

*На правах рукописи*

БРАГИН МИХАИЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ  
СПОРТСМЕНА В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

3.1.33 – «Восстановительная медицина, спортивная медицина,  
лечебная физкультура, курортология и физиотерапия»

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Москва-2021

Работа выполнена в ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России

### **Научные руководители:**

Главный научный сотрудник ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, доктор медицинских наук, профессор **Разинкин Сергей Михайлович**

Генеральный директор ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, чл.-корр. РАН, доктор медицинских наук, профессор **Самойлов Александр Сергеевич**

### **Официальные оппоненты:**

Профессор кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры Российского научно-исследовательского медицинского университета имени Пирогова (РНИМУ) доктор медицинских наук **Курашвили Владимир Алексеевич**

Первый заместитель директора ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ», доктор медицинских наук **Орджоникидзе Зураб Гивиевич**

**Ведущая организация:** ФГБУН Государственный научный центр Российской Федерации Институт медико-биологических проблем Российской академии наук (ГНЦ РФ – ИМБП РАН)

Защита диссертации состоится «30» ноября 2021 г. в 12.00 на заседании диссертационного совета 21.1.037.01 в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России по адресу: 121069, Москва, ул. Борисоглебский пер., 9, стр.1

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России по адресу: 121069, Москва, ул. Борисоглебский пер., 9, стр.1 и на сайте <http://www.nmicrk.ru>

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

Учёный секретарь диссертационного совета:

кандидат медицинских наук

**Стяжкина Елена Михайловна**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность и степень разработанности темы исследования.

Оптимизация функционального состояния спортсмена при работе в неблагоприятных климатических условиях регионов проведения соревнований, особенно при действии высокой температуры, является неотъемлемым звеном системы обеспечения максимальной результативности спортсмена на соревнованиях (Уйба В.В., и др., 2014, 2015, Мирошникова Ю.В., и др. 2015, Яшина Е.Р., и др. 2016, Абрамова Т.Ф., и др. 2017). Проблема нашла свое отражение в ряде работ, имеющих как общетеоретическое, так и практическое значение (Поляев Б.А., и др. 2008, Разумов А.Н., и др. 2011, 2017, Бадтиева В.А., и др. 2016, Бобровницкий И.П., и др. 2019).

Учитывая транснациональный характер спорта высших достижений, следует отметить, что реализация профессионально важных качеств разных спортсменов высокой квалификации, при практически сходных параметрах их физического состояния, зависит от ряда независимых факторов, включая такие, как климатогеографические параметры мест проведения спортивных состязаний, зависит от высоты над уровнем моря, от температуры, влажности, скорости ветра (Португалов С.Н., и др. 2013, Загородный Г.М., и др. 2016, Самойлов А.С. и др., 2016, 2018).

Функциональное состояние спортсмена напрямую зависит от внешней температуры, продолжительности времени воздействия и исходного уровня здоровья организма. При перегревании появляется избыточное теплосодержание что приводит к изменению теплового баланса в организме (Ажаев А.Н. 1979, 1988, Брюк К. 2017, Racinais S. et al. 2020), нарушается водно-солевой обмен, появляется дегидратация организма и это сопровождается ухудшением работы разных систем организма, в том числе психофизиологических функций (Кошечев В.С., и др. 1986, Коц Я.М. 1998, Солодков А.С., и др. 2018).

Под действием гипертермии вышеописанные функциональные нарушения негативно влияют на показатели спортсменов, в первую очередь на результативность (Аталиев Я.А., и др. 2009, Панина Н.Г. 2010, Разинкин С.М. и др., 2017, 2018).

В последнее время крупнейшие спортивные мероприятия проводятся преимущественно в развивающихся странах, расположенных вблизи экватора. По этой причине организм

спортсменов подвергается нехарактерным воздействиям повышенных температур, даже патологического характера (Иорданская Ф.А., и др. 2018, С.L. Benjamin et al. 2019). Так, например, в 2014 году был остановлен Австралийский кубок по теннису из-за появления признаков солнечного удара у некоторых спортсменов.

Чемпионат мира по футболу в Бразилии приостанавливался для принятия дополнительных мер по охлаждению спортсменов и восстановлению водно-солевого баланса при температуре воздуха выше 39°C (Nassis G. P. et al. 2015). Поэтому при соревнованиях в условиях высоких температур приоритетное значение должно уделяться первичной профилактике перегревания (Меерсон Ф.З., и др. 1981, Парастаев С.А., и др. 2017, S.T. Tebeck et al. 2019).

В то же время, в литературе отсутствуют данные о комплексной оценке теплового состояния спортсмена во время выполнения интенсивной физической нагрузки. Нет критериев, по которым оценивается тепловое состояние спортсменов. Вышеизложенное служит основанием для проведения настоящих исследований.

**Цель исследования.** Разработка и научное обоснование методики оценки теплового состояния спортсмена при выполнении физической нагрузки в условиях жаркого и влажного климата.

#### **Задачи исследования**

1. Определить наиболее значимые факторы, оказывающие негативное влияние на общее состояние и физическую работоспособность спортсменов сборных команд Российской Федерации по летним видам спорта в условиях высоких температур.

2. Определить влияние различных температурных условий на физическую работоспособность спортсменов во время нагрузочного тестирования на беговой дорожке со ступенчато возрастающей нагрузкой «до отказа»

3. Оценить информативность и прогностическую значимость показателей теплового состояния спортсменов при нагрузке в условиях высоких температур в полунатурных исследованиях.

4. Разработать интегральный показатель теплового состояния спортсмена, включающий в себя средневзвешенную температуру кожи, среднюю температуру тела, уровень теплоощущений и частоту сердечных сокращений.

5. Определить информативность интегрального показателя

теплого состояния спортсмена при использовании средств коррекции (специальная охлаждающая жидкость и вода) в условиях воздействия высоких температур.

### **Научная новизна исследования**

1. Впервые установлено негативное влияние климатических факторов, таких как высокая температура, влажность воздуха, интенсивная инсоляция, ветер и осадки на общее состояние и работоспособность спортсменов.

2. Впервые показана степень влияния разных условий высоких температур на показатели физической работоспособности спортсменов при проведении нагрузочного тестирования «до отказа». Установлено что с ростом температуры воздуха увеличивается негативное действие на физическую работоспособность спортсмена, что выражается в существенном снижении времени нагрузки и максимального потребления кислорода.

