

ОБЗОР

УДК [616-001.12:616-003.96]:612.766.1-057.36(045)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИПОКСИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК ДЛЯ УСКОРЕННОЙ АДАПТАЦИИ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ К УСЛОВИЯМ ВЫСОКОГОРЬЯ

¹В. Н. Быков, ²О. В. Ветряков, ¹А. Г. Анохин, ²Ю. Ш. Халимов, ¹И. В. Фатеев,
¹М. В. Калтыгин

¹Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной
медицины МО РФ, Санкт-Петербург, Россия

²Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

APPLICATION POTENTIAL OF HYPOXIC TRAININGS FOR THE ACCELERATED HIGH ALTITUDE ADAPTATION OF MILITARY PERSONNEL

¹V. N. Bykov, ²O. V. Vetryakov, ¹A. G. Anokhin, ²Yu. Sh. Khalimov, ¹I. V. Fateev,
¹M. V. Kaltygin

¹State Research and Trial Institute of Military Medicine, St. Petersburg, Russia

²S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

© Коллектив авторов, 2017 г.

Последние десятилетия отмечены неоднократным участием нашей страны в вооруженных конфликтах в горной местности: Афганистан, Нагорный Карабах, контртеррористическая операция в Чеченской республике, операция по принуждению грузинской стороны к миру в рамках грузино-южноосетинского конфликта. Ведение боевых действий в условиях высокогорья без предварительной адаптации связано с высоким риском развития острой горной болезни, высотного отека легких, отека мозга, препятствующих выполнению поставленной задачи. Развитие этих осложнений у личного состава неакклиматизированных подразделений может привести к возникновению небоевых потерь и даже гибели военнослужащих. В приведенном обзоре рассматриваются перспективы использования гипоксических тренировок для ускоренной адаптации военнослужащих к условиям высокогорья в системе горной подготовки.

Ключевые слова: морская медицина, высокогорье, гипоксия, гипобария, адаптация, акклиматизация, гипоксическая тренировка, работоспособность, гипоксикатор.

In recent years, Russia was involved several times in military conflicts occurring in highland areas, such as Afghanistan, Nagorno-Karabakh, Chechnya, and Georgian-Ossetic borderline. Without preadaptation of troopers, military operations in highlands are associated with increased risks of acute mountain sickness, pulmonary edema, and brain edema, which interfere with combating and may result in noncombatant losses and even deaths. The present reviews addresses the prospects for using hypoxic preconditioning for accelerated adaptation of troopers to highlands.

Key words: marine medicine, highland, hypoxia, hypobaric conditions, adaptation, acclimatization, hypoxic preconditioning, workability, hypoxicator.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2017-3-4-7-15>

Особенности ведения боевых действий в горах определяют специфику подготовки военнослужащих: начальная горная подготовка

зачастую проводится непосредственно в воинских частях под руководством инструкторов горной подготовки, в то время как базовая гор-

ная подготовка подразделений проводится на специальных полигонах, на которых осваивается комплекс практических действий на различном горном рельефе, приобретаются навыки выживания и безопасного поведения в горах. Следующий этап — подготовка к действиям в высокогорье — проводится в высокогорных районах. За это время военнослужащие выполняют нормы спортивных разрядов по альпинизму и проходят обучение по технической подготовке в условиях высокогорья [1]. Предполагается, что обычное подразделение, прошедшее курс по горной подготовке, будет действовать на высотах до 3500 метров. На высотах более 4000 метров возможны ограниченные действия небольших, хорошо экипированных и подготовленных групп военнослужащих, прошедших альпинистскую подготовку, — специальных альпинистских подразделений.

Учитывая тот факт, что воздух в горных районах характеризуется как гипобарический, не свойственный для привычных мест проживания большинства людей, в горах личный состав будет значительно хуже, чем на равнине, переносить физические и нервно-психические нагрузки. Необходимость укомплектования дополнительным снаряжением и вооружением предъявляет повышенные требования к физической подготовке и здоровью горных стрелков.

Между тем, условия самого нахождения и проведения занятий в высокогорье можно рассматривать как экстремальное воздействие на организм, определяющее необходимость предварительной адаптации к соответствующим географическим и климатическим условиям [2, 3].

У военнослужащих, не прошедших акклиматизацию, быстрое перемещение в условия высокогорья вызывает целый ряд физиологических реакций, которые можно охарактеризовать как дезадаптацию. Эти реакции связаны с развитием гипоксии в условиях гипобарии и часто переходят в патологические состояния, требующие медицинского вмешательства. Возникшие нарушения обычно манифестируют определенными нарушениями, такими как острая горная болезнь, высотные отек легких и отек мозга, которые специфичны для условий высокогорья, в отличие от других медицинских состояний, связанных с воздействием неблагоприятных факторов окружающей среды — солнечных ожогов, обезвоживания и холодовой травмы, которые являются типич-

ными поражениями человека при нахождении его в условиях высокогорья, но часто наблюдаются и в других условиях. Чувствительность военнослужащих к специфической горной патологии неоднородна и может варьировать от ощущения небольшого дискомфорта до летального исхода [3].

