной ликвидации метаболического ацидоза. Зимой (Шишкин, Устюжанинова, 2014) повышается сопротивление воздухоносных путей, и ограничение МОД уменьшает охлаждение легких. Исследования МОД в годовом цикле позволили уточнить месяцы максимального и минимального значения показателя (соответственно, февраль и сентябрь), тогда как по данным исследователей (Шишкин, Устюжанинова, 2014) сезонных циклов это лето и зима.

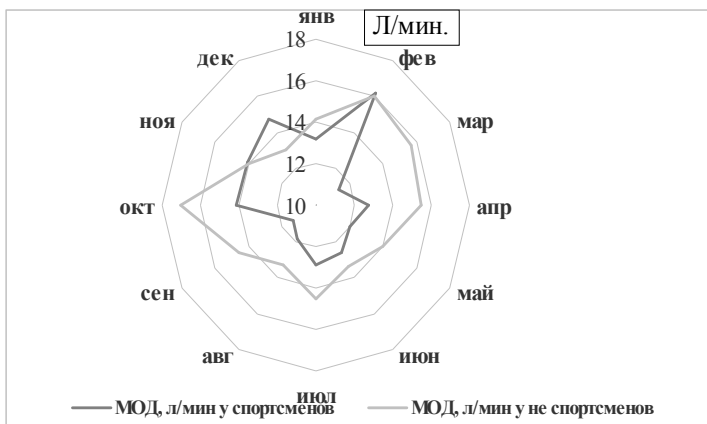


Рисунок 3 - Минутный объем дыхания (МОД) у лыжников-гонщиков группы VI и мужчин, не занимающихся спортом группы I в годовом цикле ( $p < 0.05$ , F-критерий).

Максимальное увеличение МОД зимой (февраль) согласуется с данными литературы (Гудков и др., 2016). Длительная гипоксемия, усиливающаяся в холодное время года у северян, повышает свободно-радикальные процессы и снижает содержание антиоксидантов в организме (Величковский, 2013). При высоких скоростях вентиляции верхних дыхательных путей во время физических упражнений (более 280 л/мин) вероятность потери воды из нижних дыхательных путей является значительной (Carlsen et al., 2008). С помощью теплового картирования при увеличении вентиляции продемонстрировано (Carlsen et al., 2008) снижение температуры от верхней части трахеи до субсегментарных бронхов. Холодный воздух и респираторные инфекции у лыжников оказывают неблагоприятное влияние на состояние дыхательных путей (Carlsen et al., 2008) и спортивный результат.

У лыжников-гонщиков ЖЕЛ в среднем равнялась  $6.309 \pm 0.755$  л. Максимальная ЖЕЛ выявлена в феврале, минимальная – в сентябре, разница 1.174 л. У спортсменов ЖЕЛ была больше нормы (Старшов, Смирнов, 2003) на 25.0%, и больше на 12.8%, чем у мужчин группы I, проживающих в этой же географической точке, но не занимающихся спортом. У спортсменов происходят более глубокие адаптивные изменения ЖЕЛ. У лыжников-гонщиков ЖЕЛ превышала значения, приведенные в литературе (Власов, Окунева, 1983; Старшов, Смирнов, 2003), в том числе и для лиц, работающих в холодном климате (Шишкин, Устюжанинова, 2012; Гудков и др., 2016), в зимнее время (Ефимова, Попова, 2012; Гудков и др., 2016) и занимающихся лыжными гонками (Эберт и др., 2005).

ФЖЕЛ у лыжников в среднем была  $5.605 \pm 0.78$  л. Наибольшая ФЖЕЛ выявлена в декабре, наименьшая – в октябре; разница 1.476 л. У спортсменов (группа VI) значения ФЖЕЛ в годовом цикле колебались от 105.3% (октябрь) до

130.1% (декабрь) должных величин (Старшов, Смирнов, 2003) и были больше показателей предлагаемых рядом авторов (Леханова, 2001; Старшов, Смирнов, 2003; Бартош, Соколов, 2006; Норейно, 2012; Шишкин, Устюжанинова, 2012). И если у мужчин, не занимающихся спортом, ФЖЕЛ в течение года то больше, то меньше индивидуально рассчитанной нормы, то у лыжников-гонщиков она всегда больше нормы, что свидетельствует о более глубоких адаптивных изменениях ФВД при занятиях спортом.

**Ровд** в годовом цикле равнялся  $1.914 \pm 1.025$  л: наибольшее значение характерно для марта, наименьшее – для августа, разница 1.449 л. У лыжников-гонщиков Ровд был больше на 0.224 л (13.3%,  $p < 0.05$ ), чем у мужчин группы I (Варламова и др., 2008). Весной (март) Ровд был больше на 17.7%, чем у студентов Архангельска (Ефимова, Попова, 2012), а летом – меньше на 27.9%. Авторы (Ефимова, Попова, 2012; Гудков и др. 2016), в отличие от нашего исследования, не выявили сезонного изменения показателя.

**Ровыд** в годовом цикле у спортсменов составил в среднем  $3.996 \pm 1.221$  л: с максимумом в феврале и минимумом – в марте, разница 1.691 л. У лыжников – гонщиков группы VI Ровыд был больше на 1.486 л (59.2%,  $p < 0.001$ ), чем у мужчин группы I, больше на 1.196 л, чем у мужчин 18-23 лет, постоянно проживающих на Европейском Севере (Попова, 2007), больше на 2.044 л, чем у мужчин Украины (Норейко, 2012) и зависел от сезонных изменений внешней среды (Эберт и др., 2005). Уровень дыхания (Дембо, 1973) у лыжников-гонщиков был 2.1, что, вероятно, свидетельствует о недостаточно эффективной вентиляции.

**ОФВ0.5** у лыжников в среднем был  $3.386 \pm 0.786$  л. Наибольший ОФВ0.5 характерен для декабря, наименьший – для июня, годовые колебания составили 1.127 л. Величины ОФВ0.5 для лыжников-гонщиков больше на 25.9% ( $p < 0.001$ ), чем у мужчин, не занимающихся спортом, и мужчин Архангельска (Попова, 2007), но соответствовали значению этого показателя для мужчин Магадана (Бартош, Соколов, 2006). Элитные спортсмены, тренирующиеся на выносливость, испытывают сезонные колебания реактивности дыхательных путей. Конкретные стимулы, которые вызывают это, неизвестны, но предполагается, что это связано с воздействием холодного сухого воздуха и/или вдыхаемых раздражителей (Hemingson et al., 2004).

**ОФВ1** у лыжников составил в среднем  $4.889 \pm 0.726$  л. Максимальный и минимальный его варианты в феврале и октябре различались на 1.017 л. Из всех показателей ФВД ОФВ1 – самый информативный (Чучалин и др., 2014), отражает состояние проходимости бронхов, может снижаться как при обструктивных, так и при рестриктивных вентиляционных нарушениях (Ковалькова и др., 2017). Максимальный и минимальный ОФВ1 (рис. 4) в феврале и октябре составляли от 105.6% до 131.3 % должных значений (Старшов, Смирнов, 2003). У спортсменов группы VI ОФВ1 был больше на 0.759 мл (10.8%,  $p < 0.001$ ), чем у мужчин группы I (рис. 4) и практически здоровых мужчин 21 года – 46 лет Украины (Норейко, 2012). У лыжников-гонщиков ОФВ1 был больше

индивидуальной нормы на 16.8% и никогда в течение года не был меньше нормы, тогда, как у мужчин группы I в холодное время года он был больше нормы на 6.0%, а в теплое – меньше на 5.2%.

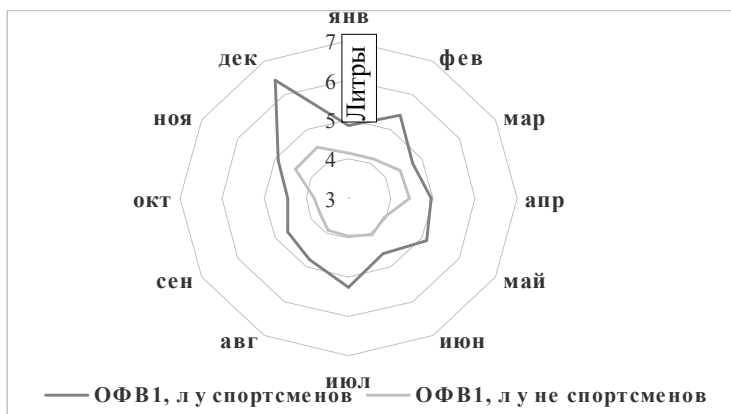


Рисунок 4 - Объем форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ1) у лыжников–гонщиков группы VI ( $p < 0.05$ ) и мужчин, не занимающихся спортом группы I ( $p < 0.01$ ) в годовом цикле (F-критерий).