3. Впервые в спорте высших достижений в результате проведения комплексной оценки теплового состояния спортсмена во время нагрузки "до отказа" в условиях жаркого и влажного климата показано увеличение показателей ректальной температуры и средневзвешенной температуры кожи, что приводит к ухудшению теплового состояния спортсменов.

4. Разработан интегральный показатель теплового состояния спортсмена, позволяющий отображать величину тепловой нагрузки, соответствующей степени теплового дискомфорта для оценки уровня адаптированности спортсмена в процессе тренировочно-соревновательной деятельности в условиях жаркого и влажного климата.

5. Разработан метод коррекции теплового состояния спортсменов с применением специальной охлаждающей жидкости, позволяющий существенно снизить средневзвешенную температуру кожи, ректальную температуру, частоту сердечных сокращений и интегральный показатель теплового состояния.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Теоретическая значимость исследования заключается в расширении представлений об изменении теплового состояния спортсменов при выполнении физической нагрузки в условиях высоких температур.

Для внедрения в практику спортивной медицины разработана

методика оценки теплового состояния спортсмена, позволяющая прогнозировать степень отягощающего действия высоких температур на уровень физической работоспособности и успешность выполнения профессиональной деятельности спортсменами различных видов спорта, а также определить эффективность методов и средств коррекции теплового состояния в условиях высоких температур.

Применение интегрального показателя теплового состояния спортсмена в условиях высоких температур позволяет отображать величину тепловой нагрузки оценить уровень адаптированности спортсмена для коррекции тренировочного плана.

Применение специальной охлаждающей жидкости с целью коррекции теплового состояния спортсменов при нагрузке в условиях высоких температур позволяет снизить степень теплового дискомфорта.

### **Методология и методы исследования**

Предварительная работа включала изучение, анализ и систематизацию имеющихся литературных данных о подходах к оценке теплового состояния в спорте высших достижений, об адаптации спортсменов к условиям воздействия высоких температур.

Работа является исследованием, в котором приняли участие 190 спортсменов, с разрядом не ниже 1-го взрослого. Обследование спортсменов проводилось с применением медико-биологических методов исследования, апробированных в области спорта. Изучалось состояние адаптационных и функциональных резервов спортсменов в условиях жаркого климата. Достоверность результатов подтверждена использованием методов математической статистики.

В ходе исследования применялись клинические, инструментальные, лабораторные и статистические методы. Исследование проводилось в соответствии с Законодательством Российской Федерации и Международными этическими принципами Хельсинской Декларации. Перед началом исследования каждый спортсмен подписывал форму информированного согласия.

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

1. Комплекс климатических факторов, оказывающих негативное влияние на субъективную оценку общего состояния и физической работоспособности спортсменов, включает в себя высокую температуру (более 30°C) и влажность воздуха (более 70%),

интенсивную инсоляцию (прямые солнечные лучи), ветер (более 10 м/с), а также наличие осадков (дождь и снег), степень негативного влияния которых зависит от места проведения соревновательной деятельности (закрытые или открытые игровые площадки).

2. Проведение нагрузочного тестирования «до отказа» в условиях возрастающей гипертермии (температура воздуха от 28-29°C до 38-39°C, влажность 75%) приводит к прогрессивному снижению времени нагрузки и показателя максимального потребления кислорода у спортсменов по сравнению с условиями нормотермии (температура 22°C, влажность 35%), что необходимо учитывать при составлении регламента проведения тренировочно-соревновательной деятельности в условиях жаркого и влажного климата.

3. Интегральный показатель теплового состояния спортсмена, учитывающий уровень теплоощущений, частоту сердечных сокращений, средневзвешенную температуру кожи и среднюю температуру тела, отображает степень тепловой нагрузки, а также информацию о текущем тепловом состоянии спортсмена с целью оценки уровня его адаптированности.

### **Степень достоверности и апробация результатов работы**

Степень достоверности полученных данных основана на анализе большого объема исследований 190 спортсменов различных видов спорта, со спортивным разрядом не ниже 1-ого взрослого. В диссертационной работе использовались современные методы исследования и статистической обработки данных. Диссертация апробирована на совместном заседании Лаборатории экспериментальной спортивной медицины и Кафедры восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии, сестринского дела с курсом спортивной медицины ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им А.И. Бурназяна ФМБА России, протокол № 1 от 17.06.2021 г.

Материалы диссертации были доложены и обсуждены на XI всероссийском форуме «Здоровье нации - основа процветания России», Москва, 2017 г.; II Всероссийской научно-практической конференции по вопросам спортивной науки в детско-юношеском и адаптивном спорте, Москва, 2017 г.; школе-конференции молодых ученых с международным участием «Ильинские чтения», Москва, 2018 г.; XIV международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших

достижений "Спортмед-2019", Москва, 2019 г.; школе-конференции молодых ученых и специалистов «Ильинские чтения», Москва, 2020 г.

### **Личное вклад автора**

Личный вклад автора заключается в непосредственном участии на всех этапах планирования и выполнения диссертационной работы. Цели и задачи исследования были сформулированы совместно с научными руководителями, исходя из которых был разработан дизайн исследования. Автором лично проведен сбор и анализ публикаций по теме исследования на основании российских и зарубежных баз данных. В ходе реализации исследования Автор участвовал в обследовании спортсменов, проводил оценку теплового состояния, анализировал и описывал результаты проведенных исследований.

### **Внедрение результатов в практику**

Технологии оценки теплового состояния спортсменов внедрены в практическую деятельность сборной команды России по гребному спорту, реализованы в образовательных программах кафедры восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии, сестринского дела с курсом спортивной медицины Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

### **Публикации**

По теме диссертации опубликовано 12 печатных работ, в том числе 1 статья в журнале, входящем в международную базу данных SCOPUS, 5 статей в рецензируемых научных журналах, утвержденных ВАК Минобрнауки и науки; издана 1 коллективная монография.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация изложена в соответствии с существующими требованиями на 124 страницах компьютерного текста и включает введение, обзор литературы, описание материалов и методов исследования, результаты исследований, заключение, выводы, практические рекомендации, список сокращений и список литературы. В диссертации представлено 9 таблиц, 48 рисунков. В списке литературы содержится 162 источника, включающих 107 отечественных и 55 иностранных публикации.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**



## Материалы и методы исследования

Для решения задач работы были проведены исследования, с привлечением 190 спортсменов, мужчин женщин, со спортивным разрядом от 1-го взрослого до МСМК, возраст от 17 до 37 лет, средний возраст  $22,5 \pm 0,7$  года. Этапы 2, 3, 4 проведены на базе Центра спортивной медицины и реабилитации ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России в климатической комнате (термокамере) с искусственно созданными полунатурных условиях климата.