Согласно литературным данным, острая горная болезнь — это комплекс симптомов (головная боль, анорексия, тошнота и рвота), которые возникают у неакклиматизированных людей при быстром восхождении на высоту более 1800 м (6000 футов) [4]. Распространенность и тяжесть симптомов варьируют в зависимости от следующих факторов: высоты начала подъема, скорости восхождения, уровня физической подготовки и индивидуальной чувствительности к гипоксии. По данным зарубежной литературы, от 10 до 20% военнослужащих, быстро поднявшихся на высоту от 1800 до 2446 м (6000–8000 футов), будут испытывать легкие формы проявления симптомов этого заболевания [5]. Ускоренный подъем на высоту более 3000 м вызовет сходные клинические проявления уже у 75% личного состава. Стремительное восхождение на высоты 3670–4300 м (12 000–14 000 футов) будет вызывать симптомы более чем у 50% военнослужащих, а у 12–18% могут манифестировать тяжелые формы заболевания. При быстром подъеме на высоту более 5300 м (17 500 футов) можно ожидать развитие сильных, выводящих из строя, симптомов почти у 100% личного состава неакклиматизированного подразделения. Высокая физическая активность во время восхождения или в течение первых 24 часов после восхождения будут увеличивать как распространенность, так и остроту проявления симптомов горной болезни. По данным Исследовательского института медицины окружающей среды армии США (US ARIEM), при быстром подъеме на высоту более 4000 м (например, авиатранспортом) и пребывании на указанной высоте более трех часов каждый человек будет ощущать симптомы острой горной болезни [4]. Некоторые люди врожденно более чувствительны к гипоксии и гипобарии и испытывают те же самые симптомы горной болезни при повторном нахождении в условиях высокогорья. Следует отметить, что уровень физической подготовки не влияет на чувствительность к развитию симптомов горной болезни [3, 4].

Таким образом, влияние условий высокогорья на неакклиматизированное подразделение может изменяться от небольшого снижения боеспособности до формирования серьезных небоевых потерь.

Оптимальным способом повышения устойчивости к высотной гипоксии является акклиматизация, проведение которой возможно двумя способами: поэтапно или методом постепенного восхождения [2, 6]. Поэтапная акклиматизация подразумевает нахождение военнослужащих в горном базовом лагере на высоте 1000–1500 м с периодическими кратковременными подъемами на высоты не более 2500 м в течение 7–10 дней или подъемом на промежуточную высоту и остановкой в течение 3–5 дней для акклиматизации, перед тем, как продолжить восхождение. При этом акклиматизация наступает у 70–80% личного состава. Постепенное восхождение подразумевает частые длительные остановки в течение подъема, создавая при этом возможность частичной акклиматизации. Однако, несмотря на многочисленные исследования, демонстрирующие ценность предварительной адаптации в отношении снижения риска острой горной болезни и поддержания высокой работоспособности в высокогорной местности, оптимальный протокол, описывающий алгоритм предварительной акклиматизации человека к условиям высокогорья, к настоящему времени не разработан [2, 4, 7]. Кроме того, в повседневной жизни использование данного метода адаптации как самостоятельного может быть затруднительно по нескольким причинам [1, 4]:

- личный состав горного подразделения мотострелкового батальона, постоянно базирующийся на равнинной местности, может быть привлечен к выполнению задач в высокогорье (от 2000 до 3500 м) в условиях дефицита времени на акклиматизацию;

- личный состав специальных альпинистских групп может доставляться авиатранспортом на высоты более 3000 м для выполнения боевой задачи без предварительного нахождения на меньших высотах;

- период выполнения задач в условиях высокогорья может быть ограничен сценарием боевой операции, продолжительность которой недостаточна для достижения акклиматизации;

- акклиматизация утрачивается примерно с той же скоростью, с какой и развивается, т.е. военнослужащие теряют 80–90% акклиматиза-

ции в первые три-четыре недели после возвращения на более низкие высоты (равнину).

Таким образом, подъемы в высокогорье на сроки более суток без предварительной акклиматизации будут сопровождаться перенапряжением и истощением резервов организма, что может привести к недопустимому снижению работоспособности, надежности и безопасности боевой деятельности.

В качестве профилактических мер в отношении острой горной болезни можно рассматривать фармакологические и нефармакологические методы. Кроме вышеописанных способов акклиматизации, к немедикаментозным методам относятся: соблюдение диеты с высоким содержанием углеводов (более 70% общей энергетической ценности (калорийности)), ночевки на более низкой высоте по сравнению с высотой, которая была достигнута за время подъема и др. [3, 4, 8]. Накоплен положительный опыт использования лекарственных средств различных фармакологических групп для профилактики развития и облегчения симптомов горной болезни. Наиболее часто с этой целью используются адаптогены, витамины, антигипоксанта, мочегонные препараты, стероидные и нестероидные противовоспалительные средства и др. [3, 7]. Тем не менее научно обоснованные стандарты медикаментозной профилактики и лечения горной болезни в настоящее время отсутствуют.

