Дата публикации: 01.09.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_13
УДК 612.57.04

Publication date: 01.09.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_13
UDC 612.57.04

БИОХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ СПОРТИВНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГИПОКСИЧЕСКОГО СТИМУЛА У СПОРТСМЕНОВ-ЛЕГКОАТЛЕТОВ

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

Аннотация. ***Введение.*** Целью настоящей обзорной статьи является анализ и обобщение научной литературы, посвященной комплексному исследованию влияния гипоксии на биохимические и физиологические факторы организма высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся в легкой атлетике. ***Методы.*** Проведен поиск научных литературных источников, посвященных влиянию гипоксии на функциональные возможности спортсменов разных специализаций с использованием различных баз данных: eLIBRARY.RU, PubMed, КиберЛенинка, проанализирована 21 публикация. ***Результаты.*** Показано, что повышение работоспособности спортсменов-легкоатлетов связано не только с интенсификацией аэробных и анаэробных возможностей, но и с активизацией биохимических механизмов на уровне клеток, тканей и органов. Гипоксический фактор оказывает как положительный, так и отрицательный отклики организма в ответ на кислородное голодание. ***Заключение.*** Спортсменам, особенно в периоды высокоинтенсивных тренировок, рекомендуется чередовать гипоксические тренировки с периодами восстановления в нормоксических условиях, что позволяет снизить риск перетренированности и обеспечить полноценное восстановление организма между тренировочными сессиями.
Ключевые слова: гипоксия, спортсмены-легкоатлеты, аэробные и анаэробные возможности, гипоксическая тренировка, генетические факторы, уровень лактата, факторы роста.

BIOCHEMICAL AND PHYSIOLOGICAL MARKERS OF ATHLETIC PERFORMANCE UNDER HYPOXIC STIMULUS IN TRACK-AND-FIELD ATHLETES

R.V. Tambovtseva, V.V. Volkov, Yu.S. Evstifeev
Russian University of Sports “GTSOLIFK”, Moscow, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The purpose of this review article is to analyze and summarize the scientific literature on a comprehensive study of the effect of hypoxia on the biochemical and physiological factors of the body of elite track-and-field athletes. ***Methods.*** We have conducted a search in scientific sources in the eLIBRARY.RU, PubMed, Cyberleninka databases. A total of 21 sources were analyzed. ***Results.*** It has been shown that the increase in the performance of track-and-field athletes is associated not only with the intensification of aerobic and anaerobic capabilities, but also with the activation of biochemical mechanisms at the level of cells, tissues and organs. Hypoxic factor has both positive and negative body responses in response to oxygen starvation. ***Conclusion.*** The scientific literature analysis has demonstrated that athletes, especially in phases of high-intensity training, are recommended to alternate hypoxic training with periods of recovery in normoxic conditions, which reduces the risk of overtraining and ensures full recovery of the body between training sessions.
Keywords: hypoxia, track-and-field athletes, aerobic and anaerobic capabilities, hypoxic training, genetic factors, lactate level, growth factors.

Введение. Гипоксия является сильнейшим активатором различных перестроек в организме человека. Постоянство внутренней среды организма при воздействии гипоксического фактора происходит за счет динамических изменений кислородтранспортной системы, включающей системную триаду: сердечно-сосудистую систему (ССС), внешнее дыхание, кровь. Активатором перестроек кислородтранспортной системы являются стресс-лимитирующие системы срочной адаптации. Чтобы предотвратить физиологический стресс, главными и основными звеньями в удержании гомеостаза и открытии механизмов срочной адаптации являются гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая и симпатико-адреналовая системы организма. Гипоксия оказывает на организм человека как системно-избирательный, так и генерализованный ответ,

вызывая как положительные, так и отрицательные эффекты. В связи с этим использование гипоксии в разных аспектах нашей жизнедеятельности является актуальной проблемой [1, 2]. 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 улучшение функциональных резервов, так и повышение устойчивости к гипоксическим воздействиям, что делает данный метод незаменимым в подготовке спортсменов высокого уровня [3, 4].

