Дата публикации: 01.09.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_15
УДК 612.57.04

Publication date: 01.09.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_15
UDC 612.57.04

# ГИПОКСИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ В СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

**Р.В. Тамбовцева, Ю.С. Евстифеев**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия

**Аннотация.** ***Введение.*** Цель настоящей обзорной статьи – анализ и обобщение научной литературы, посвященной влиянию гипоксии на функциональные возможности организма спортсменов. ***Методы.*** Проведен поиск научных литературных источников в базах данных eLIBRARY.RU, PubMed, КиберЛенинка, проанализировано 40 публикаций. ***Результаты.*** Результаты исследования показали, что научные работы подтверждают положительное влияние гипоксии на физическую работоспособность спортсменов. В процессе тренировок с гипоксией наиболее важным фактором является гипоксическая устойчивость спортсменов. Необходим разный подход к гипоксическим тренировкам из-за разных адаптационных возможностей организма спортсменов. ***Заключение.*** Анализ литературных источников показал, что гипоксические тренировки не только способствуют улучшению физической формы спортсменов, но и повышают их функциональные резервы, увеличивая устойчивость к гипоксии и ускоряя адаптационные процессы организма.
**Ключевые слова:** гипоксический фактор, работоспособность, легкоатлетки, тренировка, аэробный, анаэробный.

# HYPOXIC FACTORS IN THE MODERN SYSTEM OF ELITE ATHLETES' TRAINING

**R.V. Tambovtseva, Yu.S. Evstifeev**
Russian University of Sports "GTSOLIFK", Moscow, Russia

**Annotation.** ***Introduction.*** The purpose of this review article is to analyze and summarize the scientific literature on the effect of hypoxia on the functional capabilities of an athlete's body. ***Methods.*** We have conducted a search of scientific sources in the eLIBRARY.RU, PubMed, Cyberleninka databases. A total of 40 articles were analyzed. ***Results.*** Scientific works on this aspect confirm the positive effect of hypoxia on the physical performance of athletes. In the process of training with hypoxia, the most important factor is the hypoxic resistance of athletes. A different approach to hypoxic training is needed due to the different adaptive capabilities of the body of athletes. ***Conclusion.*** The literature analysis has shown that hypoxic training not only contributes to improving the physical form of athletes, but also increases their functional reserves, increasing resistance to hypoxia and accelerating the adaptive processes of the body.
**Keywords:** hypoxic factor, performance, female track-and-field athletes, training, aerobic, anaerobic.

**Введение.** Гипоксическая тренировка давно зарекомендовала себя как один из наиболее эффективных методов повышения физической работоспособности и адаптационных резервов спортсменов. Современные исследования подчеркивают ее важную роль в оптимизации физической подготовки и устойчивости организма к экстремальным условиям, включая гипоксию. В этом контексте наблюдаются как улучшения функциональных резервов, так и повышения устойчивости к гипоксическим воздействиям, что делает данный метод незаменимым в подготовке спортсменов высокого уровня.

Цель работы – анализ и обобщение научной литературы, посвященной влиянию гипоксии на функциональные возможности организма спортсменов.

**Методы и организация исследования.** Проведен поиск научных литературных источников, посвященных влиянию гипоксии на функциональные возможности спортсменов разных специализаций, с использованием различных баз данных: eLIBRARY.RU, PubMed, КиберЛенинка. Было проанализировано 40 публикаций по данной проблеме. В обзор включены 24 источника российских ученых и 16 источников на иностранном языке.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Научные работы многократно подтверждают, что гипоксические тренировки позволяют существенно повысить физическую работоспособность за счет активации адаптационных механизмов организма [1-7]. Например, Тимушкин А.В. (2014) в своем исследовании указывает на значимость гипоксической тренировки для увеличения адаптационных резервов спортсменов, акцентируя внимание на ее воздействии на основные функциональные системы организма [8]. Пупырева Е.Д. (2011) также подчеркивает значительное влияние гипоксической подготовки на физическую работоспособность, отмечая, что ее применение способствует улучшению как аэробной, так и анаэробной выносливости, что является ключевым аспектом в подготовке спортсменов [9]. Отдельного внимания заслуживает устойчивость спортсменов к гипоксии, которая формируется под воздействием данных тренировок. Коломейчук О.В. (2013) отмечает, что разные виды спорта требуют различных подходов к гипоксической подготовке, что связано с различиями в адаптации спортсменов к гипоксии. Исследования показывают, что спортсмены, регулярно подвергающиеся гипоксическим воздействиям, развивают более высокую устойчивость к кислородному голоданию, что в свою очередь позволяет улучшить их спортивные результаты [10].

В совокупности все эти исследования показывают, что гипоксические тренировки не только способствуют улучшению физической формы спортсменов, но и повышают их функциональные резервы, увеличивая устойчивость к гипоксии и ускоряя адаптационные процессы организма.

*Актуальность изучения проблемы гипоксических тренировок для спортсменов.* Актуальность проблемы по гипоксии заключается в том, что гипоксическая тренировка зарекомендовала себя как один из наиболее эффективных методов повышения физической работоспособности и адаптационных резервов спортсменов. В частности, происходит как улучшение функциональных резервов, так и повышение устойчивости к гипоксическим воздействиям организма, что делает данный метод незаменимым в подготовке спортсменов высокого уровня.