Представляется необходимым совершенствование мероприятий, направленных на коррекцию пограничных функциональных состояний, повышение сопротивляемости организма военнослужащих при воздействии неблагоприятных факторов горной местности, а также сохранение и восстановление физического и психического здоровья. Одним из важнейших направлений в решении указанных проблем является поиск и апробация новых немедикаментозных методов, в основе которых лежит мобилизация собственных функциональных резервов при минимуме побочных эффектов, что позволяет использовать эти средства без отрыва военнослужащих от выполнения повседневной деятельности в равнинной местности [9, 10]. Было показано, что немедикаментозные средства коррекции пограничных функциональных состояний имеют несомненные преимущества перед фармакотерапией, основными из которых являются: физиологичность возникающих в организме приспособительных изме-

нений, их высокую стойкость и длительность; «целостно организменный» характер эффектов; небольшой риск нежелательных побочных реакций; стимуляцию механизмов «перекрестной адаптации», т. е. повышения устойчивости к действию других неблагоприятных факторов [11–13]. Применение в профилактических и лечебных целях физических факторов тренирующе-адаптирующего действия способствует решению двух основных задач — повысить устойчивость к адаптогенному фактору (специфическая адаптация) и осуществить общее оздоровление организма человека, расширение его функциональных резервов, повышение резистентности (неспецифическая адаптация) и профессиональной работоспособности [14, 15].

В качестве специфических саногенных эффектов искусственной адаптации к такому фактору, как гипоксическая гипоксия, рассматривают повышение резистентности клеток и тканей к гипоксии, увеличение кислородной емкости крови за счет интенсификации эритропоэза и ангиогенеза в периферических органах [16, 17]. К неспецифическим изменениям, сопровождающим адаптацию к гипоксии, относят интенсификацию микроциркуляции, повышение неспецифической резистентности, редукцию избыточной симпатикотонии, десенсибилизацию, оптимизацию основных психических процессов [18, 19]. С учетом особенностей генеза и течения пограничных функциональных состояний практически все из перечисленных эффектов искусственной адаптации к гипоксической гипоксии могут быть использованы в системе физиологических мероприятий медицинского обеспечения деятельности военнослужащих в горной местности.

К настоящему времени научно обоснованы и используются в спортивной, профессиональной, военной и клинической медицине несколько вариантов гипоксической тренировки и гипокситерапии [20]:

— непрерывная (высотная акклиматизация в горном базовом лагере);

— прерывистая (периодическая), когда сеансы гипоксического воздействия в барокамере или с использованием искусственной газовой смеси в нормобарических условиях продолжительностью от 20–30 мин до нескольких часов проводятся ежедневно или через день;

— интервальная (импульсная, циклично-фракционная) — повторяющиеся в течение одного сеанса циклы (по 5–10 мин) гипоксиче-

ских воздействий, чередующиеся с периодами (по 5–10 мин) нормоксической респирации.

В условиях высокогорной местности (а также полетов на большой высоте, барокамерных «подъемов» и т.д.) падение парциального давления кислорода (pO_2) возникает вследствие снижения барометрического давления воздуха. Развивающееся при этом состояние организма обозначают как «гипобарическая гипоксическая гипоксия». Когда человек находится в условиях обедненной кислородом естественной или искусственно созданной газовой среды при нормальном атмосферном давлении, формирующееся состояние организма рассматривается как «нормобарическая гипоксическая гипоксия» [20, 21].

Горноклиматическая тренировка чаще всего проводится на высоте 2000–2700 м над уровнем моря в течение не менее 2–3 недель. Гипоксическая тренировка в барокамере проводится путем формирования условий гипобарии (разрежения), соответствующих заданной высоте над уровнем моря. Подобные «подъемы» циклически повторяют до достижения ожидаемых тренирующих эффектов. Однако использование стационарных гипобарических барокамер для тренировки военнослужащих имеет ряд недостатков. В их числе отсутствие барокамерных комплексов в большинстве мотострелковых подразделений и горных бригад, необходимость привлечения специально обученного технического персонала, ограниченные пропускные возможности барокамер, риск развития барокавапатий в период тренировки. В этой связи использование таких тренировочных комплексов целесообразно в системе подготовки ограниченного контингента военнослужащих, выполняющих задачи на высотах более 3500 м и не имеющих возможности пройти процесс акклиматизации на местности.

Нормобарическая гипоксическая тренировка предполагает циклы процедур дыхания гипоксическими газовыми смесями с различным содержанием кислорода при обычном атмосферном давлении. Предложен ряд вариантов технической реализации формирования искусственных гипоксических сред для проведения данного варианта тренировки. Так, возможна подача нейтрального газа (как правило, азота) в изолированное помещение (дом, палатку). В спортивной медицине «высотные помещения» впервые были применены в скандинавских странах (Финляндии и Норвегии) в конце прошлого века. Обычно они выглядят как спе-

циальные палатки и воспроизводят условия гипоксии, соответствующие высоте до 4000 метров и более над уровнем моря. Первые результаты использования подобных устройств в тренировочном процессе спортсменов, тренирующихся, в первую очередь, выносливость, показали их высокую эффективность и безопасность [8, 22, 23].