Целью настоящей обзорной статьи является анализ и обобщение научной литературы, посвященной комплексному исследованию влияния гипоксии на биохимические и физиологические факторы организма высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся в легкой атлетике.

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. Была проанализирована 21 публикация по данной проблеме. В обзор включены 4 источника авторства российских ученых и 18 источников на иностранном языке.

Результаты исследования и их обсуждение. Эффективность гипоксических факторов в повышении спортивной работоспособности спортсменов в легкой атлетике базируется на направленности развития аэробных и анаэробных возможностей мышечной ткани [1-5]. Однако для комплексного понимания эффективности использования гипоксии необходимо учитывать также биохимические и физиологические аспекты спортивной работоспособности в этой дисциплине. Среди таких факторов основное внимание следует сосредоточить на:

Безжировой массе тела (Lean Body Mass). Высокая масса мышц на фоне низкого содержания подкожно-жировой клетчатки способствует достижению высоких результатов в легкоатлетических дисциплинах. Особенно это касается беговых дисциплин и дисциплин, связанных с перемещением массы собственного тела в пространстве. Спортивная тренировка в данном аспекте строится в направлении повышения аэробной и анаэробной работоспособности мышечной ткани [6]. Усиление аэробного метаболизма в результате адаптации к гипоксии позволит повысить эффективность окислительных процессов, включая процессы использования жирных кислот в нуждах энергетического обеспечения клетки. Усиленный метаболизм жирных кислот позволяет усиливать извлечение жирных кислот из адипоцитов, что происходит в рамках процесса липолиза и соответственно способствует снижению жировой массы тела и перераспределению компонентного состава тела;

Уровне гемоглобина и эритроцитов – тренировки на высоте (гипоксические условия) способствуют увеличению уровня гемоглобина и эритроцитов, что улучшает транспорт кислорода к мышцам и способствует повышению выносливости у бегунов на длинные дистанции. Данный аспект также играет важную роль в подготовке спортсменов в других дисциплинах легкой атлетики, однако прямая взаимосвязь эффекта гипоксической тренировки и спортивной результативности прослеживается в беге на длинные дистанции;

Генетических факторах – такие гены как ACE и ACTN3 связаны с повышенной физической выносливостью и скоростно-силовыми качествами. Полиморфизм этих генов может способствовать улучшению спортивных результатов в зависимости от типа нагрузки: выносливость или сила [6, 7]. Данный аспект принципиально важен ввиду того, что гипоксические факторы, приводящие к развитию гипоксического состояния, стимулируют активность данных генов, которые в свою очередь запускают ряд биохимических преобразований, значимых для проявления силы и выносливости;

Уровне лактата и скорости его утилизации – максимальная концентрация лактата и скорость утилизации лактата после интенсивной физической нагрузки являются важными биохимическими маркерами спортивной работоспособности и восстановления в некоторых дисциплинах легкой атлетики. Высокая скорость утилизации лактата указывает на более высокую способность к восстановлению и повышенную работоспособность спортсменов в циклических видах спорта [8, 9]. Гипоксические факторы способствуют повышению эффективности и соответственно скорости утилизации лактата после пребывания в условиях ассоциированных с кислородным долгом;

Факторах роста, таких как инсулиноподобный фактор роста (IGF-1) и др. – способствуют адаптации мышц и восстановлению после тренировок. Эти факторы могут значительно влиять на силовые показатели и восстановление в легкой атлетике, а их активация возможна с помощью средств гипоксической тренировки [10].