Современные методики, каждая из которых имеет свои преимущества, включают как естественные, так и искусственные гипоксические условия. Радченко А.С. и соавторы (2013) акцентируют внимание на том, что искусственная гипоксия позволяет моделировать условия, которые способствуют улучшению здоровья и повышению физической готовности спортсменов [11]. Это делает гипоксические тренировки универсальным инструментом, применимым как в подготовке спортсменов к соревнованиям, так и для общего укрепления их функциональных резервов. В современных исследованиях уделяется особое внимание как естественной, так и искусственной гипоксии, каждая из которых обладает своими преимуществами для повышения работоспособности и адаптационных возможностей организма. Естественная гипоксия, которую спортсмены могут испытывать, тренируясь в условиях высокогорья, давно признана эффективным способом повышения физической выносливости. Тем не менее, тренировки в таких условиях требуют значительных временных и финансовых затрат, а также тщательного контроля за физиологическими показателями спортсменов. В этом контексте искусственная гипоксия, создаваемая с помощью специальных устройств, становится все более популярной. Радченко А.С. и коллеги рассматривают применение как естественной, так и искусственной гипоксии для повышения работоспособности спортсменов, подчеркивая, что искусственная гипоксия дает возможность создавать необходимые условия в любое время и в любом месте, что существенно расширяет возможности ее использования в спортивной практике [12].

Одним из наиболее востребованных методов гипоксической тренировки является интервальная гипоксическая тренировка. Этот метод включает чередование периодов пребывания в гипоксической среде с периодами восстановления в нормоксической или гипероксической среде. Такой подход позволяет не только улучшить кислородтранспортную функцию организма, но и

оптимизировать процессы восстановления после интенсивных физических нагрузок. Волков Н.И. (1994) подчеркивает, что интервальные гипоксические тренировки оказывают особенно сильное воздействие на специальную работоспособность спортсменов, что подтверждается значительным улучшением их выносливости и физических возможностей [13, 14].

Фармакологическая поддержка в сочетании с гипоксической тренировкой является важным и активно исследуемым направлением в современной спортивной науке [15-18]. Гипоксические тренировки, направленные на повышение выносливости и адаптационных возможностей организма, оказывают значительное влияние на физиологические системы спортсменов, особенно при воздействии на экстремальные условия, к которым относится кислородное голодание. В этом контексте фармакологическая коррекция служит мощным инструментом для увеличения эффективности таких тренировок и минимизации негативных последствий гипоксии. Исследования Ганапольского В.П. (2019) подтверждают, что сочетание гипоксических тренировок с фармакологической поддержкой позволяет значительно повысить физическую работоспособность спортсменов. В своем исследовании Ганапольский В.П. отмечает, что фармакологическая коррекция, особенно в сочетании с гипоксической нагрузкой, помогает улучшить адаптационные механизмы организма, что крайне важно для спортсменов, сталкивающихся с экстремальными физическими условиями, как, например, в альпинизме. Здесь фармакологические средства помогают не только усилить антигипоксическую устойчивость, но и ускорить восстановление после тренировочных нагрузок, что является ключевым аспектом в подготовке спортсменов к экстремальным условиям [19]. Одним из центральных направлений фармакологической коррекции в гипоксической тренировке является использование антигипоксантов – препаратов, направленных на повышение устойчивости организма к недостатку кислорода. Арансон М.В. и соавторы (2014) указывают на важность комплексного подхода к развитию антигипоксической устойчивости, включающего фармакологические препараты в сочетании с гипоксическими тренировками. Это особенно эффективно для улучшения адаптационных резервов организма в экстремальных условиях (большие высоты или интенсивные физические нагрузки) [20]. Такой подход помогает спортсменам быстрее адаптироваться к гипоксии, снижая риск развития неблагоприятных физиологических состояний.

Влияние гипоксической тренировки на специальную работоспособность спортсменов представляет собой один из ключевых аспектов, изучаемых в рамках спортивной науки. В отличие от общего подхода, направленного на улучшение общей физической выносливости и адаптационных резервов, здесь акцент делается на то, как гипоксические тренировки могут помочь спортсменам в улучшении показателей, критически важных для их конкретного вида спорта. В этом контексте гипоксия становится инструментом избирательного повышения физиологических возможностей организма спортсменов. Исследования показывают, что гипоксическая тренировка оказывает значительное влияние на специальную физическую работоспособность спортсменов, будь то плавание, бег на длинные дистанции, горные виды спорта или силовые дисциплины. Например, Тимушкин А.В. (2014) в своей работе акцентирует внимание на том, что гипоксические тренировки оказывают стимулирующее воздействие на физическую работоспособность, что особенно выражено в аэробных видах спорта, требующих высокой выносливости и способности к долгосрочной физической нагрузке в условиях ограниченного доступа кислорода [8]. В таких условиях организм спортсмена начинает более эффективно использовать кислород, что приводит к улучшению результатов в соревнованиях. Одним из важных аспектов влияния гипоксической тренировки является возможность использования ее эффектов при подготовке спортсменов различных видов спорта. Михайлов С.С. и Фактор Э.А. (2009) в своих исследованиях изучили влияние гипоксических методов на спортсменов, специализирующихся в видах спорта, где важно сочетание выносливости

и взрывной силы, например в легкой атлетике. Их работы показывают, что гипоксические тренировки улучшают способность спортсменов выполнять работу в условиях гипоксии, что особенно важно для бегунов на длинные дистанции, триатлонистов и других представителей циклических видов спорта [21].