Метод прерывистой нормобарической гипоксической стимуляции (прерывистая нормобарическая гипокситерапия, «горный воздух») — немедикаментозный метод повышения неспецифической резистентности организма к повреждающим факторам внешней и внутренней среды — обеспечивает развитие в организме дозированной по глубине и времени гипоксии при дыхании газовыми смесями с пониженным содержанием кислорода [24, 25]. Нормобарическая гипоксическая тренировка, по мнению ряда специалистов, является наиболее предпочтительным способом адаптации к гипоксии. Было показано, что нормобарическая гипоксия лучше переносится человеком, чем гипобарическая кислородная недостаточность, развивающаяся во время барокамерных подъемов или в естественных условиях средне- и высокогорья при равном парциальном давлении кислорода. Принцип создания гипоксии при нормальном атмосферном давлении исключает возможность возникновения барокавапатий и декомпрессионных расстройств [19, 20, 24]. Также следует учитывать тот факт, что, в отличие от стационарных гипобарических барокамер, медицинские приборы, создающие обедненную кислородом воздушную смесь, имеют меньшую стоимость, широкую распространенность, возможность одновременной тренировки до 8 человек, при этом отсутствует необходимость привлечения дополнительного персонала, в том числе и медицинского [25].

Известно, что хорошо переносимая человеком дозированная гипоксия развивается в организме при дыхании газовыми гипоксическими смесями (ГГС), содержащими не менее $10,0 \pm 1,0\%$ кислорода и, соответственно, $90,0 \pm 1,0\%$ газообразного азота. При этом существует возможность широко варьировать количеством содержащегося в ГГС кислорода (обычно от 18 до 10%), временем проведения сеанса (от 15 до 100 мин) и временем дыхания ГГС в течение одного сеанса (10–50 мин), а также периодичностью сеансов (от 3 до 7 раз в неделю с продолжительностью курса от 15 до 30 сеансов). Все вышеперечис-

ленные параметры служат основой для максимальной индивидуализации проведения гипоксической тренировки. Стабильный положительный эффект после окончания курса гипоксической стимуляции сохраняется на срок от 4 месяцев до года [24]. К настоящему времени разработано большое количество методик гипоксической тренировки, направленных на профилактику и лечение различных нозологий (в частности, ОРВИ, ИБС и др.), повышение физической и интеллектуальной работоспособности, увеличение устойчивости к психоэмоциональным нагрузкам (операторов сложных механизмов, военнослужащих и специалистов так называемых «опасных» профессий — спасателей, пожарных и др.), а также на профилактику негативных эффектов ионизирующего и неионизирующего излучений [13, 26, 27]. Метод может быть использован как в качестве самостоятельного, так и при комбинировании с другими способами повышения устойчивости к гипоксии, включая медикаментозные, физические и др. [25].

Одним из наиболее часто используемых и простых способов формирования гипоксических условий для решения прикладных задач в настоящее время является применение специальных дыхательных аппаратов (например, аппаратов возвратного дыхания — ререспирации, дыхания через дополнительное «мертвое пространство», гипоксикаторов). Подобные аппараты и приспособления обеспечивают дыхание дыхательными смесями, содержание кислорода в которых, как правило, колеблется в интервале от 18 до 10%. Среди разработанных вариантов использования данного метода в профилактической, спортивной и клинической медицине несомненный приоритет по объему практического применения принадлежит интервальной нормобарической гипоксической тренировки (ИГТ) — воздействию на организм пониженного pO_2 во вдыхаемом воздухе [13, 14, 20].

В ряде исследований было показано, что адаптационный эффект ИГТ является более выраженным, чем при стационарных методах [28, 29]. Ввиду своей эффективности, простоты использования и экономичности данный метод нашел широкое применение в клинической и спортивной медицине [30–32].

Проведение ИГТ воспроизводит естественную динамику парциального давления кислорода в тканях и клетках: от нормальных величин pO_2

в артериальной крови до крайне низких, «гипоксических» значений. Подобная ритмика изменений pO_2 способствует расширению уровня кислородного гомеостаза и повышает устойчивость организма в стрессовых ситуациях, обусловленных кислородным голоданием [33, 34].

По данным некоторых авторов, дискретность кратковременных гипоксических воздействий при ИГТ, создавая необходимые условия для активации компенсаторных реакций систем гомеостаза, предупреждает истощающее действие пониженного pO_2 , которое характерно для стационарных непрерывных экспозиций гипоксии, с чем, по-видимому, связан неодинаковый адаптационный эффект сравниваемых методов тренировки [18, 35]. Не исключено, что в этих условиях проявляется физиологический феномен избыточного реагирования организма на прерывистые раздражители в сравнении с ответными реакциями на постоянные. Это подтверждают результаты исследований, в которых было показано более эффективное повышение устойчивости к тепловому и холодному стрессу при прерывистых режимах тренировки в сравнении с постоянными [36, 37].