По мнению авторов, (Rundell et al., 2003) бронхоконстриктивная дисфункция при физической нагрузке отличается от таковой при бронхиальной астме, не имеет четкого определения и может влиять на работоспособность. У лыжников в соревновательный период (Carlsen et al., 2008) в бронхах имелись лимфоидные агрегаты и признаки ремоделирования.

Таким образом, у лыжников – гонщиков ФВД испытывает влияние как погодно-климатических условий региона, так и тренировочного процесса. Тренировочный процесс оказывал наибольшее влияние, вызывая увеличение  $PO_{\text{выд}}$  на 59.2%,  $ОФВ_{0.5-25.9\%}$ , ФЖЕЛ – 20.3%, а также на ОФВ1 – 18.4%, ЖЕЛ – 14.1%, ДО – 13.9%,  $PO_{\text{вд}}$  – 13.3% и уменьшение МОД на 9.1%. У лыжников–гонщиков адаптация ФВД к холодному периоду года происходит на два месяца раньше (февраль), чем у мужчин-не спортсменов (апрель). Наиболее благоприятные условия для функционирования ФВД в обеих группах характерны для сентября, а у спортсменов пролонгируются и на октябрь.

**3. Функция внешнего дыхания у мужчин и женщин в тепле и на холоде.** При вдыхании холодного воздуха у мужчин (группа IV) и женщин (группа V) произошло уменьшение ЖЕЛ, соответственно, на 16.9 и 14.1%, МОС50 – на 20.8% и 13.8%, МОС75 – на 21.9% и 25.4% ( $p < 0.05-0.001$ , t-критерий). У мужчин, обследование которых, по-сравнению с женщинами, проходило в дни с более низкой температурой воздуха, на холоде были меньше и ОФВ1 на 11.6 %, ПОС на 10.0% и МОС25 на 15.7%, больше индекс Тиффно ( $ОФВ1/ФЖЕЛ$ ) на 14.3%.

Наши исследования выполнены при температуре воздуха от 0 до  $-14^{\circ}\text{C}$ , что соответствует по данным I.Holmer (1998) легкому и умеренному напряжению.

При исследовании ФВД у мужчин и женщин аналогичного возраста, роста и массы тела в диапазоне температур от -6 до -12°C и экспозиции 30 минут выявлено увеличение ДО у мужчин на 21.8% и женщин – на 23.8% (Гудков, Попова, 2012). В нашем исследовании меньше половины контингента (26.1% мужчин и 44.4% женщин) отреагировали увеличением ДО при дыхании холодным воздухом.

Величина МОД у мужчин при дыхании холодным воздухом достоверно увеличилась на 16.2%, у женщин – на 21.7% (Гудков, Попова, 2012), что согласуется с полученными данными для женщин – тенденции к приросту МОД на 17.9% и противоречит результатам, полученным для мужчин – уменьшение МОД на холоде на 6.7%. Варианты изменения МОД за счет динамики ДО и ЧД у мужчин и женщин представлены на рис. 5.

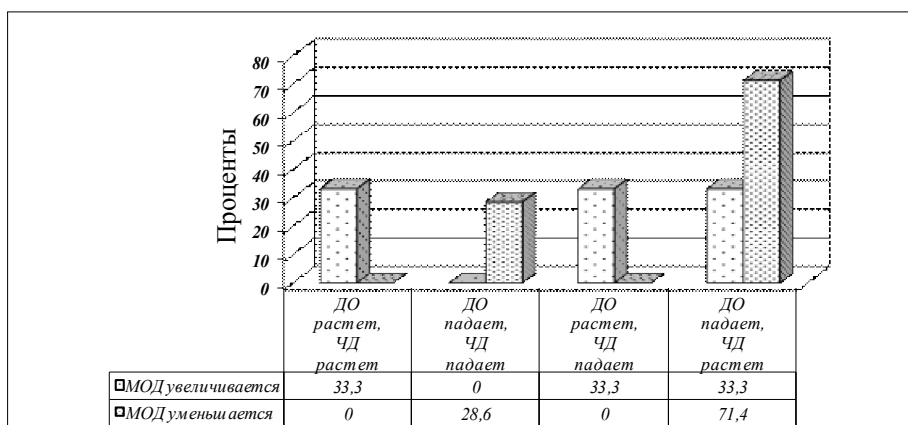


Рисунок 5 - Варианты динамики минутного объема дыхания (МОД) у мужчин (группа IV) и женщин (группа V) на холоде (ДО – дыхательный объем, ЧД – частота дыхания).

Увеличение МОД на холоде у мужчин происходит за счет возрастания ДО, у женщин – ДО и ЧД, увеличение легочной вентиляции направлено на повышение газообмена в респираторной зоне легких (Гудков, Попова, 2012). У женщин группы V – как и в работе А.Б. Гудкова и О.Н. Поповой (2012), на холоде увеличиваются и ДО и ЧД. Уменьшение ЖЕЛ на холоде у мужчин и женщин было сравнимо с цифрами (11.6% у мужчин и 14.6% у женщин), приведенными в литературе (Гудков, Попова, 2012). При дыхании холодным воздухом уменьшение ОФВ1, снижение скорости прохождения воздуха по бронхам крупного, среднего и мелкого калибра (рис. 6) у мужчин и женщин также согласуется с данными литературы (Гудков, Попова, 2012). На холоде происходит выключение из вентиляции наиболее охлаждаемых респираторных микроструктур. В основе этой защитной реакции, вероятно, лежит гладкомышечное сокращение бронхиол в транзитной зоне легких,

функциональный смысл, которого заключается в ограничении поступления недостаточно согретого и увлажненного воздуха к дыхательной респираторной зоне. Однако, сужение дыхательных путей увеличивает их сопротивление, повышает внутригрудное давление и, в значительной степени, форсирует работу органов дыхания, вызывая их дополнительное напряжение (Гудков, Попова, 2012). Холодовые экспозиции (Giesbrecht, 1995) увеличивают легочное сосудистое сопротивление, число бокаловидных клеток и слизистых желез, повышают тонус стенок артерий и артериол, вызывают гипертрофию миокарда.

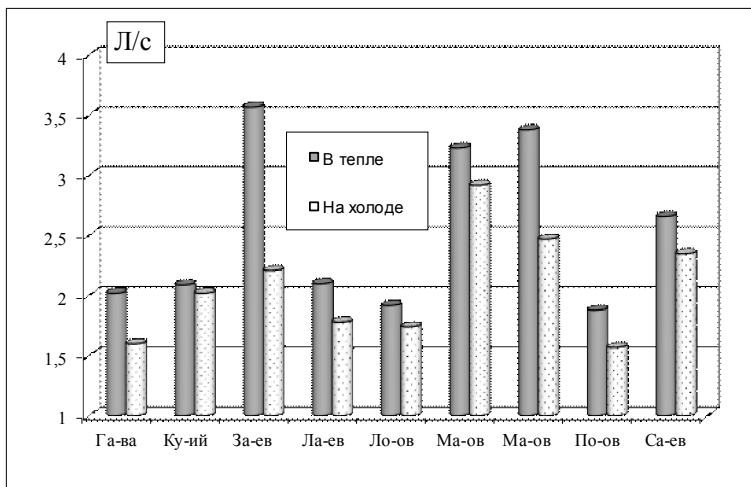


Рисунок 6 – Мгновенная объемная скорость при выдохе 75% жизненной емкости легких (МОС75) у мужчин и женщин (группы IV, V) в тепле (20.1°C) и на холоде (от 0 до -11°C), литры в секунду.

Таким образом, при дыхании на холоде у мужчин и женщин выявлены изоляционные реакции ФВД, степень выраженности которых зависит от температуры наружного воздуха.

#### 4. Артериальное давление у мужчин группы I в годовом цикле.

Значения систолического артериального давления (САД) у мужчин в годовом цикле статистически значимо различались ( $p < 0.01$ , F-критерий). Среднегодовое САД составило  $119.9 \pm 8.6$  мм рт.ст.: самые высокие значения зарегистрированы в ноябре ( $123.3 \pm 7.3$  мм рт. ст.), низкие – в июне ( $116.1 \pm 9.7$  мм рт.ст.), разница составила 7.2 мм рт.ст. ( $p < 0.01$ ) и САД имело наибольший коэффициент корреляции с ПК ( $r = 0.310$ ,  $p < 0.001$ ) (рис. 7).