Особый интерес представляет использование гипоксических методов в подготовке спортсменов, пребывающих в условиях горных высот. Горные тренировки, с их естественной гипоксической средой, давно стали стандартом в альпинизме, скалолазании и беге по пересеченной местности. Однако возможность моделировать такие условия с помощью гипоксических камер или других технологий значительно расширяет возможности подготовки спортсменов, чьи спортивные результаты напрямую зависят от способности организма к адаптации в условиях кислородного голодания. Примером служат исследования, описанные Радченко А.С. (2013), где акцентируется внимание на влиянии гипоксической тренировки на повышение аэробной выносливости спортсменов, что критично для их успешной адаптации к условиям больших высот и долгих физически тяжелых маршрутов [11]. Не менее важным является влияние гипоксической тренировки на восстановление после физической нагрузки. Спортсмены, регулярно тренирующиеся в условиях гипоксии, демонстрируют улучшенные показатели восстановления после интенсивных физических нагрузок, что критически важно для представителей циклических видов спорта, где восстановление играет ключевую роль в эффективности тренировочного процесса [22]. Важность гипоксической тренировки в силовых дисциплинах также подчеркивается в ряде исследований. Афонякин И.В. (2003) в своих исследованиях показал, что интервальные гипоксические тренировки увеличивают способность спортсменов выполнять интенсивную работу на пределе возможностей, что приводит к росту их силовых показателей и общей выносливости [23].

Гипоксические тренировки оказывают значительное воздействие не только на физическую работоспособность спортсменов, но и на их физиологические и психофизиологические показатели. Это связано с тем, что организм, находящийся в условиях кислородного дефицита, вынужден адаптироваться не только на уровне мышечной системы, но и на уровне центральной нервной системы, дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Влияние гипоксических тренировок на когнитивные функции, уровень стресса и другие психофизиологические аспекты спортсменов привлекает все больше внимания со стороны исследователей, стремящихся понять, как такие тренировки влияют на психическое состояние и способность к концентрации.

На физиологическом уровне гипоксические тренировки оказывают положительное влияние на дыхательную и сердечно-сосудистую системы. Баканычев А.В. (1996) изучил влияние интервальной гипоксической тренировки на функциональные системы дыхания у спортсменов, таких как байдарочники и каноисты, и выявил, что такие тренировки способствуют улучшению кислородтранспортной функции и повышению физической работоспособности [24]. Это особенно важно для спортсменов, чья деятельность требует длительной аэробной нагрузки, так как гипоксическая тренировка повышает эффективность использования кислорода в тканях.

Научные данные о гипоксических тренировках в спорте описывают различные протоколы, направленные на улучшение физической выносливости, аэробной производительности и адаптации организма к условиям с недостатком кислорода. Гипоксические тренировки имеют некоторые разновидности, которые используются для различных целей и задач спортивной подготовки.

*Современные методы гипоксической тренировки*

1. Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка (IHT): метод включает периодические воздействия гипоксии на организм с использованием специальных масок или приборов для снижения содержания кислорода. Обычно сессии состоят из 5-7 минут гипоксии, чередующихся с интервалами восстановления в нормальных условиях (нормоксия). Исследования показывают, что такая

тренировка улучшает дыхательную функцию, насыщение крови кислородом и повышает аэробную работоспособность [25].

2. Метод Live-High Train-Low (LHTL): один из самых популярных методов, при котором спортсмены живут в условиях высокогорья (или в гипоксической среде) и тренируются на низких высотах или в нормобарических условиях. Такой протокол увеличивает максимальное потребление кислорода ($VO_2$ max), улучшает кардиореспираторную выносливость и мышечную работоспособность [26].

3. Live-Low Train-High (LLTH): спортсмены живут в нормоксической среде, но тренируются в гипоксических условиях. Этот протокол используется для улучшения кратковременной выносливости и мощностных характеристик за счет активной адаптации дыхательной системы и повышения эффективности аэробного окисления в мышцах [27].

4. Гипоксическая высокоинтенсивная интервальная тренировка (HHIIT): комбинирует гипоксическое воздействие с высокоинтенсивными тренировками. Этот метод увеличивает максимальное потребление кислорода и улучшает кардиореспираторные функции, а также помогает адаптировать мышцы к нагрузкам в условиях гипоксии [28].

5. Гипоксическая тренировка дыхательных мышц: тренировка дыхательных мышц (RMT/IMT) проводится для уменьшения усталости дыхательных мышц, улучшения вентиляционной функции и адаптации к гипоксии. Это особенно полезно в условиях длительных тренировок в гипоксии и помогает снизить нагрузку на организм во время акклиматизации [29].