Таким образом, можно сделать вывод, что в настоящее время все большее применение получают методы, в которых тренировка к пониженному обеспечению тканей организма кислородом используется для расширения возможностей организма по использованию физиологических и психофизиологических резервов, профилактики патологических состояний, восстановительной коррекции, лечения и ре-

билитации. По нашему мнению, использование нормобарической гипоксической тренировки с целью ускоренной адаптации военнослужащих к условиям высокогорья, а также для коррекции пограничных функциональных состояний и восстановления профессиональной работоспособности, является методом выбора в связи с его высокой эффективностью, относительной безопасностью, легкостью подбора индивидуального режима, сочетаемостью с другими немедикаментозными и медикаментозными методами. Использование гипоксической тренировки для адаптации военнослужащих к условиям высокогорья обладает следующими преимуществами:

- возможность массового использования личным составом мотострелковых бригад в условиях равнинной местности;
- снижение риска развития отрицательных эффектов при перепадах барометрического давления;
- исключение необходимости использования специализированных помещений и специальной подготовки персонала для проведения нормобарических гипоксических тренировок;
- возможность выбора гибких индивидуальных режимов тренировки, более точного дозирования гипоксического фактора;
- длительность сохранения эффекта после окончания курса гипоксической стимуляции составляет более четырех месяцев;
- гипоксическая тренировка не занимает много времени и позволяет параллельно выполнять повседневные задачи подразделения.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Борисов С.А. Как готовить к войне в горах // Армейский сборник. 2009. № 7 (182). С. 2–6. [Borisov S.A. Kak gotovit' k vojne v gorah. *Armejskij sbornik*, 2009, No. 7 (182), pp. 2–6. (In Russ.)].
2. Борисенко О.В. Гипоксическая тренировка в оптимизации подготовки к условиям среднегорья: дис. ... канд. мед. наук. Саратов, 2013. 154 с. [Borisenko O.V. *Gipoksicheskaya trenirovka v optimizacii podgotovki k usloviyam srednegor'ya*: dis. ... kand. med. nauk. *Saratov*, 2013, 154 p. (In Russ.)].
3. Luks A.M. Physiology in Medicine: A physiologic approach to prevention and treatment of acute high-altitude illnesses. *J. of Applied Physiology*, 2015, Vol. 118, No. 5, pp. 509–519.
4. Cymerman A., Rock P.B. Medical problems in high mountain environments: A Handbook for Medical Officers. *US ARIEM Techn. Note*, 1994, 49 p.
5. Neuhaus C., Hinkelbein J. Cognitive responses to hypobaric hypoxia: implications for aviation training. *Psychol. Res. Behav. Manag.*, 2014, Vol. 10, No. 7, pp. 297–302.
6. Muza S.R., Beidleman B.A., Fulco C.S. Altitude preexposure recommendations for inducing acclimatization. *High Alt. Med. Biol.*, 2010, Vol. 11, No. 2, pp. 87–92.
7. Shah N.M., Hussain S., Cooke M. et al. Wilderness medicine at high altitude: recent developments in the field. *Open Access J. Sports Med.*, 2015, Vol. 6, pp. 319–328.