Уровень диастолического артериального давления (ДАД) у мужчин в годовом цикле статистически значимо различался ( $p < 0.01$ , F-критерий). Среднегодовое ДАД составило  $71.9 \pm 7.7$  мм рт. ст.: самые высокие значения выявлены в феврале ( $74.3 \pm 8.7$  мм рт.ст.), низкие – в мае ( $69.0 \pm 6.0$  мм рт.ст.), разница составила 5.3 мм рт. ст. ( $p < 0.05$ ). У мужчин среднегодовое значение

ПК  $0.330 \pm 0.057$  л/мин различалось в годовом цикле ( $p < 0.001$ , F-критерий). Наибольшее ПК наблюдали в декабре ( $0.366 \pm 0.069$  л/мин), наименьшее – в июне ( $0.301 \pm 0.060$  л/мин), разница  $0.065$  л/мин.

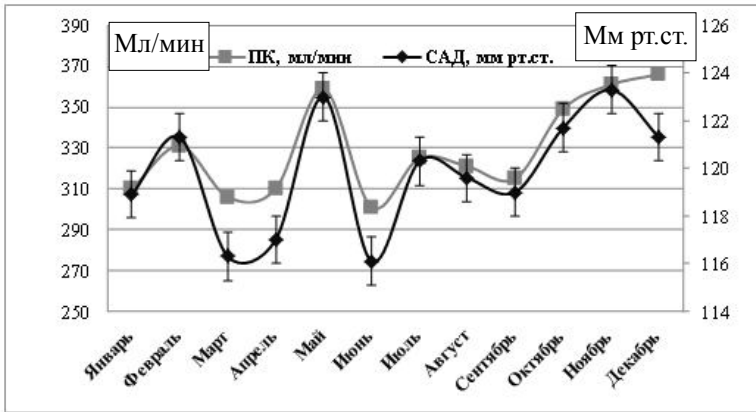


Рисунок 7 – Систолическое артериальное давление (САД) ( $p < 0.01$ , F-критерий) и потребление кислорода (ПК) ( $p < 0.001$ ) у мужчин группы I в годовом цикле.

Сезонная динамика АД описана многочисленными авторами (Brennan et al., 1982; Fujiwara et al., 1995; Castro et al., 1998; Goodwin et al., 2001; Hayashi et al., 2008; Iwabu et al., 2010; Hozawa et al., 2011; Kent et al., 2011; Murakami et al., 2011; Villegas-Amtmann et al., 2012; Modesti et al., 2013), однако нет исследований, сравнивающих годовую динамику АД с ПК и активностью супероксиддисмутазы (СОД).

Данные у мужчин группы I по САД согласуются с исследованиями М. Модести с коллегами (Modesti et al., 2013). Они изучили влияние сезонов на амбулаторный мониторинг АД ( $n=1897$ ) и выявили, что самое высокое САД было весной ( $130.9 \pm 13.9$  мм рт.ст.), а самое низкое - летом ( $126.8 \pm 12.8$  мм рт.ст.). Сезонные изменения значений САД и ДАД, скорее всего, связаны с гормональными изменениями (Radke, Izzo, 2010), зависят от уровней мелатонина и альдостерона (Portela et al., 1996), ренина и норэпинефрина (Radke, Izzo, 2010).

По нашему мнению, снижение САД с декабря по январь связано с проявлением рефлекса Парина (Parin, Meerson, 1959), когда давление в большом круге кровообращения снижается в ответ на повышение давления в малом круге из-за изоляционных реакций дыхательных путей в условиях холодной погоды. Снижение ДАД весной может быть связано с уменьшением общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС) в ответ на повышение температуры воздуха, как в помещении, так и на открытом воздухе. Осеннее снижение ДАД можно объяснить снижением ОПСС в ответ на включение отопления. Увеличение ДАД в январе можно объяснить ростом ОПСС из-за морозной погоды в это время года.

Уровень САД в годовом цикле у мужчин практически соответствовал динамике ПК, за исключением декабря. При низких температурах ПК увеличивается, что обусловлено включением механизмов химической терморегуляции и процессов накопления тепла (Jessen, 1980).

Максимальным уровням САД в мае и ноябре соответствовали минимальные значения активности СОД в эти месяцы. J. Redon с соавторами (2003) показали, что активность СОД была значительно ниже у пациентов с гипертонической болезнью по сравнению с нормальными субъектами, что подтверждает выявленную нами годовую динамику АД и СОД. Интенсивное ПК приводит к усилению образования активных форм кислорода, которые, в свою очередь, действуют как модуляторы антиоксидантной системы (Wang et al., 1996; Katherleen et al., 2009). В годовом цикле отрицательная зависимость между значениями АД и СОД была подтверждена для САД в большинстве месяцев (кроме января, июля и сентября). Такая же зависимость для ДАД была обнаружена в сентябре и с ноября по март.

При ежедневных наблюдениях в двух московских клиниках в течение семи и 13 лет отмечалось влияние земных погодных факторов (атмосферного давления, температуры воздуха и геомагнитной активности) на развитие острых патологий сердца. Оказалось, что температурные эффекты были наиболее значительными (Ozheredov et al., 2010), что подтверждается нашими данными.

Сезонные изменения уровня АД требуют индивидуального контроля гипотензивных препаратов у пациентов (Modesti et al., 2013). Игнорирование закономерностей хрономедицины может значительно снизить эффективность лечения (Frolov et al., 2008).

**5. Артериальное давление у женщин группы II** в годовом цикле статистически значимо различалось ( $p < 0.001$ , F-критерий) (рис. 8). Среднегодовое САД у женщин составило  $113.7 \pm 9.8$  мм рт.ст.. Наиболее высокое САД у женщин зарегистрировано в феврале ( $117.2 \pm 7.3$  мм рт.ст.), низкое - в июле ( $106.7 \pm 8.1$  мм рт.ст.), разница 10.5 мм рт.ст.

Индивидуальный анализ связи между вариациями физиологических показателей и метеорологическими и геомагнитными параметрами показал, что статистически значимые ( $p < 0.05$ ) корреляционные связи у женщин САД выявлены: с атмосферной температурой у 88% женщин (чем ниже температура, тем выше САД: коэффициент корреляции ( $r$ ) до  $-0.433$ ); с геомагнитной активностью у 44% - (чем больше геомагнитная активность, тем выше САД:  $r$  до  $0.281$ ); с относительной влажностью воздуха у 24% – (у 20% – чем более влажный воздух, тем выше САД:  $r$  до  $0.361$  и у 4% – чем меньше влажность, тем выше САД:  $r$  до  $-0.244$ ); у 12% женщин между атмосферным давлением (чем ниже Ратм, тем выше САД:  $r$  до  $-0.246$ ) (рис. 9). У 8% женщин САД не реагировало на температуру, давление, влажность, магнитную активность. У 32% женщин САД реагировало на один метеорологический показатель, у 48% – на два, у 8% – на три, у 4% – на четыре.



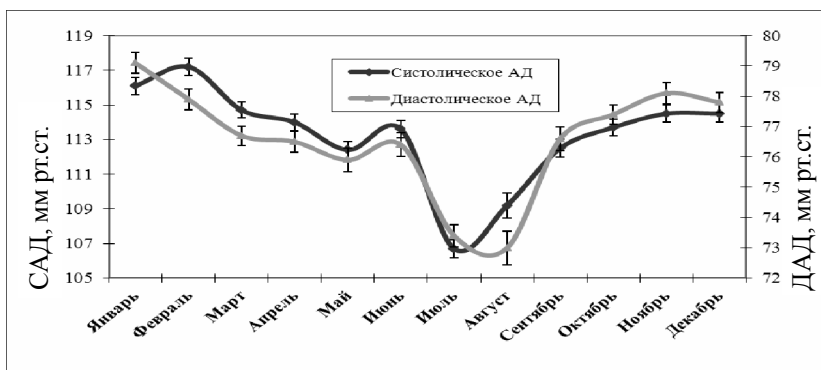


Рисунок 8 - Систолическое и диастолическое артериальное давление у женщин группы II в годовом цикле ( $p < 0.001$ , F-критерий).