6. Гипоксическое кондиционирование и восстановление: использование гипоксических условий для восстановления после тренировок или сна. Этот подход направлен на ускорение восстановительных процессов, улучшение снабжения тканей кислородом и повышение спортивных показателей, особенно в период между тренировками или соревнованиями. После курсовой гипоксической тренировки спортсмены могут демонстрировать более высокую физическую работоспособность как в аэробных, так и в анаэробных условиях [30-32].

*Эффекты гипоксической тренировки*

1. Увеличение анаэробной работоспособности через повышенный метаболический стресс: гипоксические тренировки (особенно интервальные и высокоинтенсивные) усиливают зависимость от анаэробного метаболизма, что приводит к увеличению метаболического стресса и стимулирует адаптационные процессы приводящие к повышению силы и более выраженной гипертрофии [33].

2. Улучшение аэробной работоспособности через увеличение объема гемоглобина и потребления кислорода: гипоксические тренировки повышают общую массу гемоглобина и улучшают способность к переносу кислорода в крови и увеличивает максимальное потребление кислорода ($VO_2$ max). При этом, митохондриальная функция может не изменяться напрямую, однако улучшение кислородного транспорта ведет к увеличению аэробной выносливости [34].

3. Повышение устойчивости к утомлению: более эффективная адаптация дыхательной и сердечно-сосудистой систем приводит к улучшению способности поддерживать высокую интенсивность на протяжении длительного времени [35].

4. Снижение утомляемости мышц через улучшение кровоснабжения и доставку кислорода: гипоксические тренировки улучшают снабжение мышц кислородом за счет увеличения капиллярной плотности и улучшения доставки кислорода в ткани, что способствует более эффективному использованию кислорода и снижению образования лактата, что важно как для аэробной, так и для анаэробной работы [36].

5. Стимуляция выработки ключевых гормонов и факторов роста: в гипоксических условиях увеличивается выработка таких гормонов, как фактор роста сосудистого эндотелия (VEGF) и инсулиноподобного фактора роста-1 (IGF-1), которые играют ключевую роль в восстановлении и росте мышечной ткани, что положительно влияет как на аэробные, так и на анаэробные нагрузки [37].

6. Феномен прекондиционирования: в настоящее время недостаточно исследованным является вопрос феномена прекондиционирования, под которым понимается

способ формирования ишемической и гипоксической толерантности. Еще гипоксическое прекондиционирование рассматривают как предварительное проведение гипоксического воздействия перед выполнением физических нагрузок. Суть метода заключается в том, что организм подвергается кратковременным периодам гипоксии, что стимулирует адаптационные механизмы, улучшая реакцию организма на более серьезные последующие нагрузки. Исследования показали, что гипоксическое прекондиционирование может снизить повреждение мышц и уменьшить боль после высокоинтенсивных физических нагрузок. Например, одно из исследований показало, что предварительное воздействие гипоксического воздуха с содержанием кислорода 10% в течение 30 минут снизило уровни креатинкиназы и миоглобина у спортсменов после интенсивных силовых упражнений, что указывает на уменьшение повреждения мышечных тканей [38, 39]. Кроме того, в других исследованиях было показано, что гипоксическое прекондиционирование может улучшать кислородное снабжение тканей во время упражнений в условиях гипоксии. В частности, было отмечено улучшение потребления кислорода и кровотока в мышцах при умеренных нагрузках, хотя это не всегда приводило к значительным улучшениям в производительности в условиях сильной гипоксии [40]. Гипоксическое прекондиционирование также может быть полезным для уменьшения воспалительных реакций после упражнений. Например, в одном из исследований было показано, что такая подготовка может способствовать повышению уровня противовоспалительных цитокинов, таких как интерлейкин-6, что способствует более быстрому восстановлению после тренировок [31]. Можно сделать вывод, что гипоксическое прекондиционирование [40] является многообещающей стратегией улучшения физической производительности, особенно в условиях гипоксических тренировок.

**Заключение.** Таким образом, гипоксическая тренировка эффективно улучшает аэробную и анаэробную выносливость, активирует кислородтранспортные механизмы и повышает физическую работоспособность спортсменов, особенно в экстремальных условиях. Фармакологическая поддержка усиливает антигипоксическую устойчивость, ускоряет восстановление и адаптацию организма. Такие тренировки улучшают когнитивные функции, снижают стресс и повышают психическую устойчивость, что делает их важным инструментом в подготовке спортсменов к высоким физическим нагрузкам и соревнованиям.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Асташова, А.Н. Горная тренировка в авиации, медицине, спорте / А.Н. Асташова, Г.Н. Карпухин, В.П. Федоров // OlymPlus. Гуманитарная версия. – 2019. – № 1. – С. 96-101.
2. Балиоз, Н.В. Индивидуально-типологические особенности ЭЭГ спортсменов при остром гипоксическом воздействии / Н.В. Балиоз, С.Г. Кривощеков // Физиология человека. – 2012. – Т. 38. – № 5. – С. 24-32.
3. Капилевич, Л.В. Биоэлектрическая активность головного мозга и церебральная гемодинамика у спортсменов при сочетании когнитивной и физической нагрузки / Л.В. Капилевич, Г.С. Ежова, А.Н. Захарова // Физиология человека. – 2019. – Т. 45. – №. 2. – С. 58-69.
4. Булгакова, Н.Ж. Интервальная гипоксическая тренировка в подготовке пловцов высокой квалификации / Н.Ж. Булгакова, Н.И. Волков, Н.В. Ковалев // Физиология мышечной деятельности: тезисы докл. Междунар. конф. – М., 2000. – С. 33-36.
5. Бурых, Э.А. Общие закономерности и индивидуальные особенности интегративного ответа организма человека на воздействие острой нормобарической гипоксии: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 03.03.01 / Эдуард Анатольевич Бурых. – СПб: Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН, 2020. – 40 с.
6. Нестеров, С.В. Влияние острой экспериментальной гипоксии на мозговое кровообращение и вегетативную регуляцию сердечного ритма у человека: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 03.00.13 / Сергей Владимирович Нестеров. – СПб: Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН, 2004. – 20 с.

