

ДИНАМИКА И РАЗЛИЧИЯ БИОХИМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ СПОРТСМЕНОВ В РАЗЛИЧНЫХ ФАЗАХ СРЕДНЕГОРНОЙ ПОДГОТОВКИ ОТНОСИТЕЛЬНО ТРЕНИРОВКИ НА УРОВНЕ МОРЯ

*Е.Б. Мякинченко, А.С. Крючков, Г.А. Дудко, М.А. Дикунец, П.Е. Мякинченко
Федеральный научный центр физической культуры и спорта, г. Москва, Россия*

Цель исследования. Изучить динамику реакций и текущее состояние организма спортсменов высокого класса по показателям биохимического профиля в фазах адаптации к условиям естественной гипобарической гипоксии. **Материалы и методы.** Сравнивалась динамика 16 биохимических индексов на аналогичных этапах годичной подготовки 15 биатлонисток сборной спортивной команды России, проводимой в условиях среднегорья (~1550 м) и на уровне моря. Использовались методы анализа утренних гематологических и биохимических параметров крови в течение 3 среднегорных и 4 равнинных спортивно-тренировочных мероприятий. Фиксировались тренировочные нагрузки. **Результаты.** При сопоставимом уровне и направленности нагрузок тренировка в условиях среднегорья приводит к достоверным ($P < 0,05$) положительным сдвигам гематологических показателей (гемоглобин, гематокрит), начиная со 2-й и 3-й фаз адаптации. В этот же период повышается уровень кортизола и мочевины. Аминотрансферазы (АЛТ, АСТ), наоборот, более реактивны в фазе острой акклиматизации ($P < 0,05$). Не обнаружено признаков более существенного ухудшения анаболического обеспечения тренировочного процесса по показателям тестостерона. В условиях среднегорья в среднем наблюдается пониженный уровень фосфора и железа и повышенный – кальция, а также пониженный уровень повреждения мышечной ткани по сравнению с тренировками на уровне моря. **Заключение.** Динамика биохимических показателей в среднегорье и на уровне моря подобна, это может быть следствием реакций на нагрузку. При этом тренировка в среднегорье имеет большую физиологическую стоимость при положительных сдвигах в системах транспорта кислорода. Полученная динамика и различия в исследованных индексах в фазах среднегорной подготовки могут быть использованы для повышения эффективности управления тренировочными нагрузками спортсменов в циклических видах спорта.

Ключевые слова: среднегорье, адаптация, биатлон, спортсмены высокого класса.

Введение. Отечественные исследования и международная практика подготовки спортсменов высокого класса однозначно свидетельствуют о положительном влиянии тренировок в условиях горного климата на результаты соревнований, проводимых в горах [2, 4, 6]. Оценки эффективности такой подготовки в отношении результативности спортсменов на уровне моря гораздо более противоречивы [3]. В то же время устоявшимся можно считать мнение, что положительный эффект может дать вся совокупность факторов, связанных с тренировкой в горной местности, а не гипоксия сама по себе. К таким факторам относят лучший рельеф местности, экологию, качество питания и воды, повышенную инсоляцию,

ослабление отвлекающих и стрессовых факторов; эффект психологической «разгрузки» при смене привычных мест подготовки на прекрасные горные пейзажи; эффект «плацебо» и т. п. [4]. Предполагается, что с помощью подготовки в гипоксических условиях можно повысить функциональную мощность систем транспорта и утилизации кислорода, транспорта лактата, систем внешнего дыхания, буферных систем мышц и крови без дополнительного наращивания нагрузок [4]. К отрицательным эффектам гипоксии относят потерю мышечной массы, повышенную утомляемость, иммунодепрессию как следствие в том числе избыточного оксидативного стресса [7]. Это объясняют воздействием ряда климато-

географических факторов, таких как более сухой и холодный климат, сниженное парциальное напряжение кислорода, смена временного и широтного пояса, измененная инсоляция. Эти факторы могут приводить к ухудшению качества сна, ослабленному иммунитету, воспалительным процессам в организме, чувству утомления, истощенности, пониженной работоспособности [3, 4]. Однако в настоящее время опровергнуто мнение, что тренировки на высоте вредны для здоровья в результате усиления оксидативного стресса [7]. Тем не менее дополнительный стресс на организм при условии околопредельных нагрузок требует очень точного управления состоянием спортсменов, которое может быть реализовано путем контроля динамики биохимических маркеров.

Вопрос реакций гематологических и других показателей организма спортсменов на условиях гипобарической гипоксии многократно изучался [3, 4, 6–9]. Однако нам известно только одно исследование динамики биохимического профиля спортсменов в различных фазах среднегорной подготовки, выполненное на мужчинах с очень ограниченным набором маркеров [3]. В этой связи целью настоящей работы было изучение динамики и различий биохимического профиля биатлонисток высокого класса в различных фазах среднегорной подготовки относительно тренировок на уровне моря.