В современной научной литературе представлены фрагментарные сведения о том, как отдельные средства и методы гипоксической тренировки влияют на перечисленные ранее, а также прочие более частные аспекты спортивной работоспособности в легкой атлетике. Повторяющиеся спринтерские тренировки в условиях гипоксии приводят к увеличению концентрации HIF-1α и улучшению способности к многократному выполнению спринтов, что свидетельствует о положительном влиянии гипоксии на энергетические и молекулярные процессы в мышцах [10, 11]. Гипоксические воздействия также приводят к повышению концентрации генов семейства HIF. Преимущество активации генов семейства HIF с помощью гипоксических воздействий заключается в потенциальном снижении нагрузок на суставно-связочный аппарат и позволяет активировать обозначенные гены между тренировочными занятиями, интервал между которыми обусловлен необходимостью восстановления. Гипоксическая тренировка, особенно длительная по своей продолжительности и частоте проведения, вызывает усиленный эритропоэз, что в последствии улучшает доставку кислорода к мышцам и повышает спортивные результаты преимущественно в аэробных видах спорта [12]. Краткосрочное воздействие нормобарической гипоксии увеличивает количество эритроцитов, гематокрит, уровень гемоглобина и концентрацию эритропоэтина, но это не всегда приводит к улучшению аэробной или анаэробной производительности у высококвалифицированных спортсменов. Однако для этого традиционно используется метод гипоксической тренировки «Live High-Train Low» (LHTL), который способствует увеличению массы гемоглобина, что улучшает перенос кислорода и повышает спортивные результаты. Тем не менее эффективность методов зависит от индивидуальных особенностей спортсмена, плана спортивной подготовки и в целом специфики соревновательной деятельности [13]. Гипоксическое воздействие и повторяющиеся спринтерские тренировки приводят к увеличению окислительной способности мышечных волокон, что позволяет поддерживать большую мощность во время высокоинтенсивных нагрузок [14]. Это обусловлено в первую очередь возможностью потребления большего количества кислорода и увеличением продолжительности удержания максимального потребления кислорода. Например, согласно исследованиям интервальная гипоксическая тренировка (IHT) привела к значительному увеличению максимального потребления кислорода (VO_2 max) и времени до истощения у спортсменов, тренирующихся в условиях нормобарической гипоксии. Это улучшение, по мнению авторов, связано с адаптацией мышц и увеличением экспрессии генов, связанных с метаболизмом и выработкой энергии [15]. В эксперименте со спортсменами в многоборье трехнедельная гипоксическая тренировка привела к увеличению ретикулоцитов и улучшению времени на дистанции 3 км, что свидетельствует о потенциале такой тренировки для повышения спортивных показателей в беговых упражнениях [16]. Тренировки в условиях нормобарической гипоксии также стимулируют увеличение концентрации ключевых мышечных ферментов, таких как глюкозотранспортеры и цитохромы митохондрий,

что улучшает показатели аэробного метаболизма на уровне митохондрий. Это приводит к улучшению аэробной производительности и выносливости у бегунов на длинные дистанции. Также кратковременные сеансы гипоксии (60 минут) перед тренировкой способствуют увеличению времени до истощения и сохранению показателей выносливости после гипоксической тренировки. У спортсменов, подвергшихся нормобарической гипоксии перед упражнениями, наблюдалось увеличение минутной легочной вентиляции, что способствовало повышению их физической работоспособности в нормоксических условиях. Тренировки в условиях нормобарической гипоксии усиливают выброс гормона роста во время силовых упражнений. Это приводит к более быстрому восстановлению и улучшению силовых показателей без снижения активации нервно-мышечной системы [17].

После сеансов нормобарической гипоксии наблюдаются увеличение скорости окисления липидов и снижение окисления углеводов, что способствует улучшению метаболических процессов после физической активности. Данный аспект принципиально важен в контексте контроля и варьирования компонентного состава тела и распределения жировой и мышечной массы в ходе спортивной подготовки. Также гипоксия усиливает окисление жиров в покое, что может быть полезно для контроля массы тела [18]. Гипоксическая тренировка влияет на сердце и сосуды, вызывая такие изменения, как увеличение объема крови, сердечного выброса и капилляризации мышечной ткани. Адаптивные изменения в данном направлении происходят за счет индуцирования фактора роста эндотелия сосудов (VEGF), отвечающего за васкулогенез, и фактора роста нейронов (BNDF), которые в конечном счете приводят к повышению эффективности доставки и утилизации кислорода клетками мышечной ткани и нервной системы. Эти адаптации важны для улучшения переносимости физических нагрузок и эффективности кислородного обмена в аэробных видах спорта [19].