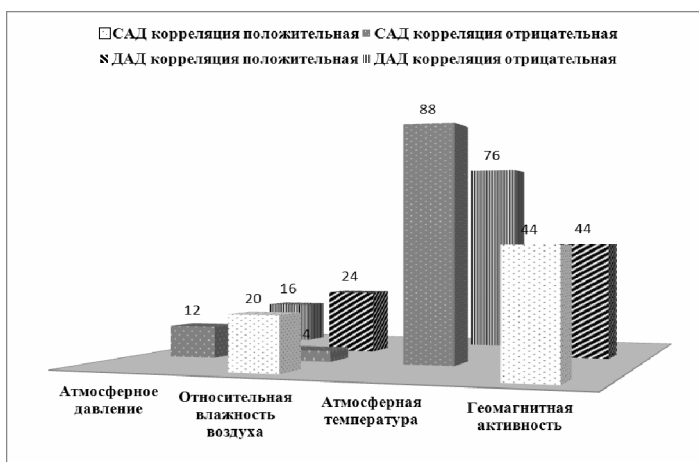


Рисунок 9 - Метеочувствительность у женщин группы II (над столбиками указан процент женщин, для которых при индивидуальном анализе обнаружены корреляции систолического и диастолического артериального давления с метеорологическими показателями ( $p < 0.05$ )).

Среднегодовой уровень ДАД у женщин группы II составил  $76.9 \pm 6.4$  мм рт.ст. Самое высокое ДАД было в январе ( $79.1 \pm 5.8$  мм рт.ст.), низкое – в августе ( $73.0 \pm 7.7$  мм рт.ст.), разница 6.1 мм рт.ст.

Наибольшее число статистически значимых ( $p < 0.05$ ) корреляционных связей ДАД выявлены у 76% женщин с атмосферной температурой (чем ниже температура, тем выше ДАД) (рис. 9). У 44% женщин ДАД реагировало на геомагнитную активность (чем больше геомагнитная активность, тем выше ДАД;  $r$  до 0.318); у 24% - на изменение относительной влажности воздуха (чем

больше влажность, тем выше ДАД: г до 0.365) и у 16% – на Ратм (чем ниже Ратм, тем выше ДАД: г до -0.219). У 24% женщин ДАД не реагировало на метеорологические показатели, у 16% – реагировало на один метеорологический показатель, у 36% - на два, у 20% – на три, 4% – на четыре.

У женщин Европейского Севера, принимавших участие в нашем исследовании (группа II), разница между максимальным и минимальным значениями САД в годовом цикле составила 10.5 мм рт.ст. и ДАД - 6.1 мм рт.ст., что согласуется с данными литературы (Hayashy et al., 2008; Sinha et al., 2010). У мужчин группы I наиболее высокое САД выявлено в ноябре, у женщин группы II в феврале. Расхождение в пиковых значениях АД по месяцам у мужчин и женщин может быть связано, в основном, с тремя факторами: при обследовании у мужчин минимальная температура в дни измерения показателя была в ноябре ( $-19.4 \pm 2.1^{\circ}\text{C}$ ), при обследовании женщин – в феврале ( $-13.2 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ), с более частым (ежедневным) измерением АД у женщин и с тем, что мужчины значительную часть рабочего времени проводят на открытом воздухе.

В регуляции уровня АД принимает участие множество экзогенных и эндогенных факторов. Циркадная структура АД зависит от состояния гипоталамо-адrenalовой, гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной, ренин-альдостероновой систем, различных вазоактивных пептидов (Джанашия и др., 2007, Кобалава – 2015). Сезонные ритмы организма являются составной частью адаптационного процесса, они особенно ярко представлены в контрастных климатических поясах (Радыш и др., 2010) и наиболее выраженными являются эффекты температуры (Ожередов и др., 2010), что подтверждают и наши исследования. В работе В.И. Хаснулина с соавторами (2015) также выявлена значительно меньшая зависимость гипертонических кризов от изменений атмосферного давления, чем от температуры. Полученные результаты (Melnikov et al., 2013) позволяют предполагать вазоконстрикторное действие повышенного атмосферного давления на артерии шеи. Одним из основных механизмов повреждения сосудистой стенки у жителей Севера становится неконтролируемое антиоксидантами свободнорадикальное окисление липидов (окислительный стресс), активирующееся под действием мощных геомагнитных возмущений (Хаснулин и др., 2009). С учетом сезонных колебаний метеорологических явлений должна разрабатываться система профилактики артериальной гипертензии (Хаснулин и др., 2015), а также критериев персонального управления антигипертензивной терапией. Динамика артериального давления в годовом цикле у мужчин и женщин свидетельствует о смене приоритетов его контроля в разное время года со стороны гуморально-гормональных регуляторов, вегетативной и центральной нервной систем.

**6. Электрoкардиограмма у женщин группа II в годовом цикле.** В ЭКГ у женщин в годовом цикле длительность интервалов R-R, ширина зубца P, длительность интервала P-Q(R), сегмента P-Q(R), комплекса QRS, длительность сегмента S-T, интервала Q(R)-T, электрическая ось сердца и ЧСС не имели статистически значимых различий.

В годовом цикле у женщин изменялись ( $p < 0.05-0.001$ , F-критерий): амплитуда зубца Р в отведениях ЭКГ I, V4-6, R – в отведении I, T – в отведении V2, сегмента ST – в отведениях V1-5. Наиболее часто в годовом цикле меняется амплитуда зубца Р ЭКГ. Амплитуда зубцов Р ЭКГ в отведениях I, V4-6 в годовом цикле у женщин и атмосферная температура представлены на рис. 10.

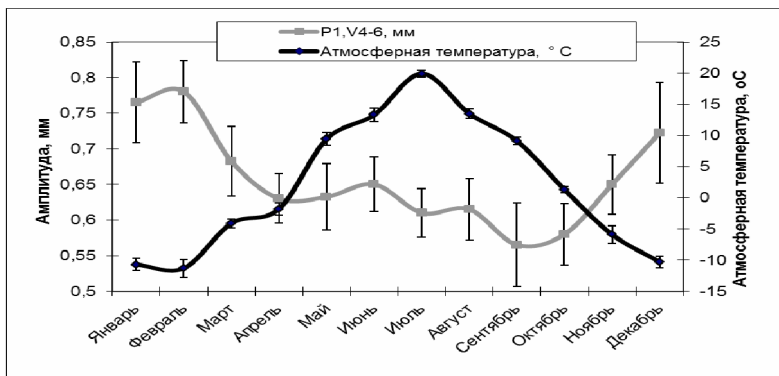


Рисунок 10 – Амплитуда зубцов Р ЭКГ в отведениях I, V4-6 у женщин группы II и атмосферная температура в годовом цикле ( $p < 0.05-0.001$ , F-критерий).

Наибольшее количество отведений, в которых зарегистрированы статистически достоверные изменения амплитудных и временных характеристик ЭКГ, выявлено в январе (14), наиболее спокойными месяцами являются май и июнь (одно и два отведения ЭКГ) (рис. 11).

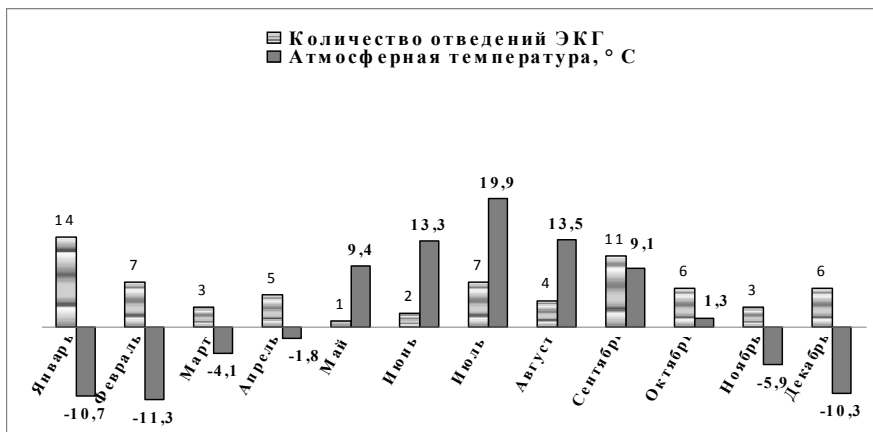


Рисунок 11 – Количество отведений ЭКГ со статистически достоверно измененными показателями у женщин группы II и атмосферная температура ( $p < 0.001$ , F-критерий) в годовом цикле.

Амплитуда зубца Р ЭКГ у женщин в годовом цикле статистически значимо ( $p < 0.05-0.001$ ) модифицируются 11 раз и сегмента ST – восемь раз, менее всего изменяется амплитуда зубца Q (один раз) (рис. 12).

