

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт физической культуры, спорта и туризма
Кафедра медико-биологических основ физической культуры
и оздоровительных технологий

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.И. Колмаков

« ____ » _____ 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

49.03.01 Физическая культура

**ДИНАМИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ
КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ УЧАСТНИКОВ ГОРНОГО
ПОХОДА**

Руководитель _____ канд. биол. наук Н.Н. Демидко

Выпускник _____ А.А. Дроздов

Нормоконтролер _____ М. А. Рутьковская

Красноярск 2020

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа по теме «Динамика функционального состояния кардиореспираторной системы участников горного похода» выполнена на 50 страницах, содержит 5 рисунков, 6 таблиц, 50 использованных источников.

ГОРНЫЙ ТУРИЗМ, КАРДИОРЕСПИРАТОРНАЯ СИСТЕМА, САТУРАЦИЯ КИСЛОРОДА, ГИПОКСИЯ, АДАПТАЦИЯ К СРЕДНЕГОРЬЮ И ВЫСОКОГОРЬЮ.

Цель исследования – исследовать особенности реакции кардиореспираторной системы человека на физическую нагрузку в условиях горного похода.

Задачи исследования:

1. изучить особенности организации горных походов;
2. провести сравнительную характеристику методик и рекомендаций по достижению удовлетворительной адаптации туристов;
3. выявить особенности реакции кардиореспираторной системы участников похода в районе центрального Тянь-Шаня, Терской Алтау.

В исследования выявлены изменения функционального состояния кардиореспираторной системы туристов во время горного похода. Мы предполагаем, что показатели частоты сердечных сокращений, артериального давления и уровень сатурации кислорода в крови зависят от высоты над уровнем моря, времени суток и продолжительности нахождения в походе, пола и физической подготовленности участников похода.

Методы исследования: анализ научно-методической литературы, эксперимент, физиометрические методы, методы математической статистики.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Особенности организации горных походов	6
1.1 Особенности горного туризма	6
1.2 Рекомендации для организации горного похода с достижением удовлетворительной адаптации участников	10
1.3 Особенности функционирования кардиореспираторной системы в горных походах в условиях среднегорья и высокогорья	15
2 Организация, контингент и методы исследования	28
2.1 Организация и контингент исследования	28
2.2 Методы исследования	29
3 Особенности реакции кардиореспираторной системы участников похода на физическую нагрузку	33
3.1 Влияние условий похода и индивидуальных особенностей участников на функциональное состояние их кардиореспираторной системы	33
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	41
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	43
ПРИЛОЖЕНИЕ А	49
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	50

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент увеличивается популярность туризма. Ныне всё более доступная форма отдыха позволяет реализовать желание увидеть мир по-новому. По мнению Н. В. Дудченко (2017) туризм является хорошим средством для улучшения физического состояния человека, укрепления мышц, развития опорно-двигательного аппарата, улучшает координацию движений.

Ещё одним преимуществом спортивного туризма является самоорганизация туристских походов. Участникам похода доступен выбор района и разработка маршрута. Грамотно организованный горный поход вырабатывает инициативу, мужество, находчивость, чувство коллективизма. В походе участник приобретает географические знания, навыки организации похода, безопасности [23].

Организм человека не приспособлен для нахождения в горных условиях и нуждается в адаптации к этим условиям. К таким условиям в основном относят сниженную температуру окружающей среды, сниженную влажность воздуха, сниженное количество доступной питьевой воды, пониженное атмосферное давление, низкое парциально давление кислорода, резкие колебания влажности и температуры, высоту [4; 8; 19; 33].

Таким образом, актуальность темы обусловлена как возрастающим интересом к горному туризму, так и необходимостью разработки методик адаптации организма туриста к условиям средне- и высокогорья.

Объект исследования – динамика функционального состояния кардиореспираторной системы туристов в условиях среднегорья и высокогорья.

Предмет исследования – реакции кардиореспираторной системы участников горного похода.

Цель работы – исследовать особенности реакции кардиореспираторной системы человека на физическую нагрузку в условиях горного похода.

Задачи исследования:

1. изучить особенности организации горных походов;
2. провести сравнительную характеристику методик и рекомендаций по достижению удовлетворительной адаптации туристов;
3. выявить особенности реакции кардиореспираторной системы участников похода в районе центрального Тянь-Шаня, Терской Алтау.

Гипотеза исследования: изучение динамики кардиореспираторных показателей позволяет оценить состояние туриста во время горного похода и подобрать оптимальную методику адаптации организма к условиям среднегорья и высокогорья.

Данная работа может представлять интерес для людей, организующих горные походы первой-второй категории сложности. Результат исследования были апробированы на XVI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективны-2020», посвященной Году памяти и славы (г. Красноярск). Доклад был награжден дипломом I степени, тезисы будут опубликованы в сборнике работ.

1 Особенности организации горных походов

1.1 Особенности горного туризма

Горный туризм является разновидностью спортивного туризма, которая подразумевает прохождение маршрута по горным возвышенностям и перевалам, включая восхождения на вершины [33].

Горный туризм относится к видам спорта, для которых характерна активная двигательная деятельность, требующая высокого уровня развития физических и психических способностей, специальной подготовки. Его так же можно отнести к смешанным видам спорта типа многоборий [33].

В горном туризме существует ряд факторов, влияющих на человека. К ним относятся: снижение температуры окружающей среды, снижение влажности, интенсивная физическая нагрузка, снижение поступления воды, пониженное атмосферное давление, низкое парциальное давление кислорода, резкие колебания влажности и температуры, повышенная солнечная радиация, высокая ионизация воздуха, высота, ограниченное время [3; 4; 8; 19; 31; 33; 35].

Одной из самых известных особенностей горной местности является горная болезнь. Она проявляется у участников в виде одышки, снижения работоспособности даже при небольшой нагрузке, ослабления зрения, нарушения процесса обмена веществ, быстрого обезвоживания организма. Эти симптомы появляются из-за гипоксии – пониженного содержания кислорода в лёгких или отдельных органах или тканях [5; 8; 18; 20; 23; 31; 35].

Гипоксия тканей может быть вызвана: низким содержанием O_2 во вдыхаемом воздухе в условиях высокогорья, прекращением или ослаблением лёгочной вентиляции при нырянии в глубину, возрастанием потребности в O_2 при выполнении мышечной работы. В горном туризме сочетаются сразу две причины. [3; 5; 31].

Основной проблемой адаптации человека к высокогорью является пониженное парциальное давление кислорода воздуха. Содержание кислорода вплоть до высоты 2000 м поддерживается на уровне 20,96%, чего организму достаточно [3; 29].

С увеличением высоты над уровнем моря температура снижается на $0,6^{\circ}/100$ м набора высоты. Организм включает в ответ на охлаждение разнообразные защитные реакции: спазм периферических сосудов, дрожь и т.д. Как итог эти реакции приводят к увеличению потребности в кислороде и усугублению гипоксии в условиях пониженного содержания кислорода в окружающей атмосфере [8].

Сухость воздуха и увеличение испарения влаги приводит к увеличенной потере организмом жидкости. Это приводит к уменьшению объёма циркулирующей крови и ухудшению кровообращения. Иными словами гемодинамический компонент доставки кислорода ухудшается [8].

К потере жидкости организмом также приводит и физическая работа, которая включает механизм потоотделения и увеличивает частоту дыхания. Чем чаще дышит человек, тем выше его потери влаги соответственно. Помимо этого физическая работа требует увеличения доставки кислорода, в то время как гемодинамический компонент уже ухудшен [8].

Восполнение влаги так же в условиях гор может быть затруднено, если группа находится в зоне снега. Поступление воды уменьшается из-за трудности её получения и экономии горючего, что усугубляет гиповолемию [8].

Участники горных походов ежедневно подвергаются солнечной радиации и солнечным лучам, которые так же отражаются от снега. Солнцезащитные очки с 3 или 4 фактором защиты необходимы при прохождении снежных перевалов, полян, вершин и иных мест, где лежит снег. Иначе будет риск получения снежной слепоты. Снежная слепота – своеобразный ожог

конъюнктивы и роговой оболочки глаза от лучей солнца, отражённых в том числе от снега [23].

Ещё одной особенностью гор, по мнению Н.В. Дудченко, считается высокая концентрация рисков, различные опасные и чрезвычайные ситуации. Для повышения безопасности в горах необходимо знание этих опасностей и подготовка к ним. Необходимо уместно выбрать снаряжение, актуальное в данной районе, маршруте и времени года, правильно сформировать группу, научиться технике преодоления естественных препятствий и правильно выбрать тактику прохождения маршрута, чтобы избежать опасных ситуаций и успешно пройти маршрут [23].

Опасности классифицируют на природные явления и климатические условия. К природным относят: землетрясения, камнепады, обвалы льда и снежных карнизов, лавины, трещины на ледниках, селевые потоки, горные реки. Климатические характеризуются сильным ветром, грозой, резкими перепадами температуры и влажности воздуха, дождём, снегопадом, воздействием солнца [23].

Арахадов Ш. Г. (2010) отмечает, что альпинизм, скалолазание, спортивное ориентирование, лыжный спорт и лёгкая атлетика в определённой степени могут быть использованы как аналогия формирования представлений о характере и степени нагрузок в горном туризме. Однако каждый из этих видов спорта может характеризовать только какой-то его участок, то есть горный туризм по характеру и степени физических нагрузок нельзя отнести ни к одному виду спорта. Степень нагрузок на маршруте варьируется от малых до максимальных. При этом нагрузка может носить циклический, ациклический, динамический, статический или взрывной характер [33].

Отличительной чертой горного туризма от альпинизма является то, что альпинисты могут себе позволить в полной мере применять метод «ступенчатой» акклиматизации, при котором они делают акклиматизационные

выходы, организуя промежуточные лагеря и вновь спускаясь в базовый лагерь на 2-4 дня. Горные же туристы не имеют возможности полноценного отдыха в связи с тем, что они внизу тоже работают, перемещаясь по маршруту со значительным грузом. Исходя из этого, горным туристам необходимо в суточных нагрузках полностью избегать переутомления и не довосстановления [24; 25].

Основа деятельности горного туриста состоит из действий, направленных на преодоление естественных препятствий с минимальными затратами сил и максимальным обеспечением безопасности.

Требования к минимизации усилий и необходимому уровню безопасности связаны с характером препятствий и условиями их преодоления, поэтому в каждом конкретном случае требуется решение задач оптимизации. Например, при прохождении сложного скального рельефа требуется применять совершенную скальную технику и обеспечивать надёжную страховку. Самое успешное решение такой задачи обеспечивается при работе умеренной мощности. Замедленное или ускоренное прохождение подобных участков рельефа в экстремальных условиях приводит к потере необходимого уровня безопасности [33].

В горном туризме многочасовая работа циклического характера, например, с длительным переходом с рюкзаком, сочетается с ациклической, силовой, скоростно-силовой работой при преодолении различных естественных препятствий.

Двигательные действия в горном туризме выполняются в умеренной мощности, хотя выполнение большинства технических приёмов находится в больших, субмаксимальных и максимальных зонах [33].

По мнению Ш.Г. Арахадова больше половины несчастных случаев во всех видах туризма происходит в горном туризме. Однако в спортивных походах 5-6 категории сложности количество происшествий, связанных с

недостаточной подготовленностью, составляет менее 2%. Автор связывает это с достаточной разработанностью методик подготовки спортсменов высокой квалификации в отдельных видах туризма и с достаточно высоким уровнем подготовленности самих спортсменов [33].