8. Saugy J.J., Schmitt L., Cejuela R. et al. Comparison of «Live High-Train Low» in normobaric versus hypobaric hypoxia. *PLOS One*, 2014, Vol. 9, No. 12. e114418.
9. Грошилин С.М., Иванов А.О., Мусаев Р.Б., Елисеев Д.Н. Формирование устойчивости организма здоровых мужчин к гравитационным и статическим нагрузкам путем использования тренировок к ререспирации // Военно-медицинский журнал. 2012. Т. CCCXXXIII, № 2. С. 67–68. [Groshilin S.M., Ivanov A.O., Musaev R.B., Eliseev D.N. Formirovanie ustojchivosti organizma zdorovykh muzhchin k gravitacionnym i staticheskim nagruzkam putem ispol'zovaniya trenirovok k rerespiracii. *Voенно-medicinskiy zhurnal*, 2012, Vol. CCCXXXIII, No. 2, pp. 67–68. (In Russ.)].
10. Иванов А.О., Елисеев Д.Н., Барачевский Ю.Е. и др. Обоснование и организация применения контрастных температурных воздействий в коррекции пограничных функциональных состояний // Здоровый образ жизни — перспективные научно-исследовательские достижения в формировании образовательных стандартов в высших учебных заведениях: материалы II научно-практической конференции Южного федерального округа. Краснодар: ИПЦ КубГУ, 2014. С. 124–127. [Ivanov A.O., Eliseev D.N., Barachevskij Yu.E. et al. Obosnovanie i organizaciya primeneniya kontrastnyh temperaturnyh vozdeystvij v korrekcii pogranichnyh funkcional'nyh sostoyanij. *Zdorovyy obraz zhizni — perspektivnye nauchno-issledovatel'skie dostizheniya v formirovanii obrazovatel'nyh standartov v vysshih uchebnyh zavedeniyah: materialy II nauchno-prakticheskoy konferencii Yuzhnogo federal'nogo okruga*. Krasnodar: IPC KubGU, 2014, pp. 124–127. (In Russ.)].
11. Лустин С.И. Физиологическое обоснование повышения устойчивости к гипоксии для коррекции функционального состояния организма: дис. ... д-ра мед. наук. СПб., 1994. 345 с. [Lustin S.I. Fiziologicheskoe obosnovanie povysheniya ustojchivosti k gipoksii dlya korrekcii funkcional'nogo sostoyaniya organizma: dis. ... d-ra med. nauk. *St. Petersburg*, 1994, 345 p. (In Russ.)].
12. Оленская Т.Л., Николаева А.Г., Оленская Т.Л., Деркач И.Н. и др. Использование периодической гипобарической адаптации в подготовке спортсменов // Достижения фундаментальной, клинической медицины и фармации: материалы 69-й науч. сессии сотрудников ун-та. Витебский госуд. ордена Дружбы народов мед. универ. Витебск, 2014. С. 417–418. [Olenskaya T.L., Nikolaeva A.G., Olenskaya T.L., Derkach I.N. et al. Ispol'zovanie periodicheskoy gipobaricheskoy adaptacii v podgotovke sportsmenov. *Dostizheniya fundamental'noj, klinicheskoy mediciny i farmacii: materialy 69-j nauch. sessii sotrudnikov un-ta. Vitebskij gosud. ordena Druzhyby narodov med. univer. Vitebsk*, 2014, pp. 417–418. (In Russ.)].
13. Шатов Д.В. Обоснование и организация применения искусственной адаптации к нормобарической гипоксии в системе мероприятий медицинского обеспечения деятельности специалистов опасных профессий: дисс. ... канд. мед. наук. Архангельск, 2015. 157 с. [Shatov D.V. Obosnovanie i organizaciya primeneniya iskusstvennoj adaptacii k normobaricheskoy gipoksii v sisteme meropriyatij medicinskogo obespecheniya deyatel'nosti specialistov opasnyh professij: diss. ... kand. med. nauk. *Arhangel'sk*, 2015, 157 p. (In Russ.)].
14. Оладько А.А. Гипобарическая гипоксия в тренировке и реабилитации спортсменов: метод. рекомендации. Минск: ГУ «РУМЦ ФВН», 2007. 24 с. [Olad'ko A.A. Gipobaricheskaya gipoksiya v trenirovke i reabilitacii sportsmenov: metod. rekomendacii. *Minsk: GU «RUMC FVN»*, 2007, 24 p. (In Russ.)].
15. Ofner M., Wonisch M., Frei M. et al. Influence of acute normobaric hypoxia on physiological variables and lactate turn point determination in trained men. *J. Sports Sci. Med.*, 2014, Vol. 13, No. 4, pp. 774–781.
16. Агаджанян Н.А., Чижов А.Я. Гипоксические, гипокapнические и гиперкапнические состояния. М.: Медицина, 2003. 96 с. [Agadzhanyan N.A., Chizhov A.Ya. Gipoksicheskie, gipokapnicheskie i giperkapnicheskie sostoyaniya. *Moscow: Medicina*, 2003, 96 p. (In Russ.)].
17. Новиков В.Е., Левченкова В.С. Индукторы регуляторного фактора адаптации к гипоксии // Рос. мед.-биолог. вест. им. акад. И. П. Павлова. 2014. № 2. С. 134–144. [Novikov V.E., Levchenkova V.S. Induktory regul'yatornogo faktora adaptacii k gipoksii. *Ros. med.-biolog. vest. im. akad. I. P. Pavlova*, 2014, No. 2, pp. 134–144. (In Russ.)].
18. Колчинская А.З. Интервальная гипоксическая тренировка, эффективность, механизмы действия. Киев: Елта, 2011. 159 с. [Kolchinskaya A.Z. Interval'naya gipoksicheskaya trenirovka, ehffektivnost', mekhanizmy dejstviya. *Kiev: Elta*, 2011, 159 p. (In Russ.)].
19. Wrigley A. Recent changes in hypoxia training at the Royal Air Force Centre of Aviation Medicine. *J. R. Nav. Med. Serv.*, 2015, Vol. 101, No. 2, pp. 186–197.
20. Благинин А.А., Жильцова И.И., Михеева Г.Ф. Гипоксическая тренировка как метод коррекции пограничных функциональных состояний организма операторов сложных эргатических систем. Нижневартовск: Изд-во Нижневартовского гос. ун-та, 2015. 106 с. [Blaginin A.A., Zhil'cova I.I., Miheeva G.F. Gipoksicheskaya trenirovka kak metod korrekcii pogranichnyh funkcional'nyh sostoyanij organizma operatorov slozhnyh ehrgaticheskikh sistem. *Nizhnevartovsk: Izd-vo Nizhnevartovskogo gos. un-ta*, 2015. 106 p. (In Russ.)].