7. Тамбовцева, Р.В. Влияние однократного нормобарического гипоксического воздействия на физиологические показатели спортсменов-пловцов / Р.В. Тамбовцева, Ю.Л. Войтенко, А.И. Лаптев // Теория и практика. – 2022. – № 1. – С. 33-36.
8. Тимушкин, А.В. Гипоксический стимул в повышении физической работоспособности спортсменов / А.В. Тимушкин // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Философия. Психология. Педагогика. – 2014. – Т. 14. – № 3. – С. 115-118.
9. Пупырева, Е.Д. Влияние экспериментальной и природной гипоксии на функциональные резервы организма и физическую работоспособность спортсменов: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.03.01 / Пупырева Екатерина Дмитриевна. – Ульяновск, 2011. – 23 с.
10. Коломейчук, О.В. Характеристика гипоксической устойчивости спортсменов различных специализаций / О.В. Коломейчук // Теория и практика физической культуры. – 2013. – № 1. – С. 26.
11. Радченко, А.С. Применение естественной и искусственной гипоксии в спортивной тренировке / А.С. Радченко // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2013. – Т. 11. – № 1. – С. 26-32.
12. Радченко, А.С. Опыт использования естественной и искусственной гипоксии для повышения специальной работоспособности в спорте и поддержания здоровья спортсменов / А.С. Радченко, П.Д. Шабанов, А.И. Тюкавин // Физическая культура и здоровье молодежи: Материалы XX Всероссийской научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 16 февраля 2024 года). – СПб: СПбГУП, 2024. – С. 15-16.
13. Волков, Н.И. Импульсная гипоксия и интервальная гипоксическая тренировка / Н.И. Волков, Н.Ж. Булгакова, Е.А. Коваленко // Hypoxia Med. J. – 1994. – № 2. – С. 64-66.
14. Волков, Н.И. Градации гипоксических состояний у человека при напряженной мышечной деятельности / Н.И. Волков, У. Дардури, В.Я. Сметанин // Физиология человека. – 1998. – № 24(3). – С. 51-63.
15. Кулиненков, Д.О. Справочник фармакологии спорта. Лекарственные препараты спорта: справ. пособ. / Д.О. Кулиненков, О.С. Кулиненков. – М.: Советский спорт, 2012. – 464 с.
16. Макарова, Г.А. Фармакологическое обеспечение в системе подготовки спортсменов / Г.А. Макарова. – М.: Советский спорт, 2004. – 180 с.
17. Тамбовцева, Р.В. Эргогенические средства в спорте: учеб. пособ. / Р.В. Тамбовцева. – М.: Советский спорт, 2020. – 388 с.
18. Тамбовцева, Р.В. Гипоксические средства и методы повышения и восстановления спортивной работоспособности в спорте высших достижений: учеб. пособ. / Р.В. Тамбовцева, Д.И. Сечин. – М.: Советский спорт, 2022. – 89 с.
19. Ганапольский, В.П. Комплексное применение гипоксических тренировок и фармакокоррекции для повышения работоспособности альпинистов / В.П. Ганапольский // Теория и практика физической культуры. – 2019. – № 3. – С. 34.
20. Арансон, М.В. Современные подходы к развитию антигипоксической устойчивости у спортсменов / М.В. Арансон, С.Н. Португалов, Б.Н. Шустин // Человек, здоровье, физическая культура и спорт в изменяющемся мире: Материалы XXIV Международной научно-практической конференции по проблемам физического воспитания учащихся, Коломна, 26-28 сентября 2014 года / Отв. ред.: Б.Ф. Прокудин. – Коломна: МГОСГИ, 2014. – С. 315-316.
21. Михайлов, С.С. Опыт применения антиоксидантных препаратов для повышения спортивной работоспособности / С.С. Михайлов, Э.А. Фактор // Адаптация в спорте: состояние, перспективы, проблемы: материалы Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 24-25 сентября 2009 года. – СПб: ФГБОУ ВПО «Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта», 2009. – С. 159-160.
22. Влияние нормобарической гипоксической гипоксии на вегетативные функции организма человека / В.Н. Голубев, Ю.Н. Королев, Н.Н. Тимофеев, В.Г. Панов // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2012. – № 2(28). – С. 48-51.
23. Афонякин, И.В. Применение интервальной гипоксической тренировки для повышения анаэробной работоспособности пловцов: автореф. дис. … канд. пед. наук: 13.00.04 / Афонякин Илья Владимирович. – М., 2003. – 21 с.
24. Баканычев, А.В. Оптимизация состояния функциональной системы дыхания и повышение работоспособности гребцов на байдарке и каноэ в результате интервальной гипоксической тренировки: автореф. дис. ... канд. физ. воспитание и спорт: 24.00.01 / Баканычев Александр Викторович. – Киев, 1996. – 26 с.
25. Bernardi, L. Interval hypoxic training / L. Bernardi // Hypoxia: From Genes to the Bedside. – 2001. – P. 377-399.
26. Bonetti, D.L. Sea-level exercise performance following adaptation to hypoxia: a meta-analysis / D.L. Bonetti, W.G. Hopkins // Sports Medicine. – 2009. – Vol. 39. – P. 107-127.