1.2 Рекомендации для организации горного похода с достижением удовлетворительной адаптации участников

На организм человека в горах действует совокупность факторов. По мере увеличения высоты уменьшается влажность, температура воздуха и атмосферное давление. Возрастают виды радиации: ультрафиолетовая, космическая, световая и инфракрасная. Основным фактором для человека как организма является пониженное парциальное давление кислорода, обусловленное сниженным атмосферным давлением.

Высотный порог человека зависит от климато-метеорологических условий горных систем и от его индивидуальных особенностей: пол, возраст, физическое и психическое состояние, уровень тренированности, наличие высотного опыта.

Адаптация человека по мере подъёма на высоту проявляется в первую очередь в физиологических сдвигах функций основных систем организма. Человек при подъёме может испытывать: головокружение, приступы удушья, головную боль, тошноту, рвоту и т.д. Как следствие могут возникнуть осложнения в виде отёка лёгких и мозга. Вся эта совокупность симптомов называется «горная болезнь». Если при таких симптомах не сбросить высоту, продолжать набирать, то компенсаторные механизмы организма истощаются и перестают функционировать, что может в дальнейшем привести к смерти [22; 24; 25].

У организма есть несколько стратегий адаптации к гипоксическим состояниям: пытаться поддерживать синтез АТФ на необходимом уровне путём борьбы за кислород, снижение активности и уровня метаболизма, использование анаэробных процессов синтеза АТФ. В условиях высокогорья в борьбе за кислород основная нагрузка приходится на кардиореспираторную систему, что приводит к увеличению их мощности. Стратегия организма, направленная на снижение активности и уровня метаболизма, имела бы место быть, однако она не жизнеспособна при выполнении мышечной работы, которая присутствует в горном туризме [31].

Адаптацию к высотной гипоксии разделяют на кратковременную и долгосрочную. Краткосрочная характеризуется быстрым ответом организма на гипоксию с целью компенсировать возникающие в организме отклонения от обычного состояния. Первая реакция организма – борьба за нормальную концентрацию O_2 в крови. Увеличивается частота дыхания, ЧСС, минутный объём крови, гемоглобина. Происходит перераспределение крови в организме. Увеличивается мозговой и коронарный кровоток за счёт снижения кровотока в других органах [29; 30; 31].

Краткосрочный механизм может быть эффективен только на относительно небольших высотах и в течение короткого времени. Повышенная нагрузка на сердце и дыхательную мускулатуру требует увеличенного расхода энергии. Вследствие гипервентиляции лёгких из организма активно выходит CO_2 . Пониженная его концентрация в артериальной крови ведёт к ослаблению дыхания, т.к. CO_2 является основным стимулятором дыхательного рефлекса [29; 31].

Долговременная адаптация проявляется в переходе с механизмов транспорта на механизмы утилизации O_2 , на повышение экономичности использования ресурсов. В транспортных системах разрастаются сосудистые сети в лёгких, сердце, головном мозге, лёгочной ткани, увеличивается

количество эритроцитов в крови. В регуляторных системах увеличивается активность ферментов, ответственных за синтез медиаторов и гормонов и повышается число рецепторов к ним в тканях. В системах энергообеспечения увеличивается число митохондрий и ферментов окисления и фосфолирования, синтез гликолитических ферментов [27; 30; 31].

Разрѣзшаяся сосудистая сеть сердца и головного мозга повышает потенциальную доставку кислорода и энергетических ресурсов к этим органам. Повышенная ёмкость сосудистого русла снижает общее сопротивление. Так же рост сосудистой сети в лёгких в сочетании с увеличением диффузионной поверхности лёгочной ткани обеспечивает возможность повышения газообмена [31].

Для решения проблемы сильного растяжения группы темп на горном маршруте определяется по темпу самого слабого участника группы. Таким образом, участника не доводят до переутомления, чтобы избежать срыва адаптации [23].

Тактически при восхождении различают ступенчатую акклиматизацию и постепенный набор высоты. При первом способе, разновидностью которого является пилообразная акклиматизация, восходитель поднимается на какую-либо промежуточную высоту, где проводит 2-3 дня, и лишь после этого возобновляет подъѐм. При постепенном наборе высоты ограничивают дневной набор высоты, чтобы обеспечить возможность акклиматизации. Определяющим в акклиматизации является высота, на которой происходит ночной сон. Наиболее эффективным считается сочетание этих двух тактик акклиматизации [8].

Постепенный подъѐм (день отдыха каждые 500-1000 м) и медленный темп подъѐма (не более 500 м/день) обеспечат достаточное время для акклиматизации и уменьшат риск развития горной болезни, однако следует помнить, что надёжных предикторов этого состояния не существует. Горная

болезнь в анамнезе – наиболее точный показатель того, что при тех же условиях (высота, темп её набора) горная болезнь разовьётся вновь [8; 15; 24; 25].

В суточном графике движения необходимо определять ночлег как можно ниже максимальной высоты. Ночлег на высоте более 3000 м необходимо смещать как можно дальше от начала маршрута и максимально избегать начала маршрута на высотах более 3000 м [24].

В походе важно провести правильную акклиматизацию. Прохождение горного маршрута, включающего подъёмы на перевалы и спуски в долины, естественным образом реализует наиболее эффективную ступенчатую акклиматизацию. Её суть в чередовании подъёмов с провокацией лёгкой горной болезни и спусков, который очень желательны для эффективного синтеза необходимых для адаптации белков и ферментов.

Высотный график при ступенчатой акклиматизации, который отражает состояние туристской группы в осях «Время, высота», представляет собой пилу, каждый следующий зуб которой, выше предыдущего (рисунок 1).



Рисунок 1 – График набора высоты

Зубья пилы соответствуют выходам в высокогорье, где происходит провокация горной болезни, столь необходимая для запуска механизмов высотной адаптации. Очень важно правильно дозировать степень этой провокации, поскольку горная болезнь представляет опасность для участников похода, она способна сорвать график движения группы по маршруту или вообще изменить маршрут в сторону его упрощения. Кроме того, серьезная горная болезнь ослабляет организм участника и замедляет процессы синтеза необходимых для адаптации белков и ферментов.

Дозировка в походе обеспечивается с помощью измерения утреннего пульса. Едва проснувшись, участники похода, не вылезая из спальников и не делая резких движений, измеряют ЧСС. Если утренний пульс превышает 105 ударов в минуту, то продолжение подъема для такого участника не рекомендуется. Нужно либо разбить лагерь и в течение дня отдохнуть, либо немного спуститься.

Степень высотной адаптации участника похода количественно измеряется высотой, на которой ЧСС в спокойном состоянии не отличается от ЧСС до выезда в горы. В отличие от акклиматизационной пилы, график степени высотной адаптации является монотонно возрастающей функцией времени. Например, график ЧСС и высоты в течение дней наглядно можно посмотреть на рисунке 2 (см. Приложения) – акклиматизированный участник и рисунке 3 (см. Приложения) – участник без акклиматизации в одинаковых условиях в одно время в одном походе. Один участник получил акклиматизацию до похода, другой – получает в этом.

А.А. Лебедев сформулировал два правила, удобных для планирования маршрутов. Эти правила ограничивают степень провокации горной болезни на зубьях акклиматизационной пилы.

1. На неосвоенной высоте не следует набирать за день от ночёвки к ночёвке более 500 метров.

2. Высота ночёвок в очередном походе на высоту не должна превышать их максимальную высоту в предыдущих походах более чем на 1000 метров.

Первое правило ограничивает скорость набора высоты при подъёме на зуб акклиматизационной пины, а второе ограничивает высоту очередного зуба по сравнению с предыдущим.

Грубое нарушение этих правил чревато срывом акклиматизации у слабого участника в команде, с риском серьёзного заболевания, потерей ресурса времени и деградацией маршрута [14; 15].

1.3 Особенности функционирования кардиореспираторной системы в горных походах в условиях среднегорья и высокогорья

В категорийных горных походах очень важно составить маршрут таким образом, чтобы срочные механизмы акклиматизации не помешали становлению долгосрочной. За счёт физиологических систем обеспечивается усиление транспорта кислорода к тканям, а благодаря биохимическим механизмам повышается эффективность использования кислорода в процессах аэробного метаболизма.

Причиной уменьшения парциального напряжения кислорода в крови является снижение барометрического давления. Снижение PO_2 в воздухе удаётся полностью (в среднегорье) и частично (в высокогорье) компенсировать за счёт усиления вентиляции лёгких [15].

Гемоглобин отвечает за транспортировку кислорода от тканей лёгких к органам всего организма. Одним из показателей уровня здоровья является степень насыщения крови кислородом, которая достигает 100% в случае, если каждая молекула гемоглобина удерживает и переносит 4 молекулы кислорода. Уровень гемоглобина в крови определяет способность удерживать кислород и доставлять его к внутренним органам [24].

В глубокой древности, когда люди вели примитивный образ жизни, они старались жить на местностях с как можно менее суровыми условиями, где им можно было беззатратно поддерживать своё существование. У людей не было стоящей причины осваивать горы. Их считали не только неудобным местом для жилья, но и обителью богов, добрых или злых духов [16].

Первое упоминание по мнению Роберта Бойля о плохом самочувствии человека при подъёмах на горные вершины был Аристотель. Он рассказывал о восхождении людей на гору Олимп (2917 м), где люди сохраняли себе жизнь, используя смоченные в воде губки, что давало им возможность «дышать воздухом, слишком тонким для дыхания» [47].

Одними из первых, кто испытал и описал отрицательное влияние высокогорья на самочувствие, были китайские путешественники. Например, в китайской истории, относящейся к тридцатым годам до н.э.. Там упоминалось о пути из западных провинций страны Афганистан, пролегающий через опасные перевалы Каракорума и Гиндукуша. Они описывали его так: «мимо большой горы головной боли, малой горы головной боли... где людей лихорадит, они бледнеют и у них наступает головная боль и рвота... ослы и скот в таком же состоянии» [37].

Негативное отношение к горам продолжалось вплоть до 18 века. Начало целенаправленному изучению гор и их влияния на организм положил Гораций Бенедикт де Соссюр. Он начал путешествовать по горам с 18 лет. В 1760 г. он установил денежную награду любому, кто найдёт путь к вершине снежного массива Монблана (4810 м) в Шамони. Попытки восхождения предпринимались в 1762, 1775, 1783 и 1784 годах. Однако успешная попытка была одна в 1786 году.

После этого Соссюр начал готовить свою экспедицию для восхождения на Монблан и проведения исследования. Он сумел провести следующие научные эксперименты: измерения температуры снега, частоты пульса у себя и

сопровождающих его гидов (18 человек). С помощью барометра он определил высоту Монблана – 2480 туазов, т.е. 4833 м при истинной величине 4810 м. Он установил, что точка кипения воды стала на вершине ниже нормы на $12,31^{\circ}$ (по шкале Реомюра. В цельсиях на $15,39^{\circ}$). Установил, что небо имеет тёмную окраску, воздух содержит в 6 раз меньше водяных паров, чем внизу, но такое же относительное количество углекислого газа [49].

Так же он описал в своём отчёте сложности исследования. Из-за острой горной болезни он долго выполнял исследования, которые на равнине не вызывали у него проблем. Так же ряд других запланированных экспериментов ему пришлось отменить и быстро спускаться с вершины. Опытные участники, сильные крестьяне, опыт горных восхождений самого исследователя не помогли никому в этой экспедиции: все уставали быстро от незначительных усилий, были рвота, частое сердцебиение, люди сдавались и спускались вниз, апатия (в том числе у самого исследователя, что тоже замедляло проведение замеров, экспериментов), головные боли [49].