Работа выполнялась в четыре этапа. **На первом этапе** проведено анкетирование 150 спортсменов, занимающихся легкой атлетикой ( $n = 62$ ), академической греблей ( $n = 37$ ), гребным слаломом ( $n = 8$ ), тхэквондо ( $n = 19$ ), мини-футболом ( $n = 7$ ) и гандболом ( $n = 26$ ) в возрасте от 18 до 37 лет, средний возраст  $22,7 \pm 0,4$  года, мужского и женского пола со спортивным разрядом от 1-ого взрослого до МСМК. Целью являлась оценка влияния климатических условий на функциональное состояние спортсменов.

**На втором этапе** проведено исследование влияния различных температурных условий на физическую работоспособность спортсменов при тестировании на тредмиле с нарастающей нагрузкой «до отказа». Работу проводили в 4 подэтапа в условиях нормотермии (температура –  $22^{\circ}\text{C}$ , влажность – 35%), умеренной гипертермии (температура –  $28-29^{\circ}\text{C}$ , влажность – 75%), средней гипертермии (температура –  $33-34^{\circ}\text{C}$ , влажность – 75%) и высокой гипертермии (температура –  $38-39^{\circ}\text{C}$ , влажность – 75%).

**На третьем этапе** определялась индивидуальная переносимость спортсменами физической нагрузки и оценку уровня теплового состояния при беге «до отказа» на тредмиле в условиях средней гипертермии. В ходе исследования был разработан интегральный показатель теплового состояния спортсменов. По результатам фонового обследования спортсмены, имеющие схожие показатели времени переносимости нагрузки, времени наступления ПАНО и МПК были распределены в группу для прохождения 4 этапа исследования.

**На четвёртом этапе** оценивалась эффективность методики оценки теплового состояния спортсменов при использовании средств коррекции (специальной охлаждающей жидкости и воды). В данном этапе было 7 подэтапов, включавших нагрузку в условиях нормотермии, средней гипертермии и 5 этапов при средней

гипертермии с использованием различных вариантов средств коррекции.

### **Методы исследования**

1. Оценка параметров физической работоспособности путем эргоспирометрического нагрузочного тестирования на тредмиле T-ergoPro (Голландия) с использованием 7-ми и 8-ми ступенчатых протоколов нагрузки «до отказа» с системой анализа газового состава воздуха «QuarkCRET» (Космед, Италия) и электрокардиографа Quark12X (Германия). Регистрировался стандартный перечень кардиоэргоспирометрических показателей.

2. Тестирование проводилось в климатической комнате («Physiomed», Германия). Моделировались условия нормотермии и 3 варианта гипертермии.

3. Тепловое состояние спортсменов оценивалось с помощью регистрации ректальной температуры и средневзвешенной температуры кожи термохронами «Ibutton» модификации DS1922L-F53. Субъективные теплоощущения оценивались по шкале от 0 до 4 баллов. Регистрации частоты сердечных сокращений проводилась с помощью носимой системы «Polar».

4. Общие (литры) и эффективные (%) влагопотери оценивались на медицинских весах повышенной точности.

5. В качестве методов коррекции теплового состояния спортсмена применялась специальная охлаждающая жидкость 4 способами. Состав: вода, спирт денатурированный, ПЭГ-7 глицерил кокоат, ментол, камфора. Также, использовалась вода.

6. Статистический анализ выполнен в программах STATISTICA и EXCEL с использованием параметрических и непараметрических методов. Количественные данные, оценивались параметрическим методом математической статистики с использованием критерия Стьюдента. В главах 3.3–3.4 использовался непараметрический метод оценки для двух связанных выборок по T-критерию Вилкоксона. Выявленные связи и различия являлись достоверными, при достижении статистической значимости  $p < 0,05$ .

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

#### **Влияние климатических условий на функциональное состояние спортсменов**

При анализе таблицы 1 использовались средние значения

фактора выше 5,5 баллов.

Таблица 1

**Влияние климатических факторов на функциональное состояние спортсменов во время проведения соревнований по данным субъективных опросников (баллы, n = 150)**

№ п/п	Климатические условия во время проведения соревнований	Легкая атлетика (n=62)	Академическая Гребля (n=37)	Гребной слалом (n=8)	Тхэквондо (n=10)	Минифутбол (n=7)	Гандбол (n=26)
1	Высокая температура воздуха (более 30°C)	5,6±0,4	5,8±0,5	2,4±0,7	5,2±1,0	6,3±0,9	5,3±0,6
2	Высокая влажность воздуха (более 70%)	5,7±0,4	6,2±0,4	4,6±1,1	4,7±0,9	6,6±0,8	5,0±0,5
3	Интенсивная инсоляция (прямые солнечные лучи)	5,6±0,4	5,7±0,4	3,3±0,7	4,6±1,0	6,1±1,0	6,0±0,7
4	Ветер (более 10 м/с)	5,7±0,4	6,3±0,5	7,1±1,0	3,2±0,9	4,6±1,2	3,8±0,6
5	Осадки (дождь и снег)	5,7±0,4	5,6±0,5	5,4±0,8	3,1±0,9	4,0±1,2	3,8±0,6
6	Высокая температура предметов на месте проведения соревнований (нагревание беговой дорожки, инвентаря и др.)	4,5±0,3	4,6±0,5	2,8±0,6	3,7±0,9	4,9±1,2	4,4±0,7

В результате, у сборных по лёгкой атлетике и академической гребле пять факторов (высокая температура воздуха, высокая влажность воздуха, интенсивная инсоляция, ветер, осадки) имели среднее значение от 5,6±0,4 до 6,3±0,5 баллов. Фактор высокой температуры предметов на месте проведения соревнований не был оценен спортсменами как значимый, со средними значениями от 2,8±0,6 до 4,9±1,2 баллов. Спортсмены гребного слалома высоко оценивали влияние ветра, на 7,1±1,0 баллов, данный фактор является специфичным, так как при порывистом и шквалистом ветре могут остановить соревнования.