27. McLean, B.D. Application of 'live low-train high' for enhancing normoxic exercise performance in team sport athletes / B.D. McLean, C.J. Gore, J. Kemp // Sports Medicine. – 2014. – Vol. 44. – P. 1275-1287.
28. Chang, W.Y. Simulated Altitude Training and Sport Performance: Protocols and Physiological Effects / W.Y. Chang, K.C. Wu, A.L. Yang // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13. – No. 20. – P. 11381.
29. Putative role of respiratory muscle training to improve endurance performance in hypoxia: a review / J. Álvarez-Herms, S. Julià-Sánchez, F. Corbi [et al.] // Frontiers in physiology. – 2019. – Vol. 9. – P. 1970.
30. Brocherie, F. High-intensity intermittent training in hypoxia: a double-blinded, placebo-controlled field study in youth football players / F. Brocherie, O. Girard, R. Faiss // The Journal of Strength Conditioning Research. – 2015. – Vol. 29. – No. 1. – P. 226-237.
31. van Der Zwaard, S. Adaptations in muscle oxidative capacity, fiber size, and oxygen supply capacity after repeated-sprint training in hypoxia combined with chronic hypoxic exposure / S. van Der Zwaard, F. Brocherie, B.L.G. Kom // Journal of Applied Physiology. – 2018. – Vol. 124. – No. 6. – P. 1403-1412.
32. Brocherie, F. Long-term effects of hypoxic conditioning on sports performance, health and well-being / F. Brocherie, R. Timon // Frontiers in Physiology. – 2022. – Vol. 13. – P. 1112754.
33. Scott, B.R. High-intensity exercise in hypoxia: is increased reliance on anaerobic metabolism important? / B.R. Scott, P.S.R. Goods, K.M. Slattery // Frontiers in physiology. – 2016. – Vol. 7. – P. 637.
34. Robach, P. Hypoxic training: effect on mitochondrial function and aerobic performance in hypoxia / P. Robach, T. Bonne, D. Flueck // Medicine and science in sports and exercise. – 2014. – Vol. 46. – No. 10. – P. 1936-1945.
35. Arezzolo, D. Effects of eight interval training sessions in hypoxia on anaerobic, aerobic, and high intensity work capacity in endurance cyclists / D. Arezzolo, V.G. Coffey, N.M. Byrne // High Altitude Medicine Biology. – 2020. – Vol. 21. – No. 4. – P. 370-377.
36. Kim, S.W. Aerobic continuous and interval training under hypoxia enhances endurance exercise performance with hemodynamic and autonomic nervous system function in amateur male swimmers / S.W. Kim, W.S. Jung, J.W. Kim // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2021. – Vol. 18. – No. 8. – P. 3944.
37. Park, H.Y. Effects of hypoxic training versus normoxic training on exercise performance in competitive swimmers / H.Y. Park, K. Lim // Journal of Sports Science Medicine. – 2017. – Vol. 16. – No. 4. – P. 480.
38. Yu S.H., Chen P.W. Effects Of Systemic Hypoxia-hyperoxia Preconditioning on Acute Heavy Resistance Exercise-induced Muscle Damage in Athletes: 1476 Board 238 May 30 9: 30 AM-11: 00 AM / S.H. Yu, P.W. Chen // Medicine & Science in Sports Exercise. – 2019. – Vol. 51. – No. 6S. – P. 403.
39. Chen, C. Global prevalence of post-coronavirus disease 2019 (COVID-19) condition or long COVID: a meta-analysis and systematic review / C. Chen, S.R. Haupert, L. Zimmermann // The Journal of infectious diseases. – 2022. – Vol. 226. – No. 9. – P. 1593-1607.
40. Wiggins, C.C. Ischemic preconditioning, O2 kinetics, and performance in normoxia and hypoxia / C.C. Wiggins, K. Constantini, H.L. Paris // Medicine Science in Sports Exercise. – 2019. – Vol. 51. – No. 5. – P. 900-911.