Основоположником высотной физиологии был учёный-естествоиспытатель Поль Бер. Основной направленностью его исследований было изучение влияний на организм человека и животных изменений барометрического давления. Для подобных исследований он создал и использовал барокамеру. Он определил, что основным фактором разрежения воздуха является снижение PO_2 во вдыхаемом и лёгочном воздухе и в крови. Так же раскрыл основные физиологические механизмы на изменение барометрического давления, обнаружил приспособительные реакции в подобных условиях и рекомендовал способы защиты от неблагоприятного воздействия больших высот при «подъёмах» в барокамере, горовосхождениях и полётах на воздушных шарах [2].

Очень важное исследование проводилось в 1946 г. Хаустоном и Рилеем. К этому времени уже пришли к мнению, что в горы нужно подниматься

постепенно. Эксперимент получил название «Операция Эверест». Эксперимент длился 35 суток. Из них 32 суток участники находились в барокамере, в которой постепенно снижали давление. Они уменьшали барометрическое давление каждый день по 600 м до высоты 2400м, после по 300 м в день до высоты 6000 м, и затем по 150 м в день. На 27 сутки на высоте 6850 испытуемые оставались без изменения давления. После чего имитировался шестичасовой «штурм» вершины.

По мере набора высоты у испытуемых зафиксировали нарастание лёгочной вентиляции и частоты пульса в покое и при выполнении физических нагрузок, а PO_2 в альвеолярном воздухе и артериальной крови снижалось, причём изменение этих и других показателей носило существенные индивидуальные различия. На основании данного эксперимента авторам удалось прийти к важному выводу: процесс акклиматизации представляет собой серию интегрированных адаптивных сдвигов, направленных на то, чтобы по возможности восстановить PO_2 в тканях до нормальных величин уровня моря несмотря на снижение PO_2 в воздухе [42].

Подъёмы в барокамерах сыграли свою определённую роль в изучении гипоксии в процессе высокогорных восхождений. Однако существенный и решающий вклад в развитие высокогорной физиологии внесли и продолжают вносить научно-исследовательские базы, станции, лаборатории и экспедиции, действующие в высокогорье. [28].

Первая в истории лаборатория для проведения физиологических исследований в горах была создана профессором Бернского университета Гуго Кронекером и итальянским физиологом Анджело Моссо на средства королевы Италии Маргериты. Её открытие датировалось в 1893 году. В здании было три секции: для метеорологических наблюдений, физиологических исследований и размещения альпинистов.

В этой лаборатории были изучены и получены следующие факты о влиянии высокогорья на организм: установлено нарушение ритма дыхания снижение содержание углекислоты в крови; Моссо впервые документированно показал в условиях высокогорья возникновение периодического дыхания по типу чейн-стокского с помощью пневмографа [40].

В 1911 году отправилась международная экспедиция на вершину Пайкс, которую вошли от Оксфордского университета К.Г. Дуглас и Дж. С. Холдейн, а от Йельского университета – Я. Гендерсон и Э. Шнейдер. Целью экспедиции было изучение адаптации человека к сниженному барометрическому давлению. В ходе исследований они так же наблюдали острую горную болезнь среди участников и проследили за динамикой развития первичной адаптации к условиям высокогорья. На протяжении нескольких недель процентное содержание гемоглобина нарастало и имело диапазон от 115 до 154%. Методически некоторые выводы были ошибочными ввиду того, что авторы разделяли гипотезу Х. Бора об активной секреции кислорода лёгкими. Однако Гендерсон впервые использовал баллистический метод исследования сердечной деятельности человека в условиях высокогорья. С помощью него он пришёл к выводу, что систолический и минутный объём крови в условиях высокогорья возрастает, что было подтверждено в более поздних исследованиях [45].

В период 1921-1922 год была организована экспедиция на Перуанские Анды из американских и английских физиологов во главе Баркрофта. Их целью было выяснить, за счёт каких приспособительных механизмов обеспечивается сохранение у человека работоспособности на больших высотах (предельные, на которых люди могли жить, работать и иметь потомство) и каков их удельный вклад в процесс акклиматизации. Они проводили исследование не только на членах экспедиции, но и на людях, постоянно проживающих в высокогорье. Лаборатория была оборудована в Серро-де-Паско на высоте 4300 м и размещалась в железнодорожном вагоне. Результаты исследований позволили

прийти к заключению, что наиболее важную роль в адаптации к горным условиям играли следующие факторы: усиление лёгочной вентиляции провидящее к повышению парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе (на 10-12 мм рт. ст. на высотах, где проводились исследования), смещение кривой диссоциации оксигемоглобина, повышающее способность гемоглобина к присоединению O_2 , повышение кислородной ёмкости крови благодаря увеличению количества эритроцитов и гемоглобина. Наименьшую роль играли такие факторы, как небольшое увеличение ЖЕЛ, остаточного воздуха, коэффициента диффузии и минутного объёма циркулирующей крови.

В экспедиции так же пытались проверить гипотезу о секреции кислорода в лёгких и её стимуляции на высоте. Однако доказательств наличия подобного явления снова не было выявлено.

Величины PAO_2 были всегда несколько выше величин PaO_2 , что указывало на то, что газообмен на высоте, как и в нормальных условиях, определяется процессом диффузии. В своих исследованиях Баркрофт так же обнаружил, что низкие цифры PaO_2 (82-86%) у жителей высокогорья свидетельствуют о недонасыщении у них артериальной крови кислородом. Их артериальная кровь имела тёмный цвет, однако после вдыхания чистого кислорода она становилась ярко-красной [50].

Врач третьей по счёту экспедиции на Эверест (1924 г.) Ричард Уильям Джордж Хингстон выступил с докладом на заседании Королевского общества. Он описывал трудности физиологического характера, которые испытывали участники в Гималаях. Хингстон отметил признаки на высотах более 5800 м, которые свидетельствовали о снижении насыщения крови O_2 и ухудшении кровообращения: появление синюшности кожных покровов лица, губ, ногтей и снижение температуры тела конечностей. Уровень кровяного давления на высотах 2134, 4358, 5000 и 6400 м не изменился. Так же Хингстон, как врач, обратил внимание на индивидуальные различия в переносимости высоты. На

основании сравнения быстрого подъёма Тиссандье с товарищами на воздушном шаре в 1875 году до высоты Эвереста и смерти аэронавтов с медленным подъёмом экспедиции в 1924 году и их относительно хорошем самочувствии на аналогичных высотах, Хингстон сделал вывод о том, что медленный поэтапный набор высоты – очень эффективный метод адаптации к большим высотам. Также в этой экспедиции удалось наблюдать за тем, что лица, ранее бывавшие на высоте, приспособлялись к ней быстрее тех, кто оказывался на ней впервые.

На этом докладе присутствовали Дж. Б. Холдейн, Дж. Баркрофт, А. Хилл и другие физиологи и врачи. Они дали ему высокую оценку его сообщения, а так же добавляли различные замечания или опыт других экспериментов. Так, Дж. Холдейн рассказал об опыте своего сына Д. Холдейна. Он провёл опыт на себе, применив хлористый аммоний, чтобы вызвать ацидоз и проследить за его влиянием на функцию дыхания. Благодаря этому опыту удалось отметить, что кислород очень эффективен для людей, которые ещё неакклиматизированны. И тот же кислород почти не помогает людям с хорошей акклиматизацией. Это связано с тем, что у хорошо акклиматизированных людей при воздействии гипоксии первоначальным неблагоприятным фактором является не отсутствие кислорода, а избыток углекислоты [43].

В 1935 году отправилась международная высокогорная экспедиция в Чилийские Анды. Основной целью экспедиции было исследование биохимии крови и её способностей к транспорту кислорода. Помимо этого изучали реакции со стороны кардиореспираторной системы на стандартные физические нагрузки. Экспедиция работала в районе горы Аконквилча, где на высоте 5340 м проживало около 150 человек шахтёров. Их рудник находился на высоте 5800 м. Шахтёры ежедневно поднимались серпантинном по дороге к руднику за полтора часа. При попытках жить на этой высоте несколько месяцев они

страдали от головной боли и бессонницы, вкусовое восприятие пищи существенно менялось.

У участников и местных жителей определяли величины PO_2 в альвеолярном воздухе и артериальной крови вплоть до последнего лагеря на самой вершине горы Аконквилча (6180 м). Полученные данные не подтвердили теории Холдейна о секреции кислорода в лёгких, но свидетельствовали о том, что O_2 переходит в кровь благодаря диффузии.

Уровень насыщения гемоглобина кислородом в артериальной крови (SaO_2) был очень низким как у шахтёров, так и у членов экспедиции. Он составил всего 66%.

По мере подъёма ЧСС существенно не увеличивалось. Она повышалась только у лиц, страдающих горной болезнью. У хорошо акклиматизированных людей ЧСС становился ниже исходного уровня.

В конце работы экспедиции исследователи пришли к мнению, что акклиматизация к большим высотам в значительной степени связана с привыканием тканей к существованию в условиях сниженного парциального давления кислорода. Они поняли, что для прогнозирования переносимости больших высот пока слабо изучены роли дыхательного центра, перераспределения крови [41].

В 1937 и 1938 гг. проводились последние попытки физиологических наблюдений в условиях высокогорья перед началом второй мировой войны. Немецкие альпинисты пытались подняться на Нанга-Парбат (8125 м), который известен многочисленными жертвами среди исследователей, альпинистов и шерпов. Основная цель исследования заключалась в наблюдении за процессами приспособления к большим высотам и состоянием работоспособности в условиях высокогорья.

Они регулярно каждое утро измеряли ЧСС по мере постепенного подъёма. Серьёзных увеличений показателей не было. Однако у членов

поисковой группы, которая набирала высоту как можно быстрее и без акклиматизации, было закономерное увеличение пульса. То есть в случае, когда человек переходил свои индивидуальные границы переносимости высоты, частота пульса устойчиво повышалась.

Полученные данные позволили им выделить три фазы в развитии адаптации к горной гипоксии со стороны сердечно-сосудистой системы. Первая фаза характеризуется повышенной частотой пульса в состоянии покоя, любая физическая работа вызывает её дальнейшее и сильнейшее нарастание. Во второй фазе с увеличением времени пребывания на высоте наблюдали нормализацию частоты сердечных сокращений. Однако при физических нагрузках пульс всё равно становился выше, чем в обычных условиях. В третьей фазе после достаточно продолжительного пребывания на высотах 6000 м при увеличении потребности в кислороде просиходит резервное увеличение функции кровообращения.

Наблюдение за динамикой кровяного давления на высотах 3700, 4000 и 5900 м позволило выявить повышение систолического и диастолического давления на 30%. Однако в последующих экспедициях такого повышения не наблюдалось. Люфт (физиолог, продолживший исследование после гибели исследователей в 1937 году) полагает, что подобная реакция способствует оптимизации функции кровообращения в горах [44].

В 1951, 1952, 1953 году состоялись последовательные экспедиции на Эверест, которые позволили наблюдать за эффектом повторных приездов в горы на процессы акклиматизации. В Эверест-53 было три участника, которые были в предыдущих экспедициях. ЧСС у частично акклиматизированных лиц на высоте 6100 м составляла 80-88 уд./мин по сравнению 50-70 уд./мин на уровне моря в покое и 120-140 уд./мин при непрерывном подъёме по склону. Уровень давления оставался без изменений, в отдельных случаях немного

повышалось диастолическое давление. Во время работы на высотах 6250-6700 м начали проявляться индивидуальные различия в переносимости высоты.