Обращает на себя внимание, что спортсмены сборных по мини-футболу, играющие на закрытых площадках, называли значимым влияние высокой температуры воздуха ( $6,3 \pm 0,9$  б), высокой влажности воздуха ( $6,6 \pm 0,8$  б) и интенсивной инсоляции ( $6,1 \pm 1,0$  б) несмотря на то, что в местах проведения соревнований поддерживается средняя температура воздуха  $19-22^\circ\text{C}$ . Это свидетельствует о том, что, часть тренировок проводится на открытом воздухе и у неподготовленных к условиям жаркого и влажного климата спортсменов возникает негативное восприятие вышеперечисленных факторов.

Таким образом, для видов спорта, соревнования по которым проводятся на воздухе (легкая атлетика, академическая гребля), значимыми являются такие климатические факторы, как высокая температура воздуха, высокая влажность воздуха, интенсивная инсоляция, ветер, осадки со средним значением от  $5,6 \pm 0,4$  до  $6,3 \pm 0,5$  баллов.

### **Влияние климатических условий на физическую работоспособность спортсменов**

Анализ полученных данных (таблица 2), свидетельствует, что температура  $28-29^\circ\text{C}$  и выше приводят к снижению показателей физической работоспособности и увеличению цены выполняемой нагрузки, а именно:

- время переносимости нагрузки достоверно ( $p < 0,05$ ) по сравнению с фоном снизилось на 5,5% при температуре  $33-34^\circ\text{C}$  и на 14% при температуре  $38-39^\circ\text{C}$ ;

- время наступления ПАНО достоверно ( $p < 0,05$ ) снизилось на 9% при температуре тестирования  $33-34^\circ\text{C}$  и на 8,6% при температуре тестирования  $28-29^\circ\text{C}$ ;

- МПК достоверно ( $p < 0,05$ ) снижалось по сравнению с фоном во все дни исследования на 9%, 13% и 17%, соответственно. Как видно, наибольшее снижение МПК, получено при температуре  $39^\circ\text{C}$  – на 17%;

Таблица 2

**Показатели нагрузочного тестирования футболистов при беге  
«до отказа» в четырёх климатических условиях (n=15)**

Показатель	Климатические условия			
	Т <sub>возд.</sub> , °С; Влажность, %			
	22°С; 35%	28-29°С; 75%	33-34°С; 75%	38-39°С; 75%
Время нагрузки, сек	751,85±15,14	745,69±15,48	711,54±13,76*	647,23±12,82*
Время АТ (ПАНО), сек	587,23±13,98	536,77±13,69*	534,31±16,91*	562,23±17,20
МПК, мл/мин/ кг	49,12±1,39	44,73±1,38*	42,74±1,06*	40,90±0,99*
V'O <sub>2</sub> (ПАНО), мл/(мин/кг)	42,81±1,48	39,96±1,58	37,35±0,98*	37,81±1,30*
V'CO <sub>2</sub> max, мл/мин/кг	64,46±1,76	55,96±1,90*	57,05±1,75*	41,83±1,41*
ЧСС покоя, уд/мин	80,31±3,71	82,00±3,08	81,85±3,85	93,23±5,82*
ЧСС (ПАНО), уд/мин	173,31±2,13	168,77±3,17	170,08±3,66	181,31±3,04*
ЧСС макс, уд/мин	190,85±1,84	192,00±2,67	190,38±1,96	194,00±2,50
ЧСС восст, уд/мин	126,69±3,07	134,92±2,90	137,92±3,84*	150,23±4,39*
V'E макс, л/мин	145,73±4,44	144,29±5,43	143,21±5,97	126,44±11,50
ЧД макс, в мин	50,98±2,58	46,48±2,77*	47,49±2,65	48,86±3,77
Лактат перед тестом, ммоль/л	1,28±0,09	1,34±0,06	1,52±0,17	1,31±0,12
Лактат после теста, ммоль/л	10,20±0,35	10,17±0,37	9,43±0,67	9,32±0,71
Rmax, отн.ед.	1,35±0,01	1,35±0,04	1,38±0,02	1,12±0,02*
V'O <sub>2</sub> покой, мл/мин	445,23±19,93	376,08±15,21*	346,23±14,35*	389,77±16,88*
V'CO <sub>2</sub> покой, мл/мин	402,31±18,79	351,77±11,12*	321,23±14,30*	312,62±16,20*
V'E покой, л/мин	14,20±0,77	13,92±0,50	13,26±0,68*	14,15±0,75
ЧД покой, в мин	17,64±1,17	16,65±0,77	16,52±1,01*	15,60±0,86*

Примечание: \* p<0,05 значения достоверны к фону - комфортные климатические условия (температура – 22°С, влажность – 35%)

Таким образом для дальнейших этапов исследований отобран климатический режим со средней гипертермией 33-34°C со снижением времени выполнения нагрузки на 5,5% при повышении у 20% спортсменов, МПК на 13%. Так как, на режиме с умеренной гипертермией 28-29°C у 33% спортсменов увеличивается время выполнения нагрузки, у 13% увеличивается МПК. На режиме с выраженной гипертермией 38-39°C наблюдаются значительное снижение времени выполнения нагрузки на 14%, МПК на 17%.

### **Влияние климатических условий на функциональное состояние спортсменов**

В интегральный показатель вошли параметры, доступные для измерения во время сборов и соревнований и для измерения ректальной температуры тела без привязки к термостанции использовались термохроны. Вошедшие показатели: средневзвешенная температура кожи (°C) (по 5 точкам: лоб, грудь, рука, спина, нога), средняя температура тела (°C), теплоощущения (ТО, баллы), частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин). Также для расчета используются следующие показатели: вес (кг), рост (см), величина нагрузки (ватт).