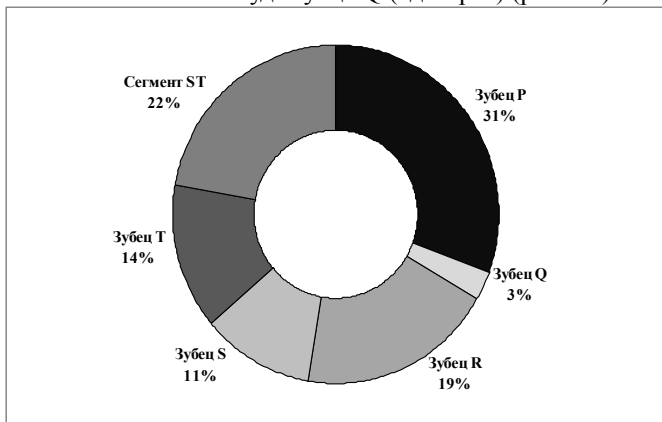


Рисунок 12 - Амплитудные характеристики ЭКГ у женщин группы II, имеющие статистически достоверную динамику в годовом цикле ( $p < 0.05-0.001$ ).

Чаще всего в годовом цикле статистически значимые ( $p < 0.05-0.001$ ) изменения амплитудных характеристик ЭКГ у женщин происходят в отведениях V2 и V6 (по 10 раз), меньше всех реагируют на изменения сезонных погод показатели в отведениях II, III на вдохе и aVL (по два раза).

По данным литературы (Kose et al., 2002; Rohit et al., 2015; Sasonko et al., 2019) продемонстрирована связь некоторых характеристик электрокардиограммы в зависимости от сезонов года и вариантов погод у спортсменов, здоровых волонтеров и людей с различными сердечно-сосудистыми заболеваниями. Однако сведений о годовом цикле амплитудно-временных характеристик ЭКГ в 12 общепринятых отведениях у здоровых людей в доступной отечественной и зарубежной литературе нами не встречено. Сравнение амплитудно-временных характеристик ЭКГ у женщин в годовом цикле с данными литературы (MacFarlane, Lawrie, 1989; Wagner, 2001; Kose et al., 2002; Hamm, Willems, 2007; Houghton, Gray, 2009; Hampton, 2013; Sasonko et al., 2019) выявило, что изменения происходили в пределах нормы и не были клинически значимыми (Варламова, 2017; 2018).

В холодный период года, параметры ЭКГ были ближе к границе «патология», что обусловлено, в том числе комплексом адаптивных реакций в респираторной системе, не изолированной от действия природных климатических факторов. Адаптивные реакции кардиореспираторной системы затрагивают, прежде всего, малый круг кровообращения, создавая предпосылки для более напряженной работы правого сердца, особенно зимой, что в конечном итоге, может привести к клиническим эпизодам. Анализ годового цикла ЭКГ

выявил, что наиболее подвержена погодным изменениям амплитуда зубца Р зимой по типу Р-pulmonale, механизмом которого является систолическая или диастолическая перегрузка правого предсердия. В работе Dernovoy V.F. (2016) показано, в холодное время года уменьшение венозного возврата к сердцу, сниженные тонуса периферических сосудов, кардиогемодинамики и производительности миокарда. Воздействие низких температур окружающей среды (Yang et al., 2017) связано с увеличением холестерина, вязкости крови, эритроцитов, тромбоцитов, фибриногена, ОПСС, ЧСС, АД и уменьшения количества кислорода в миокарде. Зимний пик смерти от сердечно-сосудистых заболеваний был явно связан с низкой окружающей температурой, что подчеркивает оправданность дальнейшего изучения механизмов, лежащих в основе этого явления, чему к какой-то мере и способствует проведенная нами работа.

**7.Сезонная динамика показателей «легочного сердца» у женщин группы III.** Выявлена тенденция к увеличению баллов и процентов «легочного сердца» (ЛС) у женщин в весенний период времени. Минимальные значения показателей были характерны для зимы.

Легочная гипертензия является платой за адаптацию и основой всей “северной динамики” электрической активности сердца человека (Варламова, 1998). Тенденция к увеличению баллов и процента ЛС, не достигающих клинически значимых величин, от зимы к весне у обследованных нами женщин, согласуется с динамикой некоторых объемных и динамических характеристик ФВД, в частности ЖЕЛ, ФЖЕЛ, РОвд, ОФВ1, свидетельствующих о завершении формирования комплекса адаптивных реакций к холодному времени года. Минимальное значение показателей ЛС в летнее время у женщин свидетельствует о волнообразном протекании адаптивных погодно-климатических реакций, связывающих воедино сердечно-сосудистую и дыхательную системы.

**8. Динамика порога анаэробного обмена в годовом тренировочном цикле у лыжников-гонщиков группы VI.** Индивидуальная ЧСС у спортсменов на ПАНО соответствовала  $169.7 \pm 14.4$  уд/мин, расчетная (ЧССр) –  $160.3 \pm 3.2$  уд/мин и была меньше на 5.5%. Размах индивидуальной ЧСС у лыжников – гонщиков был от 103 до 209 уд/мин, ЧССр – от 150.4 до 164.8 уд/мин.

У лыжников–гонщиков проанализирована ежемесячная (кроме августа) динамика физиологических показателей: ЧСС, ПК, ВУГ, %ПК от МПК, ДО, ЧД, МОД, ДК, КИО2, КП, сатурации O2, САД, ДАД, N нагрузки, а также их изменение в конце (апрель, май, июнь) и начале годичного тренировочного цикла (сентябрь, октябрь, ноябрь).

Все показатели, кроме ЧССр, статистически значимо различались в рассматриваемый период времени ( $p < 0.05-0.001$ , F-критерий). Наилучшее функциональное состояние организма лыжников-гонщиков было характерно для сентября и сопровождалось на ПАНО пиковыми значениями ЧСС, ПК, КП, N и %ПК от МПК. Разница между ЧСС и ЧССр в этот месяц была минимальной и

составляла 9.2%. В мае показатели кислородной обеспеченности организма и мощность нагрузки на ПАНО были минимальными, в октябре зарегистрирована самая низкая ЧСС на ПАНО. Разница между ЧСС и ЧССр в октябре и мае составила 9.6%. Выявлены и статистически значимые различия ( $p < 0.05$ ,  $t$  – критерий Стьюдента с поправкой Бонферрони) между отдельными месяцами. В годовом цикле ( $p < 0.05-0.001$ ) изменялись: ЧСС, ЧССр, ПК, КП, МПК, %ПК от МПК, N. Максимальная ЧСС на ПАНО была характерна для сентября ( $174.6 \pm 13.9$  уд/мин), а минимальная – для января ( $154.8 \pm 19.6$  уд/мин) (Варламова и др., 2017).

Наиболее благоприятные значения ЧСС на ПАНО были в подготовительный период, а наименее – в соревновательный (рис. 13).

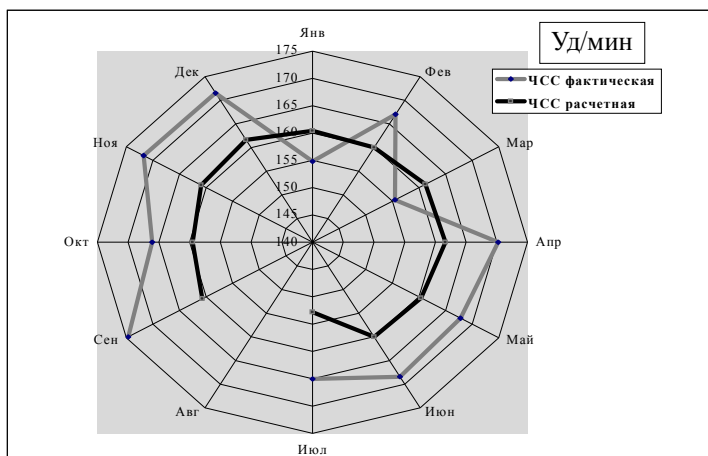


Рисунок 13 – Фактическая и расчетная частота сердечных сокращений (ЧСС) на пороге анаэробного обмена у лыжников-гонщиков групп VI в годовом тренировочном цикле.