После нахождения на больших высотах участников экспедиции подвергли медицинскому обследованию. У большинства не было выявлено неблагоприятных психофизиологических сдвигов. Только у троих были отмечены существенные физиологические сдвиги и признаки сильного общего истощения. Его состояние удалось улучшить только 8 часовым дыханием кислорода во время сна [39].

В сентябре 1960 г. под руководством Эдмунда Хиллари отправилась экспедиция в Гималаи с целью исследования влияния сниженного парциального давления с исключением различных неблагоприятных факторов высокогорья. Исследование проводилось в хижине-лаборатории на леднике в верховьях долины Мингбо возле Эвереста на высоте 5790 м. На высотах 4600 и 5480 м так же находились промежуточные лагеря, в которых тоже проводились исследования. Участники находились на высотах выше 4570 м более 8 месяцев.

Экспедиция полагала выяснить предельные возможности приспособления человека к хронической кислородной недостаточности. В этой экспедиции исследовались следующие показатели: гематокрит, количество эритроцитов и гемоглобина, объём крови и её насыщение кислородом, водный баланс, основной обмен, частота пульса в покое и при велоэргометрических нагрузках, минутный объём крови и минутный объём дыхания, электрокардиограмма, диффузионная способность лёгких, газообмен, вентиляторная реакция на дыхание газовыми смесями с различным содержанием O_2 и CO_2 , зрительная и слуховая функции, психометрические тесты и т. д.

Сведения о составе альвеолярного воздуха на разных высотах позволили выявить, что при достаточной акклиматизации человек способен переносить очень низкие величины PO_2 во вдыхаемом воздухе и в артериальной крови. Средний уровень насыщения артериальной крови кислородом на высоте 5790 м

был равен 67 %. Частота сердечных сокращений при нагрузках небольшой и умеренной мощности на 5790 м была выше, чем на уровне моря. Со временем максимальные величины ЧСС на этой высоте снизились со 180-196 уд./мин до 130-150 уд./мин и так же наблюдались индивидуальные различия в реакциях пульса. Когда на хижину доставляли участников вертолётom на 1-2 часа, их самочувствие оставалось нормальным. Однако когда они при таком способе подъёма оставались на последующие ночёвки, их самочувствие резко ухудшалось и они переживали различные комбинации признаков острой горной болезни. Однако при постепенном подъёме к хижине за 18 дней у участников такой реакции не было.

После экспедиции на основании полученных данных исследователи пришли к выводу, что наибольшей высотой, к которой способен адаптироваться человек и постоянно проживать без ущерба для здоровья, является 5330 м с индивидуальными отклонениями ниже этого уровня [48].

В 1963 г. на Эверест отправилась экспедиция альпинистов США. Руководил экспедицией Диренфурт Н. Г. В экспедиции собрали научный материал по проблемам физиологии, психологии, социологии и солнечной радиации. В физиологических исследованиях целью было изучение реакции организма на гипоксию и роли, которую играют при этом адаптивные реакции системы крови и надпочечников.

С помощью трёхминутного степ-теста исследовались реакции сердечно-сосудистой системы на умеренную нагрузку на высотах 3900, 5430 и 6500 м. Они заметили, что при той же нагрузке в процессе акклиматизации повышение частоты пульса и уровня кровяного давления менялось. В первую неделю на высоте 5430 м реакции сердечно-сосудистой системы выражались сильнее, чем на уровне моря. В течение последующих двух недель интенсивность реакции снижалась, пока не стала ниже доэкспедиционных величин, что

свидетельствовало о том, что система приспособилась к условиям гипоксии [37].

В 1973 г. на Эверест отправилась итальянская экспедиция под руководством Г. Монцино. В ней было 64 участника, 70 шерпов для работы на больших высотах и 2000 носильщиков для переноски грузов в базовый лагерь на леднике Кхумбу.

Известно, максимальная аэробная производительность у акклиматизированных людей на больших высотах обусловлена уменьшением доставки кислорода работающим мышцам, вызванным снижением P_{aO_2} и % $SaHbO_2$, а также уменьшением сердечного выброса в результате возросшей вязкости крови или гипоксии миокарда. Но это не объясняет снижение физической работоспособности, составляющее на высотах 5300 и 5500 м на 30-45 %. Поэтому была выдвинута гипотеза о том, что определённую роль в этом должны играть факторы, локализованные на периферическом уровне и включающие микроциркуляцию, диффузию кислорода внутри капилляров и через капиллярно-тканевый барьер и мышечный метаболизм. Эксперименты в экспедиции были направлены на проверку этой гипотезы.

Из интересных наблюдений является то, что вдыхание O_2 на высоте 5350 м увеличило показатели $VO_2 \max$ и $HR \max$, но несущественно, а до исходных значений поднять эти показатели не удалось. Определённую роль в механизме такого явления имеет место регионарное перераспределение крови уже в условиях покоя: увеличение центрального (лёгкие, сердце, мозг) и уменьшение периферического кровотока [46].

В данный момент времени среди современных исследований имеются следующие исследования. В 2015 году Шаов М.Т. провёл исследование на 11 людях с целью измерить динамику сатурации кислорода в крови. Исследование проводилось в районе г. Эльбрус на лицах 22-23 лет в пяти местах: г. Нальчик (512 м), поляна «Азау 1» (2300 м), станция «Мир» (3500), спуск после

восхождения на поляне «Алау 2» и в г. Нальчике (512 м). Исследование проводилось с интервалом 1 день между днями проведения измерений. В ходе исследования авторы выявили снижение SpO₂ на «Азау 1» и станции «Мир». Однако после спуска на этих же высотах организм имел большие показатели сатурации, нежели исходные. Так же они выявили скорость закрепления адаптации на высоте 3500 м – 3 дня [1].

В 2012 году З.У. Арабова исследовала оксигенацию артериальной крови людей, находящихся в условиях высокогорья, по парциальному давлению кислорода (pO₂), насыщению крови кислородом (sO₂) и концентрации гемоглобина. В исследовании принимали участие 26 человек в возрасте 20-26 лет. Само исследование проводилось в условиях высокогорья на высоте 3200 м. Они провели три серии исследований – до восхождения (680 м), в условиях высокогорья (3200 м), после нахождения в высокогорье (680 м). Выводом исследований стало снижение pO₂ на 17,4 % на высоте 3200м, снижение pO₂ на 3,3 % и повышение концентрации гемоглобина на 20,5 % по сравнению с изначальными показателями [34].

2 Организация, контингент и методы исследования

2.1 Организация и контингент исследования

Исследование проводилось в несколько этапов:

1. Первый этап (с сентября 2018 по январь 2019) – анализ научно-методической литературы, выбор методов и инструментария исследования.
2. Второй этап (с 05 августа по 19 августа 2019 года) – эксперимент во время похода в условиях среднегорья.
3. Третий этап (с сентября 2019 по декабрь 2019 года) – интерпретация полученных результатов.

В течение первого этапа было проанализировано 25 источников. В результате анализа источников были изучены особенности организации горных походов, особенности состояния кардиореспираторной системы туристов в условиях горных походов.

В течение второго этапа проводилось обследование туристов туристского клуба СФУ. Данная группа под руководством Павлюца С.С. выехала в район Тянь-Шаня с целью прохождения горного похода 1-2 категории сложности. Ввиду погодных условий категорию выполнить не удалось. Однако участники успели преодолеть один перевал и 36 км в горном районе с диапазоном высот от 2150 до 3900 м над уровнем моря. Контингент исследования – молодые люди в возрасте от 20 до 33 лет. Всего было обследовано 13 человек: 7 мужчин и 6 женщин. Согласно возрастной периодизации обследуемые относились к юношескому (4 мужчины и 4 женщины) и зрелому (первый период) возрасту (3 мужчины и 2 женщины).

Измерения проводились от 5 до 6 раз в день, в зависимости от наличия перевала в походном дне. Первое измерение проводилось утром, сидя в спальнике и палатке после пробуждения; второе – после сбора лагеря; третье – после 10 минут на привале на обед; четвертое – спустя 10 минут после

последнего привала (ночлег); пятое – непосредственно перед сном; шестое – на перевале спустя 10 минут отдыха.

Количество измерений выбрано исходя из возможностей сделать замеры. Шесть измерений – максимальное количество измерений, которое наносит минимальный временной урон группе. Также измерения проводились после похода, чтобы измерить скорость восстановления после нагрузки.

Третий этап включал в себя математическую обработку результатов измерений, построение графиков, анализ и формулировку выводов исследования.

2.2 Методы исследования

Анализ литературы позволил нам определить особенности адаптации кардиореспираторной системы к условиям горных походов, подобрать методы исследования.

Для оценки состояния кардиореспираторной системы применялись следующие физиометрические методы:

1. пульсиксмометрия;
2. измерение артериального давления и частоты сердечных сокращений.

Пульсиксмометрия – метод, позволяющий определить количество кислорода в крови. Он основан на том, что гемоглобин крови способен поглощать свет, имеющий определённую длину волны. То есть гемоглобин представляет собой что-то вроде фильтра, а его цвет напрямую зависит от количества имеющихся молекул кислорода. Ввиду этого пульсиксмометрия используется как один из видов диагностики уровня гемоглобина в крови. Одним из наиболее оптимальных методов определения влияния изменения высоты на акклиматизацию участника является контроль за сатурацией кислорода в крови.

Пульсиксометр – прибор измерения кислорода в крови. Технология, используемая в этом устройстве, базируется на следующих физических принципах: изменение степени поглощения световых волн гемоглобином в зависимости от уровня насыщенности крови кислородом; пульсации светового потока через артериальное русло при каждом биении сердца. Внутри находятся две светодиодные лампочки, которые излучают волны разных частот и воспринимаются фотодетектором. Электронный блок устройства анализирует количество излученного и принятого сигнала, производит необходимые вычисления и выдаёт индикацию на экран прибора [21].

В нашем исследовании применялся пульсиксометр «Armed» (модель УХ301), как наиболее точный и удобный измерительный прибор в ходе горного похода.

В походе тестировались участники разного возраста и с разным уровнем подготовленности: руководитель со стажем организации спортивных горных походов пятой категории сложности и участия в спортивных горных походах шестой категории сложности; студенты со стажем организации походов первой категории сложности и участия во второй категории сложности; студенты – участники горных походов первой категории сложности.

Помимо пульсиксометрии измерялось также артериальное давление и частота сердечных сокращений у участников с помощью тонометра «A&D medical» (модель UB-201). Измерение проводились согласно общепризнанной методике: испытуемый сидит, манжетатометра надевается на левую руку, согнутую в локте, ладонь лежит на груди или плече.

Также проводилось ранжирование участников похода по степени их физической подготовленности. Поскольку дать объективную оценку степени физической готовности участников к походу, по ряду причин было невозможно, уровень подготовленности был оценен экспертным путём (Азгальдов и др., 2012) исходя из режима физической активности участников до похода, и специфических особенностей того вида спорта, которым

занимаются отдельные участники. Подготовленность каждого участника оценивалась в ранговой шкале. Более высокий уровень подготовки оценивался более высоким рангом (от 13 у готового наилучшим образом участника до 1). Если готовность нескольких участников оценивалась как равная, их ранги усредняли (например, 5,5 в случае двух близких по степени подготовки участников, претендовавших на ранги 6 и 5).

Для обработки полученных результатов применялись методы математической статистики.

На первом этапе статистической обработки данных мы провели разведочный анализ для:

- выявления структуры связей между переменными и
- удаления неинформативных переменных.