**REFERENCES**

1. Astashova A.N., Karpukhin G.N., Fedorov V.P. Mountain training in aviation, medicine, sports. *OlymPlus. Humanitarian version*, 2019, no. 1, pp. 96-101. (in Russ.)
2. Balioz N.V., Krivoshchekov S.G. Individual and typological features of the EEG of athletes with acute hypoxic exposure. *Human Physiology*, 2012, vol. 38, no. 5, pp. 24-32. (in Russ.)
3. Kapilevich L.V., Yezhova G.S., Zakharova A.N. Brain bioelectrical activity and cerebral hemodynamics in athletes under combined cognitive and physical loading. *Human Physiology*, 2019, vol. 45, no. 2, pp. 58-69. (in Russ.)
4. Bulgakova N.Zh., Volkov N.I., Kovalev N.V. Interval hypoxic training in the preparation of elite swimmers. Physiology of Muscle Activity: abstracts of the International Conference. Moscow, 2000. pp. 33-36. (in Russ.)
5. Burykh E.A. General patterns and individual characteristics of the integrative response of the human body to the effects of acute normobaric hypoxia: an author's abstract. St. Petersburg: Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry of the Russian Academy of Sciences, 2020. 40 p. (in Russ.)
6. Nesterov S.V. The effect of acute experimental hypoxia on cerebral circulation and heart rate autonomic regulation in humans: an author's abstract. St. Petersburg: Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry of the Russian Academy of Sciences, 2004. 20 p. (in Russ.)
7. Tambovtseva R.V., Vojtenko Yu.L., Laptev A.I. Effects of single normobaric hypoxic exposure

on physiological indicators of swimmers. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2022, no. 1, pp. 33-36. (in Russ.)
8. Timushkin A.V. The role of hypoxic stimulus in the increase of physical working capacity of the students. *Izvestia of Saratov University. New series. Series: Philosophy. Psychology. Pedagogy*, 2014, vol. 14, no. 3, pp. 115-118. (in Russ.)
9. Pupyreva E.D. The influence of experimental and natural hypoxia on the functional reserves of the body and the physical performance of athletes: an author's abstract. Ulyanovsk, 2011. 23 p. (in Russ.)
10. Kolomejchuk O.V. Characterization of the hypoxic stability of athletes of various specializations. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2013, no. 1, p. 26. (in Russ.)
11. Radchenko A.S. Application of natural and artificial hypoxia in sport training. *Reviews on Clinical Pharmacology and Drug Therapy*, 2013, vol. 11, no. 1, pp. 26-32. (in Russ.)
12. Radchenko A.S., Shabanov P.D., Tyukavin A.I. Experience in the use of natural and artificial hypoxia to increase special performance in sports and maintain the health of athletes. Physical Culture and Youth Health: Materials of the XX All-Russian Scientific and Practical Conference. St. Petersburg: St. Petersburg University of the Humanities and Social Sciences, 2024. pp. 15-16. (in Russ.)
13. Volkov N.I., Bulgakova N.Zh., Kovalenko E.A. Impulse hypoxia and interval hypoxic training. *Hypoxia Med. J*, 1994, no. 2, pp. 64-66. (in Russ.)
14. Volkov N.I., Darduri U., Smetanin V.Ya. Gradations of hypoxic states in humans with strained muscle activity. *Human Physiology*, 1998, no. 24(3), pp. 51-63. (in Russ.)
15. Kulinenkov D.O., Kulinenkov O.S. Handbook of sports pharmacology. Medicines of sports: reference manual. M.: Sovetsky sport, 2012. 464 p. (in Russ.)
16. Makarova G.A. Pharmacological support in the system of training athletes. Moscow: Sovetskij sport, 2004. 180 p. (in Russ.)
17. Tambovtseva R.V. Ergogenic means in sports: a textbook. Moscow: Sovetskij sport, 2020. 388 p. (in Russ.)
18. Tambovtseva R.V., Sechin D.I. Hypoxic means and methods of increasing and restoring sports performance in elite sports: a textbook. Moscow: Sovetskij sport, 2022. 89 p. (in Russ.)
19. Ganapolskij V.P. Comprehensive application of hypoxic training and pharmacocorrection to increase the performance of climbers. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2019, no. 3, pp. 34. (in Russ.)
20. Aranson M.V., Portugalov S.N., Shustin B.N. Modern approaches to the development of antihypoxic resistance in athletes. Human, Health, Physical Culture and Sports in a Changing World: Materials of the XXIV International Scientific and Practical Conference on the Problems of Physical Education of Students. Kolomna: Moscow State Regional Social and Humanitarian Institute, 2014. pp. 315-316. (in Russ.)
21. Mikhajlov S.S., Faktor E.A. Experience in the use of antioxidant drugs to increase sports performance. Adaptation in Sports: State, Prospects, Problems: materials of the International Scientific Conference. Petersburg: Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, 2009. pp. 159-160. (in Russ.)
22. Golubev V.N., Korolev Yu.N., Timofeev N.N., Panov V.G. Influence of normobaric hypoxic hypoxia on the autonomic functions of the human body. *Actual problems of transport medicine*, 2012, no. 2(28), pp. 48-51. (in Russ.)
23. Afonyakin I.V. Application of interval hypoxic training to increase the anaerobic performance of swimmers: an author's abstract. Moscow, 2003. 21 p. (in Russ.)
24. Bakanychev A.V. Optimizing the functional breathing system state and increasing the performance of kayakers and canoes as a result of interval hypoxic training: an author's abstract. Kyiv, 1996. 26 p. (in Russ.)
25. Bernardi L. Interval hypoxic training. Hypoxia: From Genes to the Bedside, 2001. pp. 377-399.
26. Bonetti D.L., Hopkins W.G. Sea-level exercise performance following adaptation to hypoxia: a meta-analysis. *Sports Medicine*, 2009, vol. 39, pp. 107-127.
27. McLean B.D., Gore C.J., Kemp J. Application of 'live low-train high' for enhancing normoxic exercise performance in team sport athletes. *Sports Medicine*, 2014, vol. 44, pp. 1275-1287.
28. Chang W.Y., Wu K.C., Yang A.L. Simulated Altitude Training and Sport Performance: Protocols and Physiological Effects. *Applied Sciences*, 2023, vol. 13, no. 20, p. 11381.
29. Álvarez-Herms J., Julià-Sánchez S., Corbi F. et al. Putative role of respiratory muscle trainingto improve endurance performance in hypoxia: a review. *Frontiers in physiology*, 2019, vol. 9, p. 1970.
30. Brocherie F., Girard O., Faiss R. High-intensity intermittent training in hypoxia: a double-blinded, placebo-controlled field study in youth football players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 2015, vol. 29, no. 1, pp. 226-237.
31. van Der Zwaard S., Brocherie F., Kom B.L.G. Adaptations in muscle oxidative capacity, fiber size,