1. На первом этапе до нагрузки в условиях высоких температур производится замер роста и веса, по данным веса и роста рассчитывается показатель площадь поверхности тела по формуле 1:

$$S = 0.0167 \sqrt{\text{ВЕС (кг)} \cdot \text{РОСТ (см)}} \quad (1)$$

1.2 Далее рассчитывается показатель удельной теплопродукции (формула 2):

$$\text{Показатель удельной теплопродукции} = \frac{M}{S} \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right) \quad (2)$$

1.3 Далее регистрируется температура кожи в 5 участках: лоб, рука, грудь, спина и нога. С помощью полученных данных будет рассчитана средневзвешенная температура кожи (СВТК). После регистрации и вывода температурных значений полученные показатели вставляются в формулу (3):

$$\text{СВТК} = (T_{\text{ЛОБ}} \cdot 0,05) + (T_{\text{РУКА}} \cdot 0,22) + (T_{\text{ГРУДЬ}} \cdot 0,18) + (T_{\text{СПИНА}} \cdot 0,18) + (T_{\text{НОГА}} \cdot 0,37) \quad (3)$$

1.4 Далее для расчёта средней температура тела (СТТ) производится регистрация ректальной температуры спортсмена. Полученные данные вводятся в формулу (4):

$$\text{СТТ} = T_p - 0.1 \cdot e^{-0,01 \frac{M}{S}} \cdot (T_p - \text{СВТК})^{0,67} \quad (4)$$

2. На втором этапе рассчитанные показатели переводятся в балльную оценку тепловых состояний и записываются данные

субъективных теплоощущений спортсмена.

2.1 Тепловое состояние (ТС) от СВТК (формула 5):

$$\text{ТС от СВТК} = -156,4(38 - \text{СВТК})^{0,01} + 0,009 \frac{M}{S} - 2,8 \left( \frac{34 - \text{СВТК}}{7 + 0,06 \frac{M}{S}} \right)^{2,47} + 158,15 \quad (5)$$

2.2 Тепловое состояние (ТС) от СТТ (формула 6):

$$\text{ТС от СТТ} = 0,0173(\text{СТТ} - 26,1)^{2,5} - 6,0 \quad (6)$$

2.3 Тепловое состояние (ТС) от ЧСС (формула 7):

$$\text{ТС от ЧСС} = 6,45 \cdot \ln \left( \frac{\text{ЧСС} + 0,001 \left( \frac{M}{S} \right)^2 - 0,65 \frac{M}{S} + 30}{70} \right) \quad (7)$$

2.4 Теплоощущения (ТО) – субъективная оценка ощущений у человека, создающихся при воздействии факторов, влияющих на его тепловое состояние (температура, влажность, движение воздуха). Данный показатель выражается в баллах, где 0 – комфорт, 1 – тепло, 2 – жарко, 3 – очень жарко, 4 – непереносимо жарко.

3. На третьем этапе для расчёта интегрального показателя теплового состояния (ИПТС) рассчитанные выше показатели подставляются в формулу (8).

$$\text{ИПТС} = \frac{\left( \frac{\text{ТС от СВТК} + \text{ТС от СТТ} + \text{ТС от ЧСС}}{3} \right) + \text{ТО}}{2} \quad (8)$$

Оценка ИПТС укладывается в шкалу 0 - 4,5 балла с шагом в 0,1 балла.

Балльная оценка ИПТС трактуется следующим образом:

- < 0,5 баллов – тепловое состояние комфортное;
- 0,6 - 1,5 балла – тепловой дискомфорт первой степени;
- 1,6 - 2,5 балла – тепловой дискомфорт второй степени;
- 2,6 - 3,5 балла – тепловой дискомфорт третьей степени;
- >3,5 баллов – тепловой дискомфорт четвертой степени.

Пример динамики ИПТС при выполнении спортсменами тестовой нагрузочной пробы в условиях нормотермии и в условиях средней гипертермии представлен на рисунке 1.

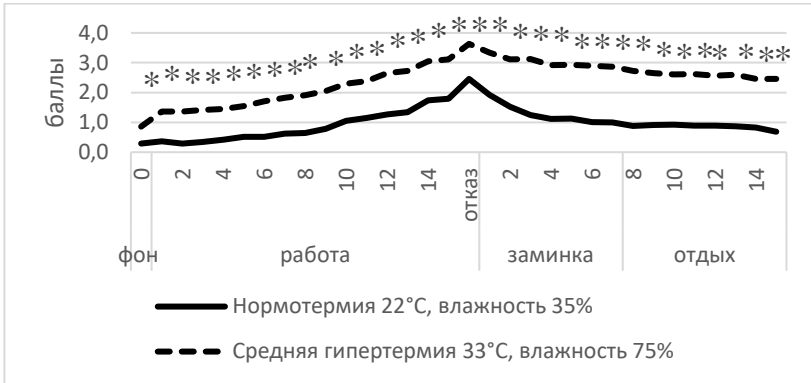


Рисунок 1 – Динамика изменений интегрального показателя теплового состояния в условиях нормотермии и средней гипертермии,  $n=7$ ,  $*p<0,05$ - достоверность различий между группами

ИПТС перед нагрузкой в условиях нормотермии составлял  $0,29\pm 0,07$  балла, в условиях ВТ –  $0,86\pm 0,10$  баллов. Во время нагрузки ИПТС увеличивался при нормотермии с  $0,36\pm 0,13$  до  $2,46\pm 0,31$  баллов, что соответствует 2 степени теплового дискомфорта. В условиях СГ интегральный показатель увеличивался с  $1,36\pm 0,19$  до  $3,63\pm 0,26$  баллов, 4 степень теплового дискомфорта.

#### **Изменение теплового состояния спортсменов при использовании средств коррекции**

Спортсмены проходили тестирование при  $33^{\circ}\text{C}$  и влажности 75% без использования охлаждающей жидкости и с использованием её с водой в пропорции 1 к 5 на футболке (100% хлопок).

Перед началом тестирования ректальная температура при применении охлаждающей жидкости ниже на  $0,3^{\circ}\text{C}$  ( $37,72\pm 0,17$  вместо  $38,04\pm 0,16^{\circ}\text{C}$ ). Во время нагрузочного тестирования температура без использования жидкости увеличивалась, в среднем, с  $38,04\pm 0,15$  до  $38,66\pm 0,12^{\circ}\text{C}$ , прирост составлял  $0,63\pm 0,14^{\circ}\text{C}$ . С использованием жидкости с  $37,76\pm 0,17$  до  $38,27\pm 0,28^{\circ}\text{C}$ , прирост -  $0,51\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  (рисунок 2).