В качестве конкретного метода разведочного анализа нами был выбран факторный анализ. Его смысл заключается в поиске так называемых «факторов» – скрытых переменных, которые не были описаны и измерены изначально, но с которыми связаны изучаемые признаки. Те исследуемые признаки, которые слабо связаны с найденными «факторами», исключаются из дальнейшего анализа. Если же несколько признаков оказались тесно связанными с каким-либо «фактором» (в терминологии статистики – имеют высокую факторную нагрузку), то зависимости между ними исследуются уже более подробно, с применением иных методов [36].

Одним из условий применимости факторного анализа в его классическом виде является использование только количественных переменных. В работе же кроме количественных признаков проанализированы также порядковые (уровень подготовки участников) и номинальные (пол и код, присвоенный каждому из участников). Однако, мы использовали вариант этого метода FAMD (factor analysis of mixed data), позволяющий обрабатывать данные, измеренные или оцененные в разных шкалах.

После завершения факторного анализа была оценена сила связи между уровнем содержания кислорода в крови, показателями деятельности сердечно-сосудистой и влияющими на неё переменными. Поскольку отсутствовали основания предполагать, что распределения изучаемых признаков относятся к какому-либо параметрическому семейству, для дальнейшего анализа были выбраны более универсальные непараметрические методы.

Для оценки связи изучаемых показателей с качественным признаком (пол) был использован критерий Вилкоксона – Манна – Уитни (далее критерий Вилкоксона), для которого рассчитывали собственно значение критерия W и уровень значимости p . С помощью критерия Вилкоксона проверяют гипотезу о равенстве средних значений или медиан двух выборок. Различие считали доказанным, если p был равен или меньше общепринятого порога 0,05 [36].

Связь исследуемых показателей с порядковым (уровень подготовки) и количественными (высота над уровнем моря и другие) изучали с помощью корреляционного анализа по методу Спирмена. Как и любой другой вид корреляционного анализа, метод Спирмена позволяет оценить силу и направление связи. Величина коэффициента корреляции ρ , равная нулю, говорит о полном отсутствии зависимости одной переменной от другой. Близкое к 1 значение ρ указывает на тесную положительную связь между признаками, близость к -1 – на отрицательную. Достоверность связи также оценивалась с помощью уровня значимости. Если p для коэффициента ρ был меньше или равен 0,05, связь считали реально существующей [36].

Количественное описание связи между показателями деятельности сердечно-сосудистой системы и влияющими на них факторами выполняли с помощью линейного регрессионного анализа или регрессии по методу наименьших квадратов [36].

Все статистические расчёты выполнены в среде статистической обработки R (R Core Team, 2018) [38].

3 Особенности реакции кардиореспираторной системы участников похода на физическую нагрузку

3.1 Влияние условий похода и индивидуальных особенностей участников на функциональное состояние их кардиореспираторной системы

Большой интерес представляет не столько изучение динамики показателей, как выявление зависимостей между показателями и условиями похода. С целью установления данных связей применялся факторный анализ.

Связь ЧСС с другими признаками отличается наиболее сложной структурой. Во-первых, это единственный признак, который имеет высокую нагрузку на оба выделенных при разведочном анализе «фактора» (табл.1).

Таблица 1 – Значения факторных нагрузок для «факторов», полученных в результате FAMD

Исследуемый признак	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5
Имя	28,1	3,3	51,0	40,6	69,2
Пол	18,7	0,0	8,6	1,4	12,8
Возраст	6,3	0,2	37,2	2,3	1,3
Уровень подготовки	19,5	0,1	0,9	9,8	10,3
День с начала похода	0,0	22,1	0,3	1,1	0,9
Время измерения	0,0	0,4	0,0	1,4	0,0
Высота над уровнем моря	0,0	27,3	0,2	1,1	0,4
Изменение высоты над уровнем моря	0,0	5,7	0,1	0,5	1,5
Содержание кислорода в крови	0,0	23,8	0,0	2,0	2,0
ЧСС	7,3	11,6	0,0	0,0	0,1
АДС	11,8	1,4	0,2	20,5	1,1
АДД	8,2	4,1	1,3	19,1	0,3

Примечание: наиболее сильные нагрузки, использованные при интерпретации "факторов" и дальнейшем анализе, выделены жирным шрифтом.

С учётом интерпретации результатов факторного анализа это означает, что ЧСС зависит от индивидуальных особенностей и от высоты над уровнем моря.

Мы предположили, что на значения ЧСС могли повлиять следующие факторы: пол, уровень подготовки, возраст, высота над уровнем моря. Установлено, что связь с ЧСС имеет гендерную привязку (таблица 2). Для возраста связь, формально значимая статистически, реально почти не проявляется ($\rho \approx 0$). Напротив, для уровня подготовки и высоты над уровнем моря связь, хоть и слабая, существует в действительности (рисунок 2).

Таблица 2. Характеристики тесноты связи ЧСС с переменными, потенциально способными повлиять на неё

Признак	W	ρ	p
Пол	45168	–	$1,90 \times 10^{-13}$
Уровень подготовки	–	-0,335	$5,88 \times 10^{-15}$
Возраст	–	-0,089	0,043
Высота над уровнем моря	–	0,403	$2,20 \times 10^{-16}$

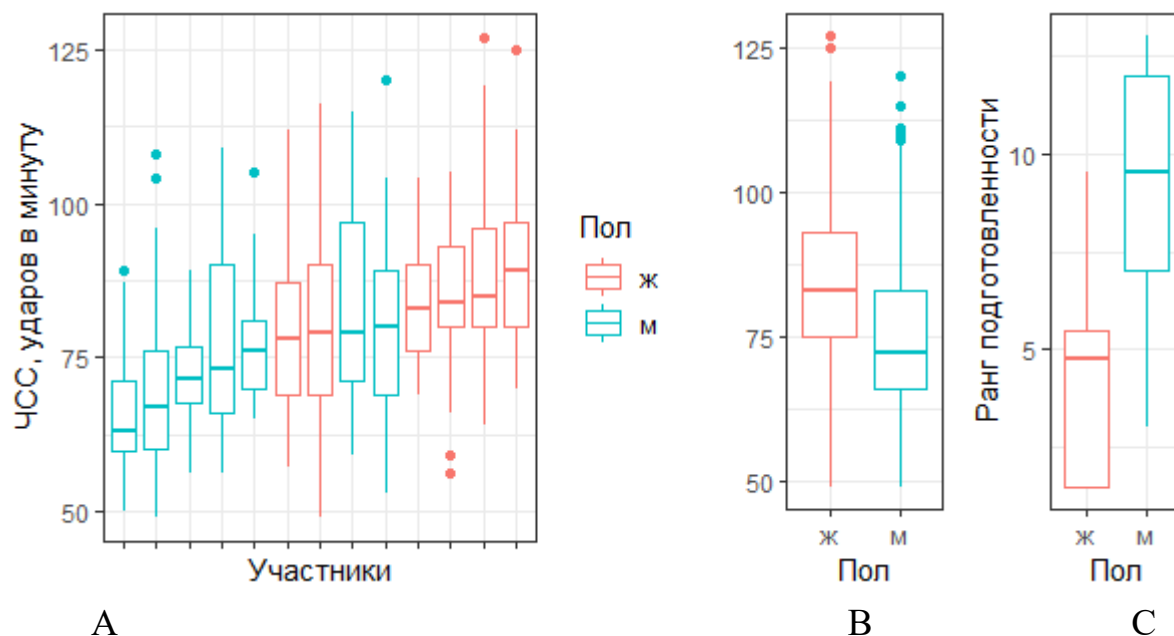


Рисунок 2 – Наличие связи между величиной ЧСС и особенностями участников похода

Примечание: А – зависимость ЧСС от индивидуальных особенностей участников похода; В – зависимость ЧСС от пола участника; С – зависимость уровня подготовки от пола. Обозначения: жирная горизонтальная линия – медиана для ЧСС; прямоугольник – квартильный размах; вертикальные линии – размах; точки – резко выделяющиеся наблюдения.

Следует отметить, что выявлена связь между уровнем подготовки и полом ($W = 6,5$; $p = 0,045$). Уровень подготовки мужчин-участников похода заметно выше, чем женщин.

Анализ динамики артериального давления показал, что как систолическое, так и диастолическое давление, зависит только от индивидуальных особенностей организма. АДС имеет хорошо выраженную зависимость от пола (таблица 3). Корреляция артериального давления с уровнем подготовки и возрастом значима статистически, но слишком слаба (рисунок 3, 4).

Таблица 3. Характеристики тесноты связи АДС и АДД с переменными, потенциально способными повлиять на них

Признак	АДС			АДД		
	W	ρ	p	W	ρ	p
Пол	19858	–	$1,10 \times 10^{-14}$	24962	–	$2,78 \times 10^{-6}$
Уровень подготовки	–	0,267	$7,90 \times 10^{-10}$	–	0,144	0,001
Возраст	–	0,136	0,002	–	0,246	$1,64 \times 10^{-8}$

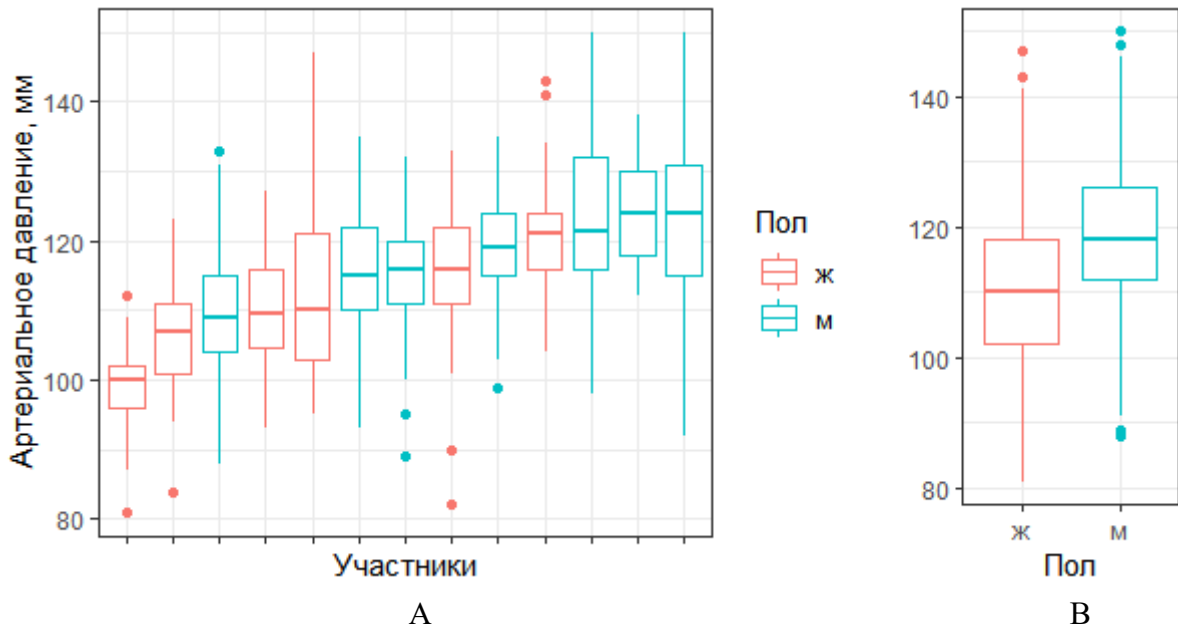


Рисунок 3 – Наличие связи между величиной систолического артериального давления и особенностями участников похода

Примечание: А – зависимость АДС от индивидуальных особенностей участников похода; В – зависимость АДС от пола участника.

Обозначения: жирная горизонтальная линия – медиана для ЧСС; прямоугольник – квартильный размах; вертикальные линии – размах; точки – резко выделяющиеся наблюдения.