Результаты подготовительного периода в сентябре выглядят достаточно успешными по показателям кардиореспираторной системы, но в дальнейших периодах годичной подготовки эти наработки утрачиваются, хотя должны нарастать в соревновательный период (Бойко и др., 2019). По мнению авторов (Borresen, Lamber, 2009) существует не так много исследований в области количественной оценки учебных тренировочных программ и их влияния на физиологические показатели. Полагаем, что причиной не благоприятной динамики на ПАНО в годовом цикле в соревновательный период может быть отсутствие или недостаточная индивидуальная коррекция тренировочного процесса и восстановительных мероприятий (Бойко и др., 2019).

**9. Кардиореспираторные предикторы завершения теста с максимальной нагрузкой у высококвалифицированных лыжников-гонщиков группы VIII.** В начале и конце последней минуты нагрузки у лыжников различались ( $p < 0.05 - 0.001$ ) МОД, ЧД (прирост соответственно на

17.6 и 13.5% к концу минуты) и КИО2 (уменьшение к окончанию теста на 11.3%). Мощность нагрузки имела тенденцию к приросту на 5.7%.

Индивидуальный анализ показателей выявил два варианта завершения теста с нагрузкой до отказа: на уровне пикового потребления кислорода и через некоторое время после достижения МПК (соответственно 55.6 и 44.4% спортсменов). Тест на уровне пикового ПК 66.7% лыжников закончили с САД более 200 мм рт.ст. и 33.3% - с его меньшим значением. При завершении теста после достижения МПК 58.3% лиц закончили его с САД больше 200 мм рт.ст. и 41.7% – с более низким уровнем САД.

Проживание в условиях холодного климата способствует формированию ряда адаптивных признаков, затрагивающих функцию кардиореспираторной системы (Авцын и др., 1985; Евдокимов и др., 2007) и может негативно сказываться на уровне физической работоспособности (Бойко и др., 2019). По сравнению с началом последней минуты нагрузки к концу минуты продолжает увеличиваться МОД на 17.6%, ЧД – на 13.5%, ПК – на 4.1%, ВУГ на 6.6%, ДК на 2.9%, но уменьшается КИО2 на 11.3%, ДО на 1.0%. ВУГ превышает ПК на 2.5%. На биохимическом уровне происходит дальнейшее закисление среды: увеличиваются ДК и ВУГ. Динамические нагрузки вызывают заметное увеличение ПК из-за значительного увеличения сердечного выброса, ЧСС, ударного объема и САД. Считается, что величина МПК на 70-85% ограничена максимальным сердечным выбросом (Швеллнус, 2011).

Посленагрузка на левый желудочек прямо пропорциональна АД и поэтому уменьшается при снижении ОПСС (Швеллнус, 2011). В нашем исследовании к началу последней минуты нагрузки, по сравнению с покоем сидя САД увеличилось в 1.58 раз, а к концу нагрузки – в 1.63 раза. Объективным признаком достижения предельной физической нагрузки (Дворников и др., 2013) является появление признака срыва адаптации (повышение САД более 220 мм рт. ст.). В связи с этим увеличение САД более 200 мм рт.ст. вполне может служить предиктором завершения нагрузки (Бойко и др., 2019).

Для жителей Севера характерен более высокий уровень АД и повышенный уровень ОПСС, особенно в холодное время года (Авцын и др., 1985; Евдокимов и др., 2007), что, вероятно, может влиять и на величину САД при нагрузке и уменьшать ее переносимость. Сатурация крови у обследованных нами лыжников уменьшилась по сравнению с покоем в начале последней минуты нагрузки на 6.0%, к концу нагрузки снизилась на 10.6%, что свидетельствовало о развитии артериальной гипоксемии. Механизмы нагрузочной гипоксемии неизвестны, а имеющиеся гипотезы основаны на непрямых данных и носят спекулятивный характер (Швеллнус, 2011). К возможным механизмам этого явления относят: сброс крови справа-налево, неравномерность вентиляционно-перфузионного отношения, неполный газообмен, т.е. отсутствие уравновешивания газового состава крови и альвеолярного воздуха в венозном конце легочных капилляров (Demsey, Wagner, 1999). В то же время получены

данные о том, что снижение сатурации уменьшает спортивную работоспособность (Koskolou, McKenzie, 1994).

Таким образом, непрерывный мониторинг кардиореспираторных показателей в режиме “breath bei breath” во время тестовых нагрузок на велоэргометре позволил определить реальные пульсовые зоны ЧСС в годовом цикле и предикторы завершения теста «до отказа» (Бойко и др., 2019), что не встречено нами в доступной литературе.

## ВЫВОДЫ

1. У мужчин Европейского Севера, не занимающихся спортом, максимальные значения легочных объемов: дыхательного и минутного, жизненной и форсированной жизненной емкостей легких, резервного объема вдоха, и форсированного выдоха за полсекунды и секунду наблюдали в холодное время года (с ноября по апрель), минимальные – в теплое (с мая по сентябрь). Жизненная емкость легких у мужчин Европейского Севера, не занимающихся спортом, была выше индивидуально рассчитанной нормы с учетом пола, возраста, роста и массы тела на 12.8%, индекс Тиффно – меньше на 11.6%. Значения форсированной жизненной емкости легких и объема форсированного выдоха за первую секунду по отношению к индивидуальной норме имели волнообразную динамику: в холодное время года они были больше, соответственно на 4.7 и 6.0%, а в теплое – меньше на 6.9 и 5.2%.

2. У мужчин Европейского Севера, не занимающихся спортом, динамические характеристики: пиковая и мгновенные объемные скорости в момент выдоха 25 и 50% форсированной жизненной емкости легких по отношению к индивидуальной норме имели волнообразную динамику: превышая ее, соответственно на 6.2, 7.3 и 12.8% в холодное время года и были меньше на 4.7, 4.5 и 3.3% - в теплое. Мгновенная объемная скорость при выдохе 75% форсированной жизненной емкости легких и средняя объемная скорость выдоха в диапазоне 25-75 форсированной жизненной емкости легких у мужчин, в сравнении с индивидуальной нормой, всегда была выше, соответственно на 24.8 и 18.5%. Это свидетельствует о более глубокой адаптивной перестройке функции мелких бронхов, в сравнении со средними и крупными. Направленность адаптивных реакций дыхательной системы приводит к формированию динамической нормы показателей: с превышением значений обычно рекомендуемой нормы в холодное время года и уменьшением значений ниже нормы в теплое время, что необходимо учитывать при диагностике и лечении бронхо-легочных заболеваний.

3. У высококвалифицированных лыжников-гонщиков значения объемных характеристик функции внешнего дыхания (кроме минутного объема дыхания) больше на 12.2-16.8%, чем у мужчин-не спортсменов, проживающих в этом же регионе и больше, чем у жителей комфортного климата. У спортсменов



меньше на 9.7% выражен гипервентиляционный синдром, пиковые значения показателей наступают на два месяца раньше (в феврале), а комфортное состояние респираторной функции длится на месяц дольше (до октября), чем у не занимающихся спортом. Мужчины, не занимающиеся спортом, в холодное время года имеют форсированную жизненную емкость легких и объем форсированного выдоха за первую секунду больше нормы (на 4.7-6.0%), а в теплое время - меньше нормы (на 6.9-5.2%). Показатели у лыжников-гонщиков всегда превышают норму на 16.0-16.8%, что свидетельствует у них о более глубокой перестройке функции внешнего дыхания.

4. При дыхании на холоде у мужчин и женщин, жителей Европейского Севера, наиболее часто менялись динамические характеристики функции внешнего дыхания, объемные показатели оставались более стабильными. Дыхание холодным воздухом уменьшает у 91.3% мужчин и 85.0% женщин жизненную емкость легких (на 16.9 и 14.1%), увеличивает индекс Тиффно у мужчин. Уменьшение скорости воздушных потоков при дыхании холодным воздухом характерно для 83.5-100.0% мужчин и 60.0-80.0% женщин. Изменения функции внешнего дыхания у мужчин и женщин на холоде свидетельствуют об экстренном включении изоляционных и рестриктивных реакций дыхательных путей, позволяющих сохранить наиболее оптимальные условия кондиционирования низкотемпературного воздуха.

5. У мужчин Европейского Севера максимальное систолическое артериальное давление выявлено в ноябре, диастолическое – в феврале. Минимальные цифры систолического артериального давления зарегистрированы в июне, диастолического – в мае. Статистически значимая взаимосвязь между систолическим артериальным давлением и потреблением кислорода наблюдается у мужчин в годовом цикле при значениях коэффициента корреляции 0.310 ( $p < 0.001$ ).