and oxygen supply capacity after repeated-sprint training in hypoxia combined with chronic hypoxic exposure. *Journal of Applied Physiology*, 2018, vol. 124, no. 6, pp. 1403-1412.
32. Brocherie F., Timon R. Long-term effects of hypoxic conditioning on sports performance, health and well-being. *Frontiers in Physiology*, 2022, vol. 13, p. 1112754.
33. Scott B.R., Goods P.S.R., Slattery K.M. High-intensity exercise in hypoxia: is increased reliance on anaerobic metabolism important? *Frontiers in physiology*, 2016, vol. 7, p. 637.
34. Robach P., Bonne T., Flueck D. Hypoxic training: effect on mitochondrial function and aerobic performance in hypoxia. *Medicine and science in sports and exercise*, 2014, vol. 46, no. 10, pp. 1936-1945.
35. Arezzolo D., Coffey V.G., Byrne N.M. Effects of eight interval training sessions in hypoxia on anaerobic, aerobic, and high intensity work capacity in endurance cyclists. *High Altitude Medicine Biology*, 2020, vol. 21, no. 4, pp. 370-377.
36. Kim S.W., Jung W.S., Kim J.W. Aerobic continuous and interval training under hypoxia enhances endurance exercise performance with hemodynamic and autonomic nervous system function in amateur male swimmers**.** *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, vol. 18, no. 8, p. 3944.
37. Park H.Y., Lim K. Effects of hypoxic training versus normoxic training on exercise performance in competitive swimmers. *Journal of Sports Science Medicine*, 2017, vol. 16, no. 4, p. 480.
38. Yu S.H., Chen P.W. Effects Of Systemic Hypoxia-hyperoxia Preconditioning on Acute Heavy Resistance Exercise-induced Muscle Damage in Athletes: 1476 Board 238 May 30 9: 30 AM-11: 00 AM. *Medicine & Science in Sports Exercise*, 2019, vol. 51, no. 6S, p. 403.
39. Chen C., Haupert S.R., Zimmermann L. Global prevalence of post-coronavirus disease 2019 (COVID-19) condition or long COVID: a meta-analysis and systematic review. *The Journal of infectious diseases*, 2022, vol. 226, no. 9, pp. 1593-1607.
40. Wiggins C.C., Constantini K., Paris H.L. Ischemic preconditioning, O2 kinetics, and performance in normoxia and hypoxia. *Medicine Science in Sports Exercise*, 2019, vol. 51, no. 5, pp. 900-911.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**
**Ритта Викторовна Тамбовцева** – доктор биологических наук, профессор. Заведующая кафедрой «Биохимии и биоэнергетики спорта им. Н.И. Волкова», РУС «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: ritta7@mail.ru.
**Юрий Сергеевич Евстифеев** – аспирант кафедры биохимии и биоэнергетики спорта РУС «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: y.s.evstifeev@gmail.com.

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:**
**Ritta V. Tambovtseva** – Doctor of Biological Sciences, Professor. Head of the Department of Biochemistry and Bioenergy of Sports named after N.I. Volkov, RUS “GTSOLIFK”, Moscow, e-mail: ritta7@mail.ru.
**Yurij S. Evstifeev** – Post-Graduate Student of the Department of Biochemistry and Bioenergy of Sports, RUS “GTSOLIFK”, Moscow, e-mail: y.s.evstifeev@gmail.com.

**Для цитирования:** Тамбовцева, Р.В. Гипоксические факторы в современной системе подготовки высококвалифицированных спортсменов / Р.В. Тамбовцева, Ю.С. Евстифеев // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 3(33). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_15

**For citation:** Tambovtseva R.V., Evstifeev Yu.S. Hypoxic factors in the modern system of elite athletes’ training. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 3(33). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_15