21. Richard N.A., Richard N.A., Koehle M.S. Differences in cardio-ventilatory responses to hypobaric and normobaric hypoxia. *Aviat. Space Environ. Med.*, 2012, Vol. 3, No. 7, pp. 677–684.
22. Зоткин С.В. Инновации в подготовке спортсменов в условиях среднегорья. <http://www.runners.ru.post>. 2551. 22.02.2011. [Zotkin S.V. Innovacii v podgotovke sportsmenov v usloviyah srednegor'ya. <http://www.runners.ru.post>. 2551. 22.02.2011 (In Russ.).]
23. Павлов Б.Н., Смолин В.В., Баранов В.М. и др. Основы барофизиологии, водолазной медицины, баротерапии и лечения инертными газами / под ред. акад. А.И. Григорьева. М.: Гранп Полиграф, 2008. 496 с. [Pavlov B.N., Smolin V.V., Baranov V.M. et al. Osnovy barofiziologii, vodolaznoj mediciny, baroterapii i lecheniya inertnymi gazami / pod red. akad. A.I. Grigor'eva. Moscow: Granp Poligraf, 2008, 496 p. (In Russ.).]
24. Разсолов Н.А., Чижов А.Я., Потиевский Б.Г. и др. Нормобарическая гипокситерапия: метод, рекомендации для авиац. врачей. М., 2002. 19 с. [Razsolov N.A., Chizhov A.Ya., Potievskij B.G. et al. Normobaricheskaya gipoksiterapiya, Metodicheskie rekomendacii dlya aviacionyh vrachej. Moscow, 2002, 19 p. (In Russ.).]
25. Черняков И.Н., Шишов А.А., Дворников М.В. Гипобарическая интервальная гипоксия и ее адаптационные эффекты // Мат-лы второй Всерос. конф. «Гипоксия: механизмы, адаптация, коррекция». М., 1999. С. 266–271. [Cher-nyakov I.N., Shishov A.A., Dvornikov M.V. Gipobaricheskaya interval'naya gipoksiya i ee adaptacionnye ehffekty. Materialy vtoroj Vseros. konf. «Gipoksiya: mekhanizmy, adaptaciya, korrekciya». Moscow, 1999, pp. 266–271. (In Russ.).]
26. Коваленко Е.А. Гипоксическая тренировка в медицине // Гипоксия в медицине. 1995. № 3. С. 3–5. [Kovalenko E.A. Gipoksicheskaya trenirovka v medicine. *Gipoksiya v medicine*, 1995, No. 3, pp. 3–5. (In Russ.).]
27. Платонов В.Н., Булатова М.М. Гипоксическая тренировка в спорте // Hypoxia medical J. 1994. № 4. С. 17–23. [Platonov V.N., Bulatova M. M. Gipoksicheskaya trenirovka v sporte. *Hypoxia medical J.*, 1994, No. 4, pp. 17–23. (In Russ.).]
28. Катков А.Ю., Коваленко Е.А., Давыдов Г.А. Антигипоксическая эффективность «импульсного» режима барокамерной тренировки человека // Косм. биол. и авиакосм. мед. 1981. № 5. С. 56–58. [Katkov A.Yu., Kovalenko E.A., Davydov G.A. Antigipoksicheskaya ehffektivnost' «impul'snogo» rezhima barokamernoj trenirovki cheloveka. *Kosmicheskaya biologia i aviakosmicheskaya medicina*, 1981, No. 5, pp. 56–58. (In Russ.).]
29. Чижов А.Я., Стрелков Р.Б., Потиевская В.И. и др. Нормобарическая гипокситерапия (метод «Горный воздух»). М.: РУДН, 1994. 96 с. [Chizhov A.Ya., Strelkov R.B., Potievskaya V.I. et al. Normobaricheskaya gipoksiterapiya (metod «Gornij vozduh»). Moscow: RUDN, 1994. 96 p. (In Russ.).]
30. Патент № 2098867 Российская Федерация, МПК G09B23/28. Способ повышения устойчивости человека к воздействию стресс-факторов полета / Ушаков И.Б., Черняков И.Н., Шишов А.А. и др.; опублик. 10.12.1997. 8 с. [Patent No. 2098867 Rossijskaya Federaciya, MPK G09B23/28. Sposob povysheniya ustojchivosti cheloveka k vozdeystviyu stress-faktorov poleta / Ushakov I.B., Chernyakov I.N., Shishov A.A. et al.; opubl. 10.12.1997. 8 p. (In Russ.).]
31. Пупковская О.А. Применение интервальной гипобарической тренировки для повышения физической работоспособности спортсменов циклических видов спорта // Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2008. Т. 7, № 3. С. 5–9. [Pupkovskaya O.A. Primenenie interval'noj gipobaricheskoy trenirovki dlya povysheniya fizicheskoj rabotosposobnosti sportsmenov ciklicheskih vidov sporta. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta*, 2008, Vol. 7, No. 3, pp. 5–9. (In Russ.).]
32. Millet G.P., Roels B., Schmitt L. et al. Combining hypoxic methods for peak performance. *Sports Med.*, 2010, Vol. 40, No. 1, pp. 1–25.
33. Коваленко Е.А., Волков Н.И., Эренбург И.В. и др. Активация адаптационных механизмов организма, лечения больных с различными заболеваниями // Гипоксия в медицине. 1993. № 1. С. 8–9. [Kovalenko E.A., Volkov N.I., EHrenburg I.V. et al. Aktivaciya adaptacionnyh mekhanizmov organizma, lecheniya bol'nyh s razlichnymi zabolevaniyami. *Gipoksiya v medicine*, 1993, No. 1, pp. 8–9. (In Russ.).]
34. Синькевич И.В. Применение гипо- и нормобарической гипоксии для коррекции функционального состояния операторов авиационного профиля: дис. ... канд. мед. наук. СПб., 1998. 132 с. [Sin'kevich I.V. Primenenie gipo- i normobaricheskoy gipoksii dlya korrekcii funkcional'nogo sostoyaniya operatorov aviacionnogo profilya: dis. ... kand. med. nauk. St. Petersburg, 1998, 132 p. (In Russ.).]
35. Черняков И.Н., Шишов А.А., Дворников М.В. Гипобарическая интервальная гипоксия и ее адаптационные эффекты // Мат-лы второй Всерос. конф. «Гипоксия: механизмы, адаптация, коррекция». М., 1999. С. 266–271. [Cher-nyakov I.N., Shishov A.A., Dvornikov M.V. Gipobaricheskaya interval'naya gipoksiya i ee adaptacionnye ehffekty. Mat-ly vtoroj Vseros. konf. «Gipoksiya: mekhanizmy, adaptaciya, korrekciya». Moscow, 1999, pp. 266–271. (In Russ.).]
36. Гришин О.В., Басалаева С.В., Устюжанинова Н.В. и др. Реакции внешнего дыхания и интенсивность энергетического обмена у неадаптированных к гипоксии людей в условиях нарастающей гипоксии // Бюл. НИИ физиол. и фонд. Мед. Сибирского отд. РАМН. Вып. 51. 2014. С. 8–14. [Grishin O.V., Basalaeva S.V., Ustyuzhaninova N.V. et al. Reakcii