6. У проживающих на Европейском Севере нормотензивных женщин трудоспособного возраста определена годовая вариабельность артериального давления с максимальным значением систолического в феврале и диастолического - в январе. Минимальные значения систолического артериального давления были характерны для июля, диастолического – для августа. Расхождение месяца пикового значения систолического артериального давления у мужчин (ноябрь) и женщин (февраль), связано, вероятно, как с разным температурным режимом в дни измерения показателя ( $-19.4 \pm 2.1^\circ\text{C}$  у мужчин в ноябре) и ( $-13.2 \pm 1.5^\circ\text{C}$  у женщин в феврале), работой мужчин на открытом воздухе, а женщин – в помещении и с существенно более частой (ежедневной) регистрацией показателя у женщин.

7. Индивидуальный анализ чувствительности к вариациям внешних факторов показал, что на атмосферную температуру реагируют до 88% женщин Европейского Севера, на геомагнитную активность - до 44%, на относительную влажность воздуха - до 24% и на величину атмосферного давления до 16%

женщин. Не метеочувствительными по систолическому артериальному давлению являются 8% женщин, по диастолическому – 24%. От 36 до 48% женщин реагирует сразу на два метеорологических показателя.

8. Систолическое и диастолическое артериальное давление у северян 20-59 лет выше, чем у жителей более комфортного климата в силу включения адаптивных механизмов к условиям Севера, совпадающих в большинстве случаев с механизмами формирования артериальной гипертензии. Динамика артериального давления в годовом цикле у мужчин и женщин свидетельствует о смене приоритетов его контроля в разное время года со стороны гуморально-гормональных регуляторов, вегетативной и центральной нервной систем, что необходимо учитывать при разработке критериев антигипертензивной терапии на основе годового тренда показателей.

9. В годовом цикле у практически здоровых женщин выявлено модулирующее влияние климатических факторов на показатели ЭКГ, так в холодное время обнаружены признаки гиперфункции предсердий и желудочков, изменения амплитуды зубца P, характерные для P-pulmonale не достигающие клинически значимых величин. Наибольшее влияние погодные факторы оказывали на амплитуду зубца P, динамика которой в зимний период была обусловлена комплексом адаптивных реакций, прежде всего, в респираторной системе. В зимний период, по сравнению с летним, параметры ЭКГ приближались к границе «патология» и могли служить фоном для возникновения пароксизмов. Электрокардиограмма может служить маркером влияния климата на сердечно-сосудистую систему жителей Севера.

10. У высококвалифицированных лыжников-гонщиков в годовом цикле индивидуальная частота пульса на пороге анаэробного обмена имеет дрейф в 5.5% и включает диапазон 70-85% максимальной частоты пульса. Увеличение частоты сердечных сокращений в зоне порога анаэробного обмена на 20% позволяет спортсмену выполнять более длительную нагрузку в аэробном режиме и увеличить ее мощность на 20%. Наиболее благоприятные значения кардиореспираторных показателей в зоне порога анаэробного обмена были в подготовительный период (теплое время года), а наименее – в соревновательный (холодное время года), что требует при занятии спортом учета погодноклиматических дрейфов, корректировки тренировочного процесса и восстановительных мероприятий.

11. Определены кардиореспираторные предикторы завершения теста с физической нагрузкой «до отказа» у лыжников-гонщиков. По сравнению с началом последней минуты нагрузки «до отказа», к концу минуты уменьшаются: дыхательный объем, коэффициент использования кислорода, сатурация крови. Респираторная функция и альвеолярная вентиляция становятся менее эффективными. У лиц, достигших максимального потребления кислорода предиктором прекращения нагрузки, может служить снижение его значения. У спортсменов, завершивших нагрузку на уровне пикового потребления кислорода

предикторами прекращения нагрузки, являются: отсутствие прироста кислородного пульса, уменьшение коэффициента использования кислорода до 30 мл/мин и ниже, падение сатурации крови на 10%, увеличение систолического артериального давления более 200 мм.рт.ст.

12. Годовая динамика кардиореспираторных показателей у жителей Европейского Севера позволяет определить периоды наибольшего и наименьшего напряжения функций, более целенаправленно планировать меры коррекции здоровья у человека в условиях Севера и служить базой для превентивной диагностики сердечно-сосудистых и легочных заболеваний и перехода к экологически адаптированной, персонализированной медицине. Сведения о динамике амплитудно–временных характеристиках ЭКГ в годовом цикле позволяют предложить новое направление «экологическая электрокардиология».

### Практические рекомендации

1. Для раннего выявления признаков обструктивных и рестриктивных нарушений функции внешнего дыхания, артериальной гипертензии, «легочного сердца» рекомендуется для жителей Севера и лиц, приезжающих на работу вахтовым методом, включение в перечень методов диспансеризации более углубленное исследование кардиореспираторной функции.

2. При назначении и оценке результатов проводимого лечения необходимо учитывать годовые циклы показателей сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

3. Планирование тренировочного процесса необходимо соотносить не только с календарем соревнований, но и с годовыми погодными-климатическими условиями.

### СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1.Parshukova, O.I. Nitric Oxide Production in Professional Skiers During Physical Activity at Maximum Load / O.I. Parshukova, **N.G. Varlamova**, E. Bojko // *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. -2020.-V.7.-Article 582021. **PubMed**.

2.**Varlamova, N. G.** Annual blood pressure dynamics and weather sensitivity in women / Т. А. Zenchenko, E. R. Boyko // *Terapevticheskiy Arkhiv*. - 2017. - V. 89. N12. - P. 56-63. **WOS, Scopus, PubMed, BAK**.

3.Zenchenko, T.A. Hemodynamic response characteristics of healthy people to changes in meteorological and geomagnetic factors in the North / T.A. Zenchenko, **N.G. Varlamova** // *Izvestiya. Atmospheric and oceanic physics*. - 2015. - V. 51. N 8.- P. 858-870. **WOS, Scopus, BAK**.

4.**Varlamova, N.G.**, Dynamic Characteristics of the External Respiratory Function in Young Male Residents of the North during the Annual Cycle / N.G.

Varlamova, V.G. Evdokimov, O.V. Rogachevskaya, E.R. Boiko // Human Physiology. - 2010. - V.36. N3. - P. 353-359. **Scopus, PubMed.**

5. **Varlamova, N.G.** External Respiration Function of Young Male Residents of Northern Europe during the Annual Cycle / N.G. Varlamova, V.G. Evdokimov, E.R. Boiko, T.I. Kochan, A.M. Kaneva, O.V. Rogachevskaya // Human Physiol. - 2008. - V. - 34. N 6. - P. 728-734. **Scopus, PubMed, ВАК.**

6. Bojko, E.P. The pituitary-thyroid axis and oxygen consumption parameters under the conditions of chronic cold exposure in the North / E.P. Bojko, V.G. Evdokimov, N.N. Potolitsyna, A.M. Kaneva, **N.G. Varlamova**, T.I. Kochan, N.A. Vakhnina, V.D. Shadrina, Yu.G. Solonin, T.P. Loginova, T.V. Eseva, O.A. Ketkina, O.V. Rogachevskaya, A.Yu. Lyudinina, A.Yu. Loginov // Human Physiology. - 2008. - T. 34. № 2. - С. 215-220. **Scopus, PubMed.**

7. **Варламова, Н.Г.** Оценка внешнего дыхания у девушек и женщин Европейского Севера / Н.Г. Варламова, В.Г. Евдокимов // Гигиена и санитария. - 2008. - № 1. - С. 16-19. **Scopus, PubMed, ВАК**

8. Бойко, Е.Р. Сезонные аспекты оксидативного стресса у человека в условиях Севера / Е.Р. Бойко, В.Г. Евдокимов, Н.А. Вахнина, В.Д. Шадрина, Н.Н. Потолицына, **Н.Г. Варламова**, Т.И. Кочан, А.М. Канева, Ю.Г. Солонин, Т.П. Логинова, Т.В. Есева, О.А. Кеткина, О.В. Рогачевская, А.Ю. Людинина // Авиакосмическая и экологическая медицина. - 2007. - Т. 41. № 3. - С. 44-47. **Scopus, ВАК.**

9. **Варламова, Н.Г.** Изменение параметров электрокардиограммы у мужчин Европейского Севера как маркер влияния климата и возраста / **Н.Г. Варламова**, В.Г. Евдокимов // Физиология человека. - 2002. - Т. 28. № 6. С. 109-114. **PubMed, ВАК.**

10. Есева, Т.В. Компьютерная модель представления результатов обследования по тренировочным зонам у лыжников-гонщиков / Т.В. Есева, **Н.Г., Варламова**, Т.П. Логинова, Н.Н. Потолицына, Е.Р. Бойко // Известия Коми научного центра УрО РАН. - 2018. - № 4 (36). - С. 25-30. **ВАК** (03.03.01 – физиология).