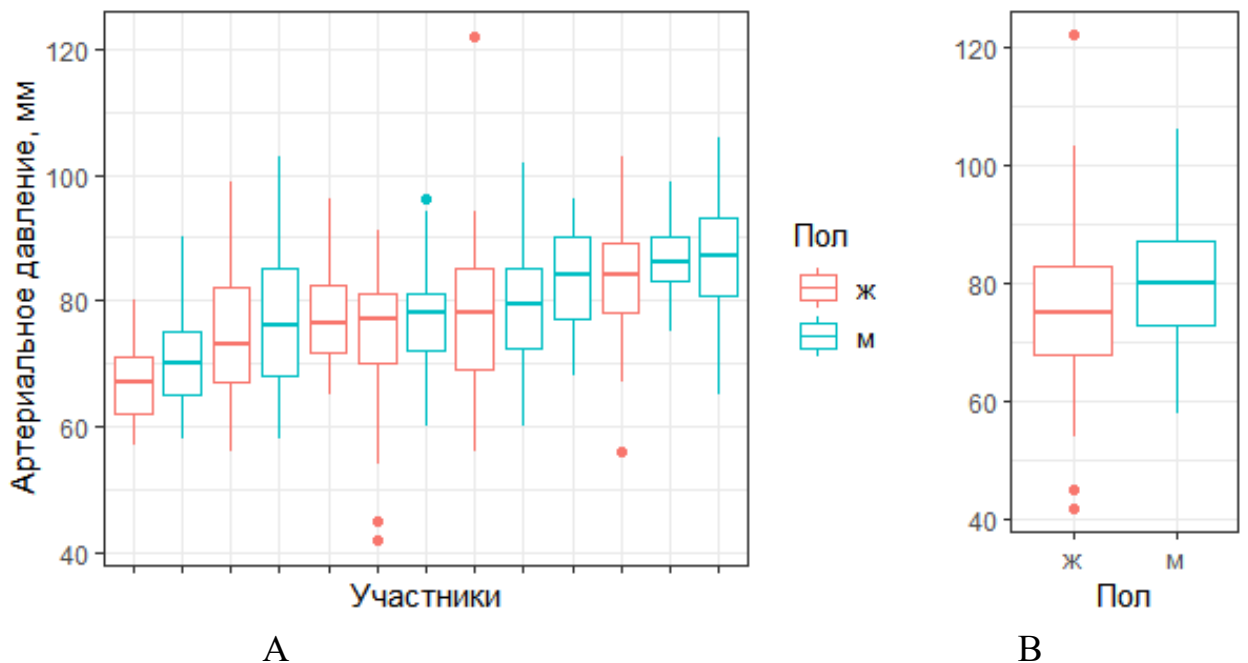


Рисунок 4 – Наличие связи между величиной диастолического артериального давления и особенностями участников похода

Примечание: А – зависимость АДД от индивидуальных особенностей участников похода; В – зависимость АДД от пола участника.

Обозначения: жирная горизонтальная линия – медиана для ЧСС; прямоугольник – квартильный размах; вертикальные линии – размах; точки – резко выделяющиеся наблюдения.

Показатели сатурации кислорода в крови определялись исключительно высотой над уровнем моря. Связь отличается значительной теснотой и хорошо подтверждена статистически ($\rho = -0,732$, $p = 2,20 \times 10^{-16}$). Будучи практически монотонной, эта связь в значительной степени нелинейна (рисунок 5). Наличие выраженной корреляции этого показателя с полом или уровнем подготовки участников похода не установлено.

Таким образом, ЧСС участников похода зависела от их пола, уровня подготовки и высоты над уровнем моря. Артериальное давление имело хорошо выраженную зависимость от пола (в большей степени проявлялось для АДС). Корреляция АДС и АДД как с уровнем подготовки, так и с возрастом, значима статистически. Содержание кислорода в крови зависит исключительно от высоты над уровнем моря.

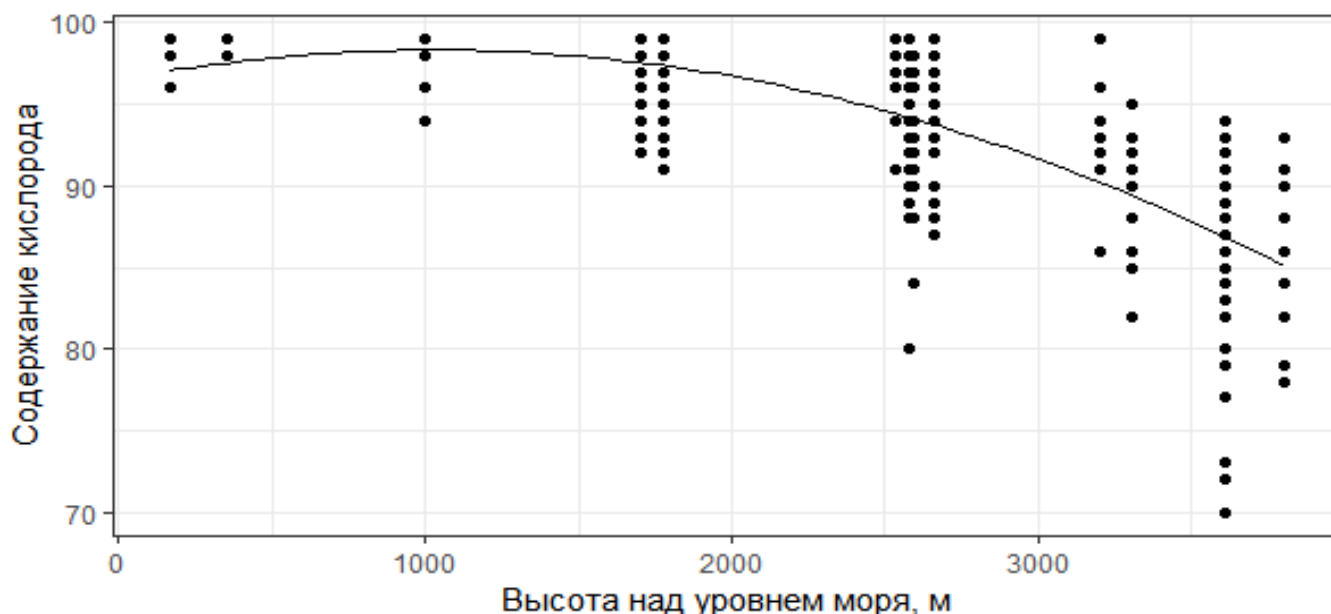


Рисунок 5 – Зависимость содержания кислорода в крови участников похода в зависимости от высоты над уровнем моря

При сопоставлении полученных нами результатов с литературными данными установлено, что выявленная нами зависимости уровня сатурации от высоты отмечались и у студентов факультета туризма Казахской академии спорта и туризма, обследованных М. И. Иргебаевым. Также этим автором отмечалось, что процесс акклиматизации зависит от квалификации туриста, она выше у подготовленного участника, чем у менее подготовленного. Наблюдаемая зависимость ЧСС от высоты над уровнем моря зафиксирована и в работе А. Н. Макогонова с соавторами, которые утверждают, что ходьба в горах по ровной и пересеченной местности, а также на подъем сопровождается выраженной реакцией организма на нагрузку, увеличение высоты местности, связанное с ходьбой в гору, сопровождается линейным ростом напряженности нагрузки [6; 10; 11; 12; 21; 32]

3.2 Динамика показателей кардиореспираторной системы в течение похода

С целью выявления динамики респираторных и гемодинамических показателей туристов проведено сравнение величины частоты сердечных сокращений, артериального давления и сатурации кислорода в крови у участников в зависимости от пола и высоты их нахождения. Первоначально участники были еще поделены на возрастные группы: юношеский и зрелый (первый период) возраст, но ввиду отсутствия различий по исследуемым параметрам, близости возрастных периодов в онтогенезе и немногочисленности выборки, было решено учитывать только гендерные различия. Таким образом, рассматривались средние значения для мужской и женской групп.

Так как наблюдалось наличие корреляционной связи между высотой над уровнем моря и кардиореспираторными показателями, было решено проводить сравнение по средним значениям с учетом высоты.

Первоначальные измерения, проведенные на высоте 350 метров (г. Красноярск) находились в пределах возрастных норм, при этом не наблюдалось различий между группами по уровню сатурации кислорода, частота сердечных сокращений была выше у женщин, а систолическое артериальное давление у мужчин (таблица 4).

Таблица 4. Показатели кардиореспираторной системы участников похода на высоте 350 м ($M \pm m$)

Пол	SpO ₂ , %	ЧСС, уд/мин	АДС, мм рт.ст.	АДД, мм рт.ст.
ж	98,67±0,52	78,17±10,63	103,5±6,83	70,83±7,96
м	98,43±0,53	67,29±9,55	114,43±9,32	71,29±8,04

Примечание: здесь и далее М – среднее значение, m – стандартное отклонение.

В дальнейшем по достижении среднегорья измерения проводились ежедневно, утром 12.08.2019 группа находилась на высоте 2660м, а к вечеру поднялась на высоту 3611 м. Изменения показателей представлены в таблице 5.

Таблица 5. Показатели кардиореспираторной системы участников похода ($M \pm m$) на момент начала адаптации к среднегорью (12.08.2019 г).

Пол	Высота, м	SpO ₂ , %	ЧСС, уд/мин	АДС, мм рт.ст.	АДД, мм рт.ст.
ж	2660	94,00±1,94	87,22±9,5	118,06±15,28	80,72±16,08
	3611	87,62±3,69	97,29±7,23	111,5±11,72	80,29±13,78
м	2660	92,95±3,15	76,43±13,74	122,19±11,94	84,1±8,43
	3611	83,96±6,06	93,61±11,6	118,11±13,84	81,82±12,4

Анализ полученных данных показал, что независимо от пола при подъеме наблюдалось снижение сатурации кислорода в крови, увеличение ЧСС и АДС, что вероятно являлось компенсаторным механизмом адаптации.

В дальнейшем наблюдалась четкая зависимость функциональных показателей от высоты (таблица 6).

Таблица 6. Показатели кардиореспираторной системы участников похода (M±m)

Пол	Дата	Высота, м	SpO ₂ , %	ЧСС, уд/мин	АДС, мм рт.ст.	АДД, мм рт.ст.
ж	13.08	2577	93,67±1,5	88,92±9,22	117,25±11,39	78,17±16,86
	14.08	2577	89,94±4,74	97,56±11,49	114,28±13,74	81,11±14,08
	15.08	1778	90,63±5,12	94,93±10,7	108,4±10,51	75,13±10,29
	16.08	1701	95,77±1,83	75,7±10,08	111,47±11,47	76,97±9,47
	17.08	1701	97,23±1,38	77,4±11,35	113,7±9,55	77,93±9,07
	18.08	1701	97,17±2,0	75,1±9,34	108,8±10,54	72,13±10,02
	19.08	164	98,2±1,3	79,6±9,94	111,00±9,51	69,6±7,02
м	13.08	2577	93,00±3,53	75,00±11,00	125,57±11,2	86,5±8,74
	14.08	2577	88,02±5,92	89,9±15,10	119,67±13,51	83,1±11,57
	15.08	1778	90,06±6,66	88,14±14,12	114,97±11,44	79,14±10,13
	16.08	1701	95,03±2,27	68,60±9,20	119,23±6,91	81,31±8,95
	17.08	1701	95,74±2,02	69,43±8,58	120,57±11,71	78,86±9,38
	18.08	1701	97,06±1,73	67,03±8,45	120,54±12,32	80,09±9,9
	19.08	164	98,4±1,34	76,00±5,43	114,6±11,26	74,8±8,11

Таким образом, при увеличении высоты отмечалось снижение сатурации кислорода в крови, рост частоты сердечных сокращений и артериального давления. ЧСС близка, а уровень сатурации ниже, результатов исследований М.И. Иргебаева (2017) и А.Н. Макогонова с соавторами (2018) [9; 10; 11; 12; 21].