Однако важно также учитывать риски гипоксических воздействий, так как они могут вызвать как краткосрочные, так и долгосрочные негативные последствия для организма спортсмена. В условиях гипоксии увеличивается нагрузка на сердечно-сосудистую и дыхательную системы, что может привести к тахикардии, гипервентиляции и повышенной утомляемости. В результате организм может столкнуться с временным ухудшением физической работоспособности. Длительное пребывание в гипоксических условиях без достаточного времени на адаптацию может привести к гипоксическому стрессу, который нарушает восстановительные процессы и вызывает окислительный стресс в клетках, что может спровоцировать повреждение мышечной ткани и снижение иммунной функции [20]. Чрезмерные нагрузки в сочетании с недостаточным восстановлением могут способствовать развитию синдрома перетренированности, который характеризуется нарушениями сна, хронической усталостью, ухудшением настроения и снижением мотивации к тренировкам. Это может значительно ухудшить не только физическую форму спортсмена, но и его психологическое состояние, увеличивая риск травм и заболеваний. Кроме того, в условиях гипоксической тренировки может нарушаться баланс электролитов и жидкости в организме, что приводит к обезвоживанию и дисфункциям почек [20].

Заключение. Для минимизации рисков переутомления и перетренированности необходим тщательный контроль за физиологическими показателями спортсменов (уровень кислорода в крови (SpO_2), частота сердечных сокращений и показатели вариабельности сердечного ритма). Важно корректировать интенсивность тренировок на основе этих данных, чтобы избежать перегрузок. Спортсменам, особенно в периоды высокоинтенсивных тренировок, рекомендуется чередовать гипоксические тренировки с периодами восстановления в нормоксических условиях, что позволяет снизить риск перетренированности и обеспечить полноценное восстановление организма между тренировочными сессиями.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бреслав, И.С. Дыхание и мышечная активность человека в спорте. Руководство для изучающих физиологию человека / И.С. Бреслав, Н.И. Волков, Р.В. Тамбовцева. – М.: Советский спорт, 2013. – 336 с.
2. Колчинская, А.З. Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка в медицине и спорте. Руководство для врачей / А.З. Колчинская, Т.Н. Цыганова, Л.А. Остапенко. – М.: Медицина, 2003. – 408 с.
3. Волков, Н.И. Градации гипоксических состояний у человека при напряженной мышечной деятельности / Н.И. Волков, У. Дардури, В.Я. Сметанин // Физиология человека. – 1998. – Т. 24(3). – С. 51-63.
4. 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.
5. Arkhipenko, Y. Adaptation to interval hypoxia-hyperoxia improves exercise tolerance in professsional athletes: experimental substantiation and applied approbation / Y. Arkhipenko, I. Vdovina, N. Kostina // European Scientific Journal. – 2014. – Vol. 10. – P. 135-154.