11. **Варламова, Н.Г.** Динамика порога анаэробного обмена у лыжников – гонщиков в годовом тренировочном цикле / Н.Г. Варламова, Т.П. Логинова, И.О. Гарнов, Н.Н. Тимофеев, Е.Р. Бойко // Спортивная медицина: наука и практика. – 2017. – Т. 7. № 4. С. 19-24. **ВАК.** (03.03.01 – физиология).

12. **Варламова, Н.Г.** Особенности функции внешнего дыхания у северян в годовом цикле / Н.Г. Варламова, Е.Р. Бойко // Морская медицина. - 2017. - Т. 3. № 3. - С. 43-49. **ВАК.** (03.03.01 – физиология).

13. **Варламова, Н.Г.** Кардиореспираторные предикторы завершения теста с максимальной нагрузкой у высококвалифицированных лыжников – гонщиков / Н.Г. Варламова, Т.П. Логинова, Н.А. Мартынов, А.А. Черных, И.А. Расторгуев, И.О. Гарнов, В.Е. Ларина, Е.Р. Бойко // Спортивная медицина: наука и практика. - 2015. - № 2. - С. 53-60. **ВАК.** (03.03.01 – физиология).

14. **Варламова, Н.Г.** Функция внешнего дыхания у юношей и девушек в тепле и на холоде / Н.Г. Варламова, О.В. Рогачевская, Е.Р. Бойко // Известия Коми научного центра УрО РАН. -2014.-Вып. 2(18). -С. 50-54. **ВАК.** (03.03.01 – физиология).

15. **Варламова, Н.Г.** Артериальное давление у мужчин и женщин Севера / Н.Г. Варламова // Известия Коми научного центра УрО РАН. - 2011. - № 4 (8). - С. 52-55. **ВАК.** (03.03.01 – физиология).

#### **Патенты и авторские свидетельства**

16. Есева, Т.В. Максимальный кардиореспираторный тест у спортсменов в годовом цикле тренировочного процесса / Т.В. Есева, **Н.Г. Варламова**, Т.П. Логинова, И.О. Гарнов, Е.Р. Бойко // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020621681, 15.09.2020.

17. **Варламова, Н.Г.** Годовой цикл артериального давления и частоты сердечных сокращений у женщин 20-59 лет Европейского Севера / Н.Г. Варламова // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2016621084, 05.08.2016.

18. **Бойко, Е.Р.** Форма выдачи результатов обследования спортсменов на системе Охусон Pro при тестировании «до отказа» / Е.Р. Бойко, **Н.Г. Варламова**, Т.П. Логинова, Т.В. Есева, А.В. Евдокимов // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2015661690, 03.11.2015.

19. **Варламова, Н.Г.** Годовой цикл показателей функции внешнего дыхания у человека / Н.Г. Варламова // Свидетельство о государственной регистрации базы данных. - М., 2013. - №2013620749.

20. **Варламова, Н.Г.** Диагностическая программа «Легочное сердце» / Н.Г. Варламова, В.Г. Евдокимов, А.Е. Попов, А.В. Евдокимов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012614569, 22.05.2012.

21. **Варламова, Н.Г.** Способ электрокардиографической диагностики легочного сердца / Н.Г. Варламова, В.Г. Евдокимов // Патент на изобретение RU 2206263 С2, 20.06.2003.

#### **Монографии**

22. Бойко, Е.Р. Физиолого-биохимические механизмы обеспечения спортивной деятельности зимних циклических видов спорта / Е.Р. Бойко, Т.П. Логинова, **Н.Г. Варламова**, А.Л. Марков, Ю.Г. Солонин, Б.Ф. Дерновой, О.И. Паршукова, Н.П. Монгалев, А.Ю. Людина, Н.Н. Потолицына, Т.В. Есева, И.О. Гарнов, А.И. Ветров, А.В. Нутрихин, А.А. Черных, В.И. Прошева, А.В. Ватлин, Л.Ю. Рубцова, А.В. Кучин, Д.Ценке и др. - Министерство науки и высшего образования РФ, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки, Федеральный исследовательский центр Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук, институт физиологии. - Сыктывкар, 2019. – 256 с.

23. **Варламова, Н.Г.** Функция внешнего дыхания у юношей и девушек в тепле и на холоде / Н.Г. Варламова, О.В. Рогачевская, В.Г. Евдокимов //

Монография «Адаптация человека к экологическим и социальным условиям Севера» / Отв. ред. Е.Р. Бойко. - Сыктывкар: Изд-во УрО РАН, 2010.-С. 148-153.

24. **Варламова, Н.Г.** Функция респираторной системы мужчин в условиях Севера / Н.Г. Варламова // Монография «Сезонная динамика физиологических функций у человека на Севере» / Под ред. Бо5

25. **Варламова, Н.Г.** Функция внешнего дыхания у военнослужащих на Севере / Н.Г. Варламова // Монография «Метаболическое обеспечение годового цикла адаптивных реакций сердечно-сосудистой и дыхательной систем у военнослужащих в условиях Севера» / Отв. ред. Е.Р. Бойко. Сыктывкар: Изд-во УрО РАН, 2007. С. 16-45.

### Список сокращений и условных обозначений

%ПК от МПК – процент потребления кислорода от максимального потребления кислорода

N – мощность нагрузки, Вт

r - коэффициент корреляции

АД – артериальное давление, мм рт. ст.

ВУГ – выделение углекислого газа, л/мин

ДАД - диастолическое артериальное давление, мм рт.ст.

ДК – дыхательный коэффициент

ДО - дыхательный объем, л

ЖЕЛ – жизненная емкость легких - разница между объемами воздуха в легких при полном вдохе и полном выдохе, л

КИО2 – коэффициент использования кислорода, мл

КП - кислородный пульс, мл/удар

ЛС – легочное сердце

МОД – минутный объем дыхания (ДОхЧД), л/мин

МОС25 – мгновенная объемная скорость в момент выдоха 25% ФЖЕЛ, л/с

МОС50 – мгновенная объемная скорость в момент выдоха 50% ФЖЕЛ, л/с

МОС75 – мгновенная объемная скорость в момент выдоха 75% ФЖЕЛ, л/с

МПК – максимальное потребление кислорода, л/мин

МПК/кг - МПК на килограмм массы тела, мл/мин/кг

ОПСС – общее периферическое сопротивление сосудов

ОФВ0.5– объем форсированного выдоха за первые 0.5 секунды, л

ОФВ1 – объем форсированного выдоха за первую секунду, л

ПАНО – порог анаэробного обмена

ПК - потребление кислорода, л/мин

ПОС – пиковая объемная скорость – максимальная скорость потока воздуха, достигаемая в процессе форсированного выдоха, л/с

Ратм – атмосферное давление, мм рт.ст.

Р<sub>Овд</sub> – резервный объем вдоха – максимальный объем, который можно дополнительно вдохнуть после спокойного вдоха, л  
Р<sub>Овыд</sub> – резервный объем выдоха – максимальный объем, который можно дополнительно выдохнуть после спокойного выдоха, л  
САД – систолическое артериальное давление, мм рт.ст.  
СОД – супероксиддисмутаза  
СОС25-75 – средняя объемная скорость выдоха, определяемая в процессе выдоха от 25 до 75% ФЖЕЛ, л/с  
ФВД – функция внешнего дыхания  
ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких – разница между объемами воздуха в легких в точках начала и конца маневра, л  
ЧД – частота дыхания, количество вдохов (или выдохов) в минуту, 1/мин  
ЧСС – частота сердечных сокращений, уд/мин  
ЧСС<sub>р</sub> – расчетная частота сердечных сокращений, уд/мин  
ЭКГ – электрокардиограмма

Подписано в печать 29.01.2021  
Компьютерный набор. Гарнитура Times New Roman. Формат 60x90<sup>1/16</sup>.  
Бум. IQ allround. Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 2.0.  
Тираж 100. Заказ 149.

Информационно-издательский отдел  
Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения  
Российской академии наук Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный  
центр Уральского отделения Российской академии наук»  
(ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН).  
Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, 167982,  
г. Сыктывкар, ул.Первомайская, д.50