В нашем исследовании ЧСС нарастала вместе с набором высоты над уровнем моря, к таким же результатам пришёл автор Логвинов В. С. [13].

Различия по величине артериального давления между мужчинами и женщинами также подтверждалось в работах Демидова В. А., Куликова В. Ю., Семенова Т. Т. [7; 17; 26]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило сделать следующие выводы:

1. При организации горных походов необходимо учитывать, что на человека, воздействуют факторы: снижение температуры окружающей среды, снижение влажности, интенсивная физическая нагрузка, снижение поступления воды, пониженное атмосферное давление, низкое парциальное давление кислорода, резкие колебания влажности и температуры, повышенная солнечная радиация, высокая ионизация воздуха, высота, ограниченное время. В результате возникает уменьшение объёма циркулирующей крови и ухудшение кровообращения, повышается потребность в кислороде. Поэтому в походе важно провести правильную акклиматизацию.

2. Известны два тактических способа акклиматизации – ступенчатая (подъем на высоту, адаптация 2-3 дня, возобновление подъема) и постепенный набор высоты. Наиболее эффективным считается сочетание этих двух тактик акклиматизации, так как обеспечат достаточное время для акклиматизации и уменьшат риск развития горной болезни.

3. Анализ данных показал, что ЧСС в большей степени определялась высотой над уровнем моря и уровнем подготовки туристов, артериальное давление имело корреляцию с полом обследованных, а уровень сатурации кислорода определялся высотой над уровнем моря. Независимо от пола при подъеме наблюдалось снижение сатурации кислорода в крови (до 87,62% у женщин и 83,96% у мужчин на максимальной высоте) и АДС (111,5 мм рт.ст и 118,11мм рт.ст), увеличение ЧСС (97,29 и 93,61уд/мин соответственно), что вероятно являлось компенсаторным механизмом адаптации.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1) Для эффективной адаптации участников группе важно планировать регулярные перепады высот до 1000 м. В результате получится пилообразный график движения, который является мощнейшим стимулятором перестройки организма в процессе прохождения горного маршрута.

2) В дни горного похода особенно важно дозировать нагрузку, не допуская значительного утомления и переутомления туристов. Большая часть участников, как правило, живёт на равнинной местности. В связи с этим в начале маршрута они могут испытывать значительные нагрузки. Чтобы этого не произошло, маршрут следует начинать по возможности с не более чем 2000 метров над уровнем моря.

3) Во время пребывания на высоте важно сохранять высокую двигательную активность, чтобы снизить негативные эффекты краткосрочной адаптации к гипоксии.

4) При выборе темпа движения группы важно ориентироваться на темп самого слабого участника. Если слабое звено группы перегрузится и получит срыв адаптации, группа получит серьёзный урон, который в лучшем случае замедлит её движение или приведёт к срыву маршрута. В худшем случае участнику понадобится эвакуация.

5) Самому слабому участнику нужно идти в таком темпе, чтобы усиливающееся влияние гипоксии успевало снизиться за счёт действия компенсаторных механизмов организма.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шаов, М. Т. Изменение сатурации кислорода в организме человека в условиях высокогорной импульсной гипоксии / М. Т. Шаов, О. В. Пшикова, М. Х. Циканова // Евразийский союз учёных. – 2015. – № 3. – С. 64–67.
2. Фельдман, Г. Э. Польша, 1833-1886 / Г. Э. Фельдман, С. Н. Ефуни, Г. И. Куренков и др. – Москва : Наука, 1979. – 287 с.
3. Факов, А. М. Особенности акклиматизации и адаптации к условиям горной местности / А. М. Факов // Современный учёный. – 2017. – № 4. – С. 108–111.
4. Тимушкин, А. В. Проектирование тренировки квалифицированных спортсменов в условиях высокогорья: дис. ... доктора пед. наук : 13.00.04 / Александр Владимирович. – Балашов, 1998. – 376 с.
5. Сосин, Д. В. К вопросу о классификации гипоксических состояний / Д. В. Сосин // Вестник Смоленской медицинской академии. – 2009. – №3. – С. 58-60.
6. Сморгачев, В. Ю. Медико-биологические аспекты повышения оздоровительной эффективности горных походов выходного дня у студентов / В. Ю. Сморгачев, Л. С. Петрик // Наука и спорт: современные тенденции. – 2014. – №2. – С. 109-116.
7. Семенова, Т. Т. Возрастные и половые различия временной организации физиологических функций / Т. Т. Семенова, М. Ю. Швецов // Читинский государственный университет. – С. 233-235. Режим доступа: <https://ws.studylib.ru/doc/2527321/vozzrastnye-i-polovye-razlichiya-vremennoj-organizacii> (дата обращения: 22.06.2020).
8. Науменко, С. Е. Горная болезнь: Учебное пособие / С. Е. Науменко. –Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2018. – 72 с.
9. Минина, Е. Н. Динамика напряжения адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы в процессе спортивно-оздоровительного

туристического пешего похода / Е. Н. Минина, А. Н. Гребнев, П. В. Финогентов // International scientific review. – 2015. – №8. – С. 14-21.

10. Макогонов, А.Н., Макогонова Т.А., Иргебаев М.И. Характеристика тяжести нагрузки в горах в зависимости от высоты, рельефа местности и скорости ходьбы // Наука и спорт: современные тенденции. – 2019. – № 3. – С. 130–135.

11. Макогонов, А. Н. Эффекты активного отдыха человека в горной местности и условия его оптимизации / А. Н. Макогонов // Наука и спорт: современные тенденции. – 2014. – №2. – С. 23-28.

12. Макогонов, А. Н. Сравнительный анализ адаптации туристов к физическим нагрузкам в горных условиях в зависимости от категории сложности похода / А. Н. Макогонов, М. И. Иргебаев, Б. К. Закирьянов, М. С. Ганитаев, К. М. Омаров // Теория и методика физической культуры. – 2018. – №4. – С. 130-134.

13. Логвинов, В. С. Особенности адаптации руководителей и участников зимних спортивных походов к экстремальным условиям их проведения / В. С. Логвинов, Г. И. Куликова, В. А. Семиреков, А. Н. Трунтягин, В. К. Шеманаев // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2015. – №6. – С. 257-262.

14. Литвиненко, С. Н. Групповые и индивидуальные стратегии адаптации человека к условиям высокогорного восхождения / С. Н. Литвиненко, В. Б. Воинов, К. В. Дваденко, Е. А. Черногубова // Теория и практика прикладных и экстремальных видов спорта. – 2010. – № 3. – С. 68–70.

15. Лебедев, А. А. Методология планирования спортивных горных туристских маршрутов / А. А. Лебедев // Экстремальная деятельность человека. – 2018. – № 2. – С. 52–57.

16. Кун, Н. А. Легенды и мифы древней Греции / Н. А. Кун. – Москва : Учпедгиз, 1957. – 463 с.

17. Куликов, В. Ю. Гендерные особенности толерантности к физической нагрузке и реакции восстановления с использованием феномена

гистерезиса / Ю. В. Куликов, Е. Е. Романов, К. А. Кошлич, Г. И. Байкалов, Г. А. Дмитриев // Медицина и образование в сибире. – 2014. – №5. – С. 16-23.

18. Корягина, Ю. В. Горный туризм: эффекты срочной адаптации сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма человека (урочище Джилы-Су в приэльбрусье) / Ю. В. Корягина, Г. Н. Тер-Акопов, Л. Г. Роголева, С. В. Нопин // Курортная медицина. – 2019. – № 1. – С. 54–57.

19. Квашин, А. П. Физиологическая характеристика оздоровительных и экстремальных видов спортивной деятельности в условиях среднегорья и высокогорья: дис. ... канд. биол. наук : 03.00.13 / Александр Петрович Квашин. – Ульяновск, 2008. – 142 с.

20. Исаев, А. П. Функциональное состояние кардиореспираторной системы бегунов в первые два дня деакклиматизации после двадцати дней пребывания в верхнем среднегорье / А. П. Исаев, В. В. Эрлих // Человек. Спорт. Медицина. – 2012. – № 8. – С. 34–37.

21. Иргебаев, М. И. Влияние высоты на адаптацию к горным условиям во время спортивных походов / М. И. Иргебаев // Теория и методика физической культуры. – 2017. – № 2. – С. 17–22.

22. Евсеева, М. А. Механизмы развития острой гипоксии и пути её фармакологической коррекции / М. А. Евсеева, А. В. Евсеев, В. А. Правдцев, П. Д. Шабанов // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2008. – № 1. – С. 3–25.

23. Дудченко, Н. В. Обеспечение безопасности в горном походе со студентами вузов / Н. В. Дудченко // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2017. – № 2. – С. 1–5.

24. Долгополов, Л.П. Практика высотной акклиматизации спортсменов-туристов группы дисциплин «Маршрут горный» / Л.П. Долгополов // Матералы научной и научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма. – 2018. – № 1. – С. 163–164.

25. Долгополов, Л. П. Спортивная акклиматизация в условиях высокогорья / Л. П. Долгополов, Е. В. Галко, В. В. Кравец // Материалы научной и научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма. – 2017. – № 1. – С. 172.

26. Демидов, В. А. Половые особенности краткосрочной адаптации сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку / В. А. Демидов, Н. Ш. Хаснутдинов, Ф. А. Мавлиев, Д. Н. Мальцев // Вестник ЮурГУ. – 2008. – №19. – С. 135-137.

27. Грачёв, В. И. Гипоксия и гипоксемия, их причины и последствия для человека / В. И. Грачёв, И. Т. Севрюков // Ветеринарные науки. – 2018. – №17. – С. 12-30.

28. Газенко, О. Г. Физиология человека в условиях высокогорья / О. Г. Газенко. – Москва : Наука, 1987. – 517 с.

29. Вербицкий, Е. В. К пониманию механизмов адаптации человека к условиям высокогорья / Е. В. Вербицкий, В. Б. Бойнов, С. Н. Литвиненко, К. В. Дваденко, Ю. Ю. Сысоева // Журнал фундаментальной медицины и биологии. – 2012. – №3. – С. 45-53.

30. Борисенко, О. В. Срочная адаптация к условиям среднегорья методом гипоксической тренировки / О. В. Борисенко, В. В. Храмов // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2012. – №8. – С. 30-35.

31. Бельченко, Л. А. Адаптация человека и животных к гипоксии разного происхождения / Л. А. Бельченко // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – №7. – С. 33-39.

32. Ахметова, А. Т. Исследование влияния особенностей функционального состояния организма альпинистов после высокогорных восхождений / А. Т. Ахметова // Сборник материалов 18 Международной научно-практической конференции, посвящённой 415-летию города Томска «Возможности развития краеведения и туризма сибирского региона и

определённых территорий» 31 октября – 01 ноября. – Томск: б. и., 2019. – С. 239-242.

33. Арадахов, Ш. Г. Содержание и методика базовой подготовки в горном туризме: дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / Шамиль Гусейнович Арадахов. – Махачкала, 2010. – 156 с.

34. Арабова, З. У. Оценка параметров оксигенации в условиях высокогорья / З. У. Арабова, Ф. А. Шукуров, Е. В. Малышева, А. В. Гулин // Вестник российских университетов. Математика. – 2012. – № 4. – С. 1282–1284.