6. Zaras, N. Biological determinants of track and field throwing performance / N. Zaras, A.N. Stasinaki, G. Terzis // Journal of Functional Morphology and Kinesiology. – 2021. – Vol. 6. – No. 2. – P. 40.
7. Wang, S. The influence of variation in altitude on athletic performance in long-distance runners / S. Wang, Z. Shao, J. Li // Revista Brasileira de Medicina do Esporte. – 2022. – Vol. 28. – No. 5. – P. 584-586.
8. Šećerović, A. Genotype association with sport activity: the impact of ACE and ACTN3 gene polymorphism on athletic performance / A. Šećerović, L. Gurbeta, E. Omanović-Mikličanin // Int. J. Eng. Res. Technol. – 2017. – Vol. 6. – P. 859-863.
9. Balberova, O.V. Genetic and Physiological Predictors of Bioenergetic Adaptation Skeletal Muscles in Athletes of Cyclic Sports / O.V. Balberova, N.A. Shnayder, E.V. Lekontsev // Personalized Psychiatry and Neurology. – 2023. – Vol. 3. – No. 2. – P. 61-71.
10. Sorrenti, V. Deciphering the role of polyphenols in sports performance: From nutritional genomics to the gut microbiota toward phytonutritional epigenomics / V. Sorrenti, S. Fortinguerra, G. Caudullo // Nutrients. – 2020. – Vol. 12. – No. 5. – P. 1265.
11. Faiss, R. Significant molecular and systemic adaptations after repeated sprint training in hypoxia / R. Faiss, B. Léger, J.M. Vesin // PloS one. – 2013. – Vol. 8. – No. 2. – P. e56522.
12. Mujika, I. Contemporary periodization of altitude training for elite endurance athletes: a narrative review / I. Mujika, A.P. Sharma, T. Stellingwerff // Sports medicine. – 2019. – Vol. 49. – No. 11. – P. 1651-1669.
13. 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.
14. Zoll, J. Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. III. Muscular adjustments of selected gene transcripts / J. Zoll, E. Ponsot, S. Dufour // Journal of applied physiology. – 2006. – Vol. 100. – No. 4. – P. 1258-1266.
15. Hamlin, M.J. Effect of intermittent normobaric hypoxic exposure at rest on haematological, physiological, and performance parameters in multi-sport athletes / M.J. Hamlin, J. Hellemans // Journal of sports sciences. – 2007. – Vol. 25. – No. 4. – P. 431-441.
16. Mekjavic, I.B. Intermittent normobaric hypoxic exposures at rest: effects on performance in normoxia and hypoxia / I.B. Mekjavic, T. Debevec, M. Amon // Aviation, Space, and Environmental Medicine. – 2012. – Vol. 83. – No. 10. – P. 942-950.
17. Filopoulos, D. Normobaric hypoxia increases the growth hormone response to maximal resistance exercise in trained men / D. Filopoulos, S.J. Cormack, D.G. Whyte // European Journal of Sport Science. – 2017. – Vol. 17. – No. 7. – P. 821-829.
18. 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.
19. Millet, G.P. Combining hypoxic methods for peak performance / G.P. Millet, B. Roels, L. Schmitt // Sports medicine. – 2010. – Vol. 40. – P. 1-25.
20. Robach, P. Is live high-train low altitude training relevant for elite athletes with already high total hemoglobin mass? / P. Robach, C. Lundby // Scandinavian journal of medicine science in sports. – 2012. – Vol. 22. – No. 3.