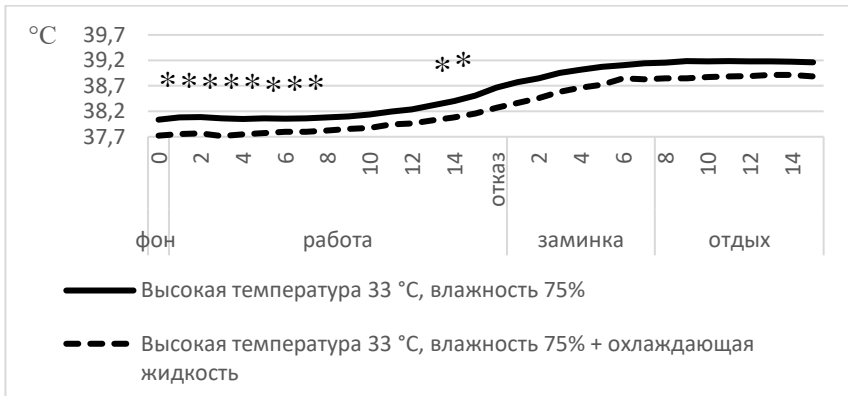


Рисунок 2 – Динамика изменений ректальной температуры в условиях высокой температуры  $n=7$ , \* - достоверность различий между группами  $p<0,05$

До тестирования средневзвешенная температура кожи в условиях высоких температур была  $35,13\pm 0,23^{\circ}\text{C}$ , при применении охлаждающей жидкости -  $34,60\pm 0,11^{\circ}\text{C}$ , дельта составляла  $0,5\pm 0,17^{\circ}\text{C}$ . Без использования жидкости рост температуры кожи во время нагрузочного тестирования был с  $35,70\pm 0,21$  до  $36,55\pm 0,24^{\circ}\text{C}$ , в среднем,  $0,84\pm 0,19^{\circ}\text{C}$ , продолжался во время заминки и отдыха ещё на  $1,2\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  (рисунок 3).

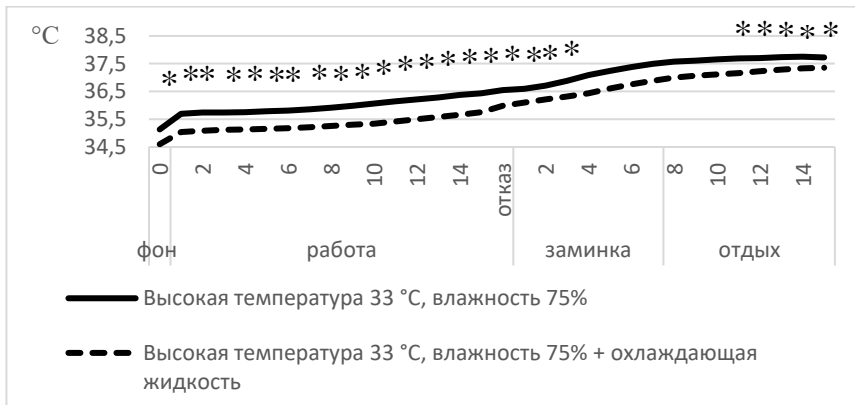


Рисунок 3 – Динамика изменений средневзвешенной температуры кожи в условиях высокой температуры,  $n=7$ , \* - достоверность различий между группами  $p<0,05$

При использовании жидкости рост с  $35,04 \pm 0,11$  до  $35,98 \pm 0,07^\circ\text{C}$ , в среднем,  $0,94 \pm 0,11^\circ\text{C}$  и до  $1,37 \pm 0,1^\circ\text{C}$  во время восстановления. Таким образом, средневзвешенная температура кожи была, в среднем, больше в условиях высоких температур на  $0,6 \pm 0,15^\circ\text{C}$ , рост составлял  $2,6 \pm 0,19^\circ\text{C}$ , с использованием охлаждающей жидкости  $2,75 \pm 0,1^\circ\text{C}$ . Достоверные отличия между групп ( $p < 0,05$ ) выявлены на протяжении всего тестирования, кроме 4-10 минут восстановления.

Субъективный показатель теплоощущений в условиях СГ во время нагрузки увеличивается с  $0,71 \pm 0,29$  до  $3,33 \pm 0,37$  баллов, где 0 баллов – “комфорт”, 3 балла – “очень жарко”, и снижался во время восстановления до  $0,57 \pm 0,30$  баллов. С использованием жидкости теплоощущения во время нагрузки увеличивались с 0 до  $3,00 \pm 0,63$  баллов и снижались во время восстановления до  $0,57 \pm 0,18$  баллов. В итоге теплоощущения ниже при использовании жидкости, в среднем, на  $0,44 \pm 0,39$  баллов во время выполнения исследования. Достоверные отличия между групп ( $p < 0,05$ ) выявлены на 1 минуте нагрузки, и на 2, 3 минутах заминки (рисунок 4).

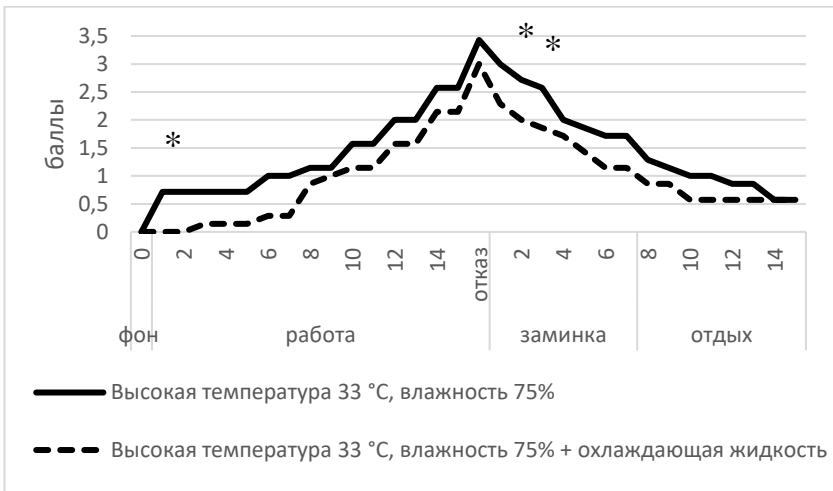


Рисунок 4 – Динамика изменений теплоощущений в условиях высокой температуры,  $n=7$ , \* - достоверность различий между группами  $p < 0,05$

Интегральный показатель теплового состояния перед

нагрузкой без использования жидкости составлял  $0,86 \pm 0,10$  балла, с использованием –  $0,54 \pm 0,16$  балла. В условиях высоких температур без жидкости интегральный показатель увеличивался с  $1,36 \pm 0,19$  до  $3,63 \pm 0,26$  баллов, 4 степень теплового дискомфорта, и снижался до  $2,46 \pm 0,25$  баллов во время восстановления. С использованием жидкости во время нагрузки показатель увеличивался с  $0,72 \pm 0,16$  до  $3,17 \pm 0,42$  баллов, что соответствует 3 степень теплового дискомфорта и снижался за время восстановления до  $2,13 \pm 0,24$  балла. Интегральный показатель ниже при использовании жидкости, в среднем, на  $0,69 \pm 0,26$  баллов. Достоверные отличия между групп ( $p < 0,05$ ) выявлены на протяжении всего тестирования кроме 9 минуты восстановления (рисунок 5).