35. Аленцев, И. К. Школа альпинизма. Учебное пособие / И. К. Аленцев, Р. А. Брык, А. В. Васильев, Р. Вайтхед, А. Е. Волков, С. В. Веденин, И. Т. Душарин, А. Н. Мариев, В. А. Молодожен, А. В. Кузмицкий, А. Д. Тырсикова, А. С. Столбова, Ю. П. Новикова, А. А. Киселев, Д. М. Киселев. – Федерация альпинизма России, 2017. – 387 с.

36. Айвазян, С. А. Теория вероятностей и прикладная статистика. Т.1. / Прикладная статистика. Основы эконометрики : учебник для вузов / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. – Москва : Юнити-Дана, 2001. – 656 с.

37. Wylie, A. Notes on the Western regions (Translated from the «Tsëen Han Shoo», Book 96, Part 1) / A. Wylie // J. Roy. Anthropol. Inst. – 1881. – № 10. – P. 20–73.

38. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018. URL: <https://www.R-project.org/>.

39. Pugh, L. G. C. E., Some effects of high altitude on man / L. G. C. E. Pugh, M. P. Ward // Lancet. – 1956. – № 6953. – P. 1115–1121.

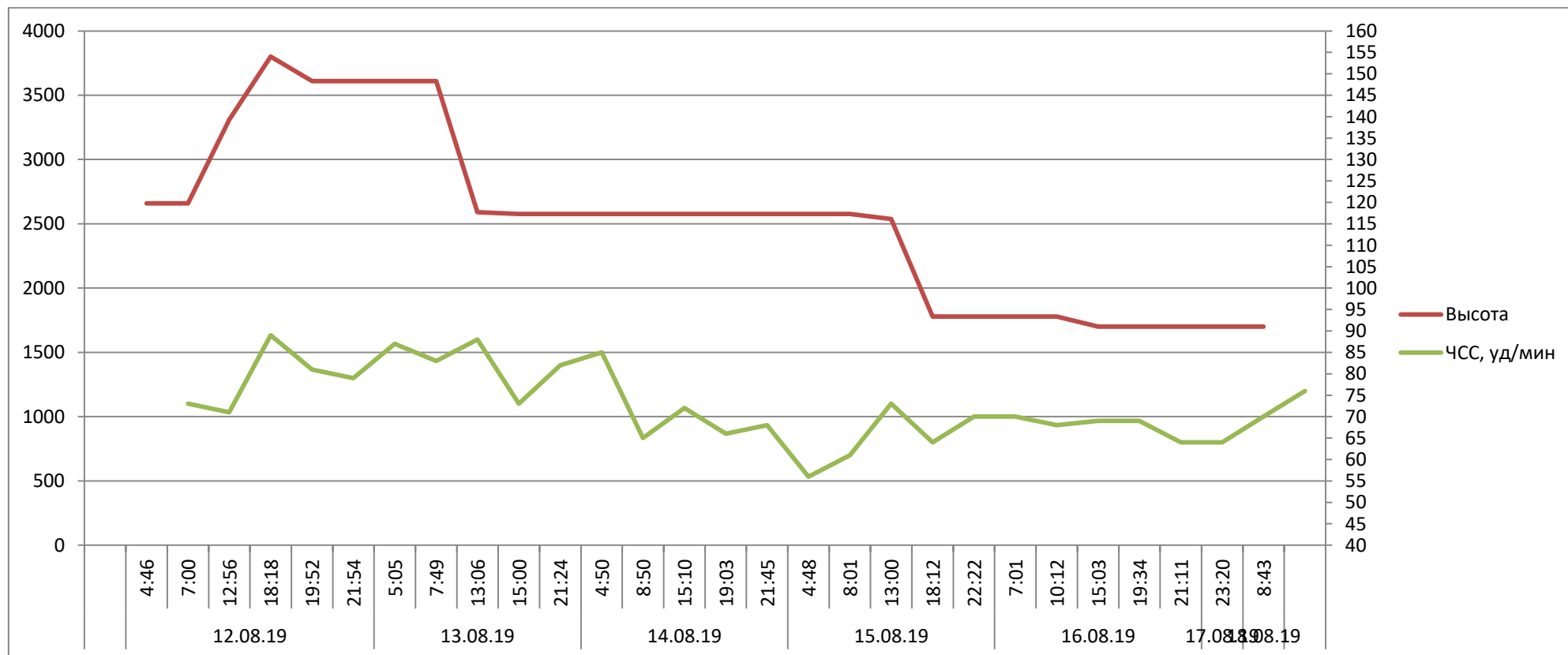
40. Kronecrer, H. Die Bergkrankheit: Urban und Schwarzenberg. B.; Wien, 1903; Mosso, A. Fisiologia dell'Uomo sulle Alpi: Studi sul Monte Rosa / H. Kronecrer. – Milan : Fratelli Treves, 1897. – 374 p.

41. Keys, A. The physiology of life at high altitudes / A. Keys // Sci. Month. – 1936. – № 4. – P. 289 – 312.

42. Houston, C. S. Respiratory and circulatory changes during acclimatization to high altitude / C. S. Houston, R. L. Riley // *Amer. J. Physiol.* – 1947. – № 3. – P. 565–588.
43. Hingston, R. W. G. Physiological difficulties in the ascent of Mount Everest / R. W. G. Hingston // *Geogr. J.* – 1925. – № 65. – P. 4–24.
44. Hartmann, H., Physiologische Beobachtungen am Nanga Parbat 1937/38 / H. Hartmann, G. Hepp, U. C. Luft // *Luftfahrt-med.* – 1941. – № 1. – S. 1–44.
45. Douglas, C. G., Physiological observations made on Pike's peak, Colorado, with special reference to adaptation to low barometric pressure / C. G. Douglas, J. S. Haldane, Y. Henderson, Ed. C. Schneider // *Philos. Trans. Roy. Soc. London B.* – 1913. – P. 185–381.
46. Cerretelli, P. Limiting factors to oxygen transport on Mount Everest / P. Cerretelli // *J. Appl. Physiol.* – 1976. – № 5, – P. 658 – 667.
47. Boyle, R. New experiments physio-mechanical touching the spring of the air / R. Boyle. – Oxford : The Robinson, 1666. – P. 342 – 360.
48. Bishop, B. C., The Himalayan scientific and mountaineering expedition, 1960-1961 / B. C. Bishop, T. O. Neuison, N. L. Ortnburger // *Amer. Alp. J.* – 1962. – №13. – P. 69–98.
49. Bert P. La Pression barométrique: recherches de Physiologie Expérimentale / P. Bert. – P.: Masson, 1878. – 1168 p.
50. Barkroft, J. Observations upon the effect of high altitude on the physiological processes of body carried out in the Peruvian Andes, chiefly at Cerro de Pasco / J. Barkroft, C. A. Binger, A. V. Bocr et al. // *Philos. Trans. Roy. Soc. London B.* 1923. – P. 351-480.

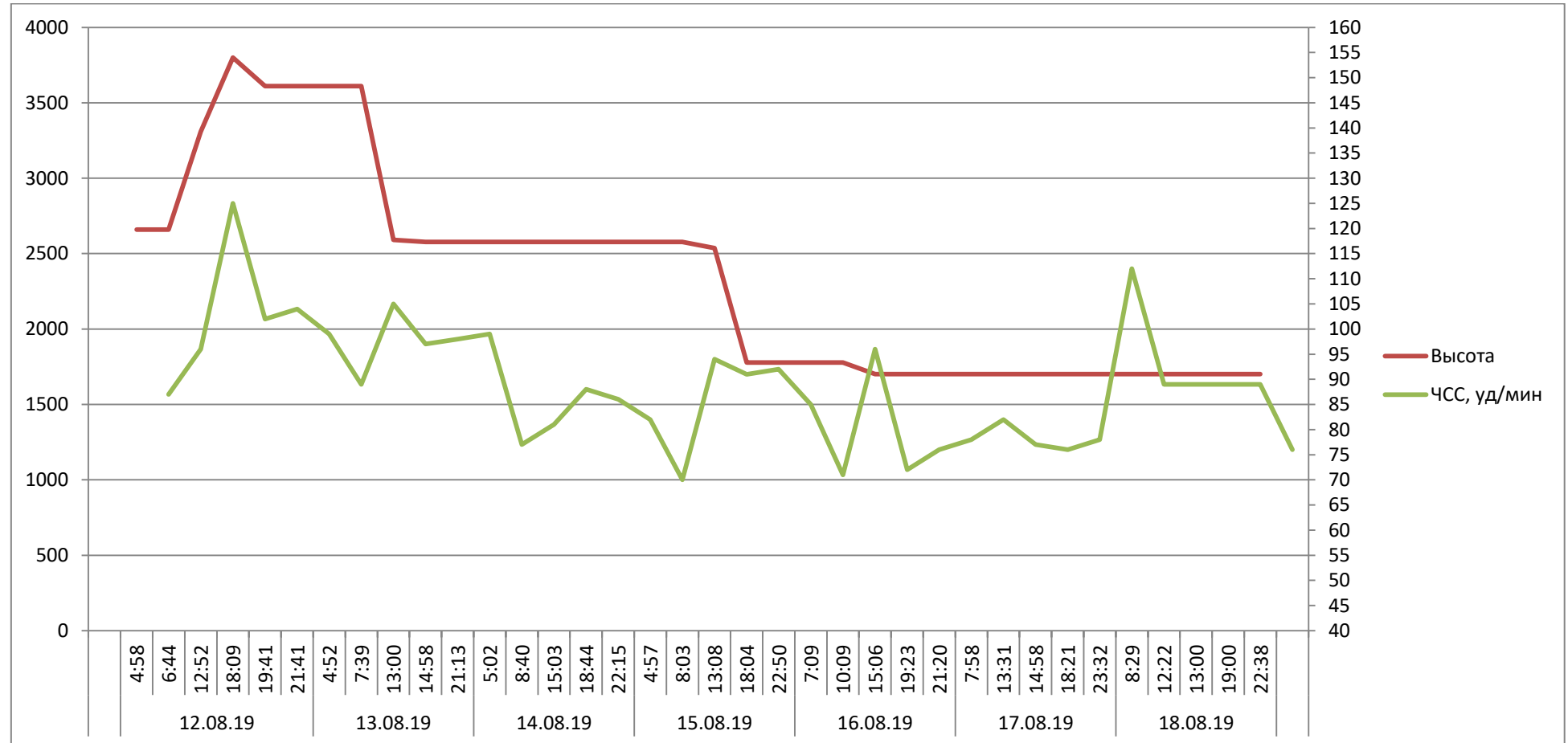
ПРИЛОЖЕНИЕ А

График набора высоты и реакции ССС на неё у акклиматизированного участника



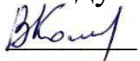
ПРИЛОЖЕНИЕ Б

График набора высоты и реакции ССС на неё у неакклиматизированного участника



Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт физической культуры, спорта и туризма
Кафедра медико-биологических основ физической культуры
и оздоровительных технологий

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
 В.И. Колмаков

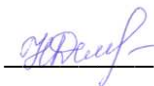
« ____ » _____ 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

49.03.01 Физическая культура

**ДИНАМИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ
КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ УЧАСТНИКОВ ГОРНОГО
ПОХОДА**

Руководитель



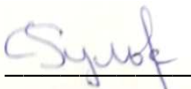
канд. биол. наук Н.Н. Демидко

Выпускник



А.А. Дроздов

Нормоконтролер



М. А. Рутьковская

Красноярск 2020