REFERENCES

1. Breslav I.S., Volkov N.I., Tambovtseva R.V. Human breathing and muscle activity in sports. A guide for students of human physiology. Moscow: Sovetskij sport, 2013, 336 p. (in Russ.)
2. Kolchinskaya A.Z., Tsyganova T.N., Ostapenko L.A. Normobaric interval hypoxic training in medicine and sports. A guide for doctors. Moscow: Meditsina, 2003. 408 p. (in Russ.)
3. Volkov N.I., Darduri U., Smetanin V.Ya. Gradations of hypoxic states in humans with strained muscle activity. *Human Physiology*, 1998, vol. 24(3), pp. 51-63. (in Russ.)
4. Radchenko A.S., Shabanov P.D., Tyukavin A.I. Experience of applying 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: Saint-Petersburg University of the Humanities And Social Sciences, 2024. pp. 15-16. (in Russ.)
5. Arkhipenko Y., Vdovina I., Kostina N. Adaptation to interval hypoxia-hyperoxia improves exercise tolerance in professional athletes: experimental substantiation and applied approbation. *European Scientific Journal*, 2014, vol. 10, pp. 135-154.
6. Zaras N., Stasinaki A.N., Terzis G. Biological determinants of track and field throwing performance. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 2021, vol. 6, no. 2, p. 40.
7. Wang S., Shao Z., Li J. The influence of variation in altitude on athletic performance in long-distance runners. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 2022, vol. 28, no. 5, pp. 584-586.
8. Šećerović A., Gurbeta L., Omanović-Mikličanin E. Genotype association with sport activity: the impact of ACE and ACTN3 gene polymorphism on athletic performance. *Int. J. Eng. Res. Technol*, 2017, vol. 6, pp. 859-863.
9. Balberova O.V., Shnayder N.A., Lekontsev E.V. Genetic and Physiological Predictors of Bioenergetic Adaptation Skeletal Muscles in Athletes of Cyclic Sports. *Personalized Psychiatry and Neurology*, 2023, vol. 3, no. 2, pp. 61-71.
10. Sorrenti V., Fortinguerra S., Caudullo G. Deciphering the role of polyphenols in sports performance: From nutritional genomics to the gut microbiota toward phytonutritional epigenomics. Nutrients, 2020, vol. 12, no. 5, pp. 1265.
11. Faiss R., Léger B., Vesin J.M. Significant molecular and systemic adaptations after repeated sprint training in hypoxia. *PloS one*, 2013, vol. 8, no. 2, p. e56522.
12. Mujika I., Sharma A.P., Stellingwerff T. Contemporary periodization of altitude training for elite endurance athletes: a narrative review. *Sports medicine*, 2019, vol. 49, no. 11, pp. 1651-1669.
13. 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.
14. Zoll J., Ponsot E., Dufour S. Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. III. Muscular adjustments of selected gene transcripts. *Journal of appliedphysiology*, 2006, vol. 100, no. 4, pp. 1258-1266.
15. Hamlin M.J., Hellemans J. Effect of intermittent normobaric hypoxic exposure at rest on haematological, physiological, and performance parameters in multi-sport athletes. *Journal of sports sciences*, 2007, vol. 25, no. 4, pp. 431-441.
16. Mekjavic I.B., Debevec T., Amon M. Intermittent normobaric hypoxic exposures at rest: effects on performance in normoxia and hypoxia. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 2012, vol. 83, no. 10, pp. 942-950.
17. Filopoulos D., Cormack S.J., Whyte D.G. Normobaric hypoxia increases the growth hormone response to maximal resistance exercise in trained men. *European Journal of Sport Science*, 2017, vol. 17, no. 7, pp. 821-829.
18. 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.
19. Millet G.P., Roels B., Schmitt L. Combining hypoxic methods for peak performance. *Sports medicine*, 2010, vol. 40, pp. 1-25.
20. Robach P., Lundby C. Is live high-train low altitude training relevant for elite athletes with already high total hemoglobin mass? *Scandinavian Journal of medicine science in sports*, 2012, vol. 22, no. 3.

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
Василий Васильевич Волков – старший преподаватель кафедры биохимии и биоэнергетики спорта имени Н.И. Волкова, РУС «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: fitclub@list.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
Vasilij V. Volkov – Senior Lecturer of the Department of Biochemistry and Bioenergetics of Sports named after N.I. Volkov, RUS “GTSOLIFK”, Moscow, e-mail: fitclub@list.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. Биохимические и физиологические маркеры спортивной работоспособности при воздействии гипоксического стимула у спортсменов-легкоатлетов / Р.В. Тамбовцева, В.В. Волков, Ю.С. Евстифеев // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 3(33). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_13

For citation: Tambovtseva R.V., Volkov V.V., Evstifeev Yu.S. Biochemical and physiological markers of athletic performance under hypoxic stimulus in track-and-field athletes. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 3(33). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_13