vнешnego dyhaniya i intensivnost' ehnergeticheskogo obmena u neadaptirovannyh k gipoksii lyudej v usloviyah narastayushchej gipoksii. *Byul. NII fiziol. i fund. Med. Sibirskogo otd. RAMN, 2014, Вып. 51, pp. 8–14. (In Russ.)*].

37. Слоним А.Д., Швецова Е.И. Химическая терморегуляция после «ускоренной» адаптации к холоду // Физиол. журн. СССР. 1973. Т. 59, № 8. С. 12–62. [Slonim A.D., Shvecova E.I. Himicheskaya termoregulyaciya posle «uskorennoj» adaptacii k holodu. *Fiziol. zhurn. SSSR, 1973, Vol. 59, No. 8, pp. 12–62. (In Russ.)*].

Поступила в редакцию: 15.11.2017 г.

Контакт: *Ветряков Олег Викторович, o.v.vetryakov@mail.ru*

Сведения об авторах:

Быков Владимир Николаевич — доктор медицинских наук, заместитель начальника ФГБУ «ГНИИИ ВМ» МО РФ по научной работе, профессор, полковник медицинской службы, заместитель начальника НИИЦ (МБЗ) ФГБУ «ГНИИИ ВМ» МО РФ по научной работе; 195043, Санкт-Петербург, Лесопарковая ул., д. 4; e-mail: bykov_imm@yahoo.com;

Ветряков Олег Викторович — кандидат медицинских наук, полковник медицинской службы, докторант кафедры военно-полевой терапии ВМедА им. С.М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, Боткинская ул., д. 17, кафедра военно-полевой терапии; тел. моб.: +7 (911) 014-47-74; e-mail: o.v.vetryakov@mail.ru;

Анохин Александр Геннадьевич — кандидат медицинских наук, подполковник медицинской службы, начальник отдела НИИЦ (МБЗ) ФГБУ «ГНИИИ ВМ» МО РФ; 195043, Санкт-Петербург, Лесопарковая ул., д. 4; e-mail: anohin_alexandr@mail.ru;

Халимов Юрий Шавкатович — доктор медицинских наук, профессор, полковник медицинской службы, начальник кафедры военно-полевой терапии ВМедА им. С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, Боткинская ул., д. 17; e-mail: yushkha@gmail.com;

Фатеев Иван Владимирович — кандидат медицинских наук, майор медицинской службы, заместитель начальника отдела НИИЦ (МБЗ) ФГБУ «ГНИИИ ВМ» МО РФ; 195043, Санкт-Петербург, Лесопарковая ул., д. 4; e-mail: ivvf@mail.ru;

Калтыгин Максим Владимирович — кандидат медицинских наук, подполковник медицинской службы, начальник отдела НИИЦ (МБЗ) ФГБУ «ГНИИИ ВМ» МО РФ; 195043, Санкт-Петербург, Лесопарковая ул., д. 4; e-mail: spbkaltygin@rambler.ru.