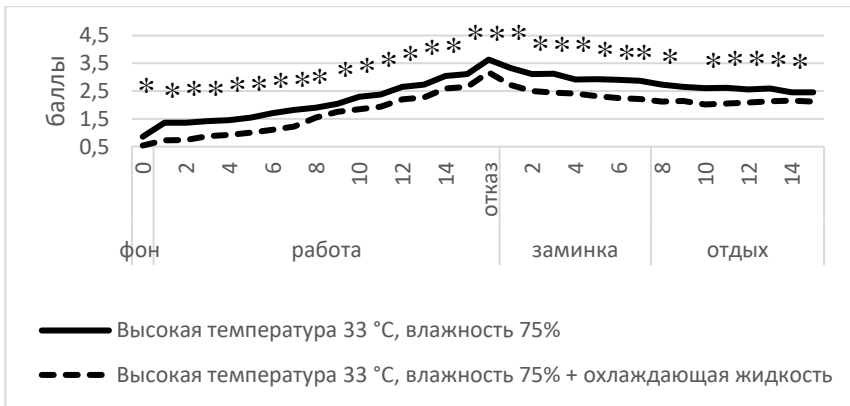


Рисунок 5 – Динамика изменений интегрального показателя теплового состояния в условиях высокой температуры  $n=7$ , \* - достоверность различий между группами  $p < 0,05$

Таким образом, были получены данные о высокой информативности ИПТС, который корректно отображает уровень тепловой нагрузки на спортсмена и может использоваться для оценки методов и средств коррекции теплового состояния в условиях высоких температур. Преимуществом показателя является представление информации о текущем тепловом состоянии спортсмена в виде наглядного графика доступном для анализа врачом команды и тренерским штабом для оценки уровня адаптированности спортсмена, коррекции тренировочного плана.

Перспективным направлением использования ИПТС

является оценка влияния на тепловое состояние фармакологических препаратов, оценка физиолого-гигиенических особенности одежды и снаряжения спортсмена. Также на следующих этапах работы возможна модификация ИПТС для оценки теплового состояния спортсмена в условиях низких температур.

## ВЫВОДЫ

1. Изучение климатических факторов, влияющих на общее состояние и работоспособность спортсменов сборных команд России по данным субъективных опросников, показало, что негативное влияние оказывают (по 10-бальной шкале):

- высокая температура воздуха (более 30°C), высокая влажность воздуха (более 70%), интенсивная инсоляция (прямые солнечные лучи) на спортсменов команд по лёгкой атлетике в среднем на 5,6±0,4 балла, академической гребле – на 6,2±0,4 балла и мини-футболу – на 6,4±1,0 балла;

- ветер (более 10 м/с) на спортсменов команд по лёгкой атлетике – на 5,6±0,4 балла, академической гребле на 6,3±0,5 балла и гребному слалому – на 7,1±1,0 балла;

- осадки (дождь и снег) на спортсменов команд по лёгкой атлетике на 5,7±0,4 балла, академической гребле на 5,6±0,5 балла, что необходимо учитывать при составлении плана адаптации спортсменов при проведении тренировок и соревнований в условиях жаркого и влажного климата.

2. Проведение нагрузочного тестирования «до отказа» позволило выявить что при росте температуры воздуха увеличивается негативное действие на физическую работоспособность спортсменов по сравнению с условиями нормотерии (температура 22°C, влажность 35%), так:

- при умеренной гипертермии (температура 28-29°C, влажность 75%) отмечается снижение времени нагрузки на 0,8% и максимального потребления кислорода на 9% ( $p<0,05$ );

- при средней гипертермии (температура 33-34°C, влажность 75%) отмечается существенное снижение времени нагрузки на 5,5% ( $p<0,05$ ) и максимального потребления кислорода на 13% ( $p<0,05$ );

- при высокой гипертермии (температура 38-39°C, влажность 75%) отмечается существенное снижение времени нагрузки на 14% ( $p<0,05$ ) и максимального потребления кислорода на 17% ( $p<0,05$ ), что позволяет корректировать регламент

проведения тренировочно-соревновательной деятельности с учетом климатических особенностей.

3. Выполнение нагрузки до «отказа» в условиях средней гипертермии, в сравнении с нормотермией приводит к статистически значимым изменениям показателей теплового состояния в виде: увеличения ректальной температуры в среднем на  $0,46 \pm 0,13^{\circ}\text{C}$  (до  $39,19 \pm 0,14^{\circ}\text{C}$ ), что приводит к выраженному тепловому утомлению спортсменов; увеличения средневзвешенной температуры кожи, в среднем на  $4,07 \pm 0,24^{\circ}\text{C}$  (до  $37,75 \pm 0,13^{\circ}\text{C}$ ); повышения уровня теплоощущений, в среднем на 32,3% и частоты сердечных сокращений в среднем на  $20,09 \pm 2,91$  уд/мин (до  $200,14 \pm 3,29$  уд/мин), что указывает на высокую информативность показателей теплового состояния спортсмена, увеличение которых при нагрузке в условиях жаркого и влажного климата позволяет прогнозировать степень адаптированности спортсмена и его результативность.

4. Разработанный интегральный показатель теплового состояния спортсмена, включающий в себя показатели температуры кожи (лоб, грудь, рука, спина, нога), среднюю температуру тела, субъективный уровень теплоощущений и частоту сердечных сокращений позволяет отображать величину тепловой нагрузки, а также получать информацию о текущем тепловом состоянии спортсмена с целью оценки уровня его адаптированности, оценки эффективности методов и средств коррекции теплового состояния в условиях высоких температур без привязки к стационарным приборам, а также для коррекции тренировочного плана.

5. Применение специальной охлаждающей жидкости в условиях средней гипертермии позволяет существенно снизить интегральный показатель теплового состояния до  $3,17 \pm 0,42$  баллов, что соответствует 3 степени теплового дискомфорта, в то время, как интегральный показатель теплового состояния спортсмена без использования средств коррекции теплового состояния составляет  $3,63 \pm 0,26$  баллов, что соответствует максимальной 4 степени теплового дискомфорта.

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Для коррекции теплового состояния спортсменов рекомендовано применение специальной охлаждающей жидкости "*Liquid Ice*" по следующей методике. Перед началом тренировки или соревнований в условиях жаркого и влажного климата замачивается футболка из 100% хлопка до полного пропитывания в специальной

охлаждающей жидкости с водой в пропорции 1 к 5 (50 мл охлаждающей жидкости к 250 мл воды комнатной температуры). Далее футболка отжимается вручную и одевается спортсменом.

2. Перед использованием специальной охлаждающей жидкости рекомендуется провести кожные пробы для исключения аллергических реакций и раздражающего действия при наличии у спортсмена повышенной чувствительности. Пробы проводятся двумя способами. Способ 1 – поместить спортсмена в специальную климатическую камеру с возможностью регулирования температуры до показаний 33–38°C, и влажности до 75%. В данных условиях спортсмену необходимо провести 20 минут, далее можно приступить к проведению кожных проб, не выходя из климатической камеры. Способ 2 – поместить спортсмена в сауну с заданными показателями температуры 70–90°C и влажности 5–15% на 10 минут, после чего приступить к проведению кожных проб, не выходя из сауны. Пробы выполняются по «методике проведения кожных проб для выявления реакций на специальную охлаждающую жидкость».

3. Для оценки теплового состояния спортсмена рекомендовано использовать интегральный показатель теплового состояния. Для его определения необходима регистрация следующих показателей: средневзвешенной температуры кожи (°C) (по 5 точкам: лоб, грудь, рука, спина, нога), средней температуры тела (°C), теплоощущений (ТО, баллы), частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин). Также для расчета используются показатели: вес (кг), рост (см), величина нагрузки (ватт). Формулы с расчётами интегрального показателя теплового состояния представлены в «методика расчета интегрального показателя теплового состояния спортсмена в условиях жаркого климата».

### **СПИСОК ПЕЧАТНЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Брагин М.А. Методика интегральной оценки теплового состояния лиц экстремальных профессий в условиях жаркого и влажного климата // В книге: Сборник трудов школы-конференции молодых ученых с международным участием "Ильинские чтения". – Москва, 2018. – С. 127-129.

2. Брагин М.А. Оценка адаптивности спортсмена в условиях высокой тепловой нагрузки // В книге: Сборник материалов тезисов XIV международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений "СПОРТМЕД-2019". – Москва, 2019. – С. 49-51.

3. Брагин М.А. Прогнозирование тепловой устойчивости по показателям функционального состояния спортсменов // В книге: Сборник трудов школы-конференции молодых учёных и специалистов "Ильинские чтения". – Москва, 2020. – С. 55-56.

4. Брагин М.А., Киш А.А. Климатическая комната как оптимальное место исследования адаптивных возможностей спортсменов // В книге: Сборник материалов тезисов XIV международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений "СПОРТМЕД-2019". – Москва, 2019. – С. 47-49.

5. Брагин М.А., Петрова В.В. Специальная охлаждающая жидкость и её влияние на тепловое состояние спортсменов в условиях высоких температур // В книге: Материалы II всероссийской научно-практической конференции по вопросам спортивной науки в детско-юношеском и адаптивном спорте. – Москва, 2017. – С. 21.

6. Избранные лекции по спортивной медицине / С.М. Разинкин, А.С. Самойлов, В.В. Петрова и др. – М: Издательство «Научная книга», 2018. – 664 с.

7. Киш А.А. Методика оценки тепловой устойчивости у спортсменов циклических видов спорта / Киш А.А., Брагин М.А., Зорин М.Ю. // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2017. – № 4. – С. 955–964.

8. Методика интегральной оценки теплового состояния спортсмена в условиях высоких температур / Брагин М.А., Дворников М.В., Киш А.А., Петрова В.В. // Медицинская наука и образование Урала. – 2017. – № 4. – С. 118–122.

9. Охлаждающая жидкость и ее применение в практике спортивной медицины / Разинкин С.М., Петрова В.В., Коновалов Д.П., Брагин М.А. // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2016. – № 4. – С. 721–726.

10. Оценка эффективности специальной охлаждающей жидкости и ее влияния на тепловое состояние спортсменов при использовании в условиях высоких температур / М.А. Брагин, В.В. Петрова, А.А. Киш и др. // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2017. – № 4. – С. 919–925.

11. Разинкин С.М., Петрова В.В., Киш А.А., Брагин М.А. Опыт использования специальной охлаждающей жидкости и её

влияния на тепловое состояние спортсменов в условиях высоких температур // В книге: Материалы XI Всероссийского форума "Здоровье нации - основа процветания России". – Москва, 2017. – С. 33-39.

**12. Сравнительный анализ вариантов использования специальной охлаждающей жидкости и их влияние на тепловое состояние спортсменов в условиях высоких температур / Разинкин С.М., Дворников М.В., Брагин М.А. и др. // Медицинская наука и образование Урала. – 2017. – № 2. – С. 172–177.**

**13. Эффективность специальной охлаждающей жидкости на тепловое состояние спортсменов в условиях высоких температур / Разинкин С.М., Дворников М.В., Брагин М.А. и др. // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – № 1. – С. 60–63.**

### СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АП – аэробный порог

Вт – Ватт

ИПТС – интегральный показатель теплового состояния

КМС – кандидат в мастера спорта

МПК – максимальное потребление кислорода

НТ – нагрузочное тестирование

ПАНО – порог анаэробного обмена

СВТК – средневзвешенная температура кожи

СГ – средняя гипертермия

СТТ – средняя температура тела

Т – температура локальная

ТО – теплоощущения

Трект – температура «ядра»/ректальная температура

ФР – физическая работоспособность

ЧД – частота дыхания

ЧСС – частота сердечных сокращений

ЭКГ – электрокардиограмма

$\frac{M}{S}$  – показатель удельной теплопродукции

R – дыхательный коэффициент

S – Площадь поверхности тела

$V'O_2$  – скорость потребления кислорода

$V'CO_2$  – скорость утилизации углекислого газа