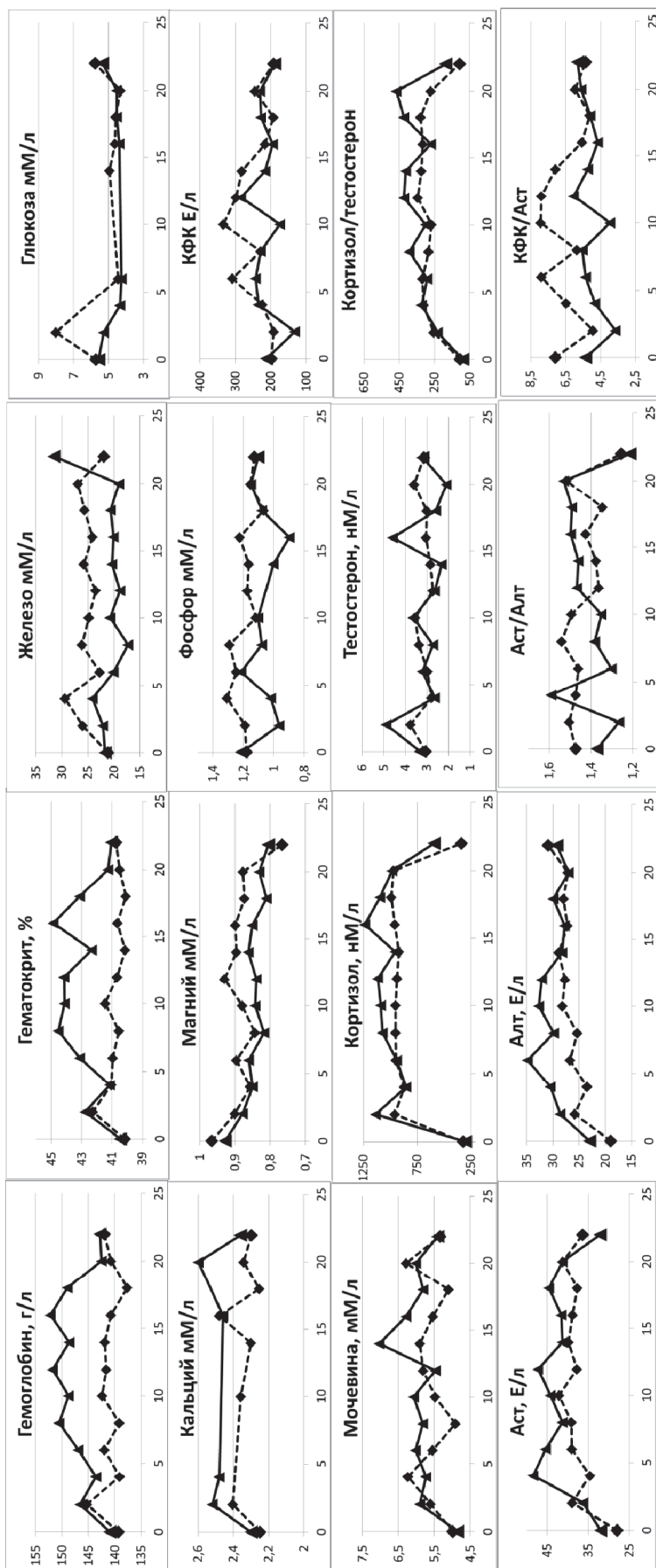
Материалы и методы. Под наблюдением находилось 15 спортсменок (возраст $26,4 \pm 3,2$ года; длина тела $165,3 \pm 4,7$ см; масса тела $57,7 \pm 4,0$ кг; VO_{2max} $65,8 \pm 2,7$ мл/кг/мин). В течение подготовительного периода (июль – сентябрь) спортсменки ежемесячно собирались для проведения тренировочных мероприятий в условиях среднегорья (УС) или на уровне моря (УМ) на срок 17–21 день. Между этими тренировочными мероприятиями были периоды «домашней» подготовки длительностью 6–9 дней. В исследовании использованы данные УС (Поклюка (1350 м), Сочи (1450 м), Бельмекен (2000 м) и УМ (Тюмень, Раубичи, Токсово, Чайковский – все ниже 150 м над УМ). Сроки УС и УМ подбирались таким образом, чтобы нивелировать влияние различий в направленности тренировочных нагрузок, которые имеют место на протяжении этапов подготовительного периода подготовки. Тренировочные нагрузки фиксировались по принятой методике [5].

На каждом тренировочном мероприятии 4–5 раз в разные сроки относительно начала сбора проводился забор капиллярной крови в состоянии покоя до завтрака (с 07.00 до 08.00). Биохимические исследования проводили на полуавтоматическом фотометре BTS-350 фирмы Bio-Systems (Испания) с использованием коммерчески доступных наборов для клинической биохимии фирм Biolabo (Франция), PZ Cormay S.A. (Польша), DRG (Германия), Chronolab systems (Испания) и Vital Development Corp. (Россия).

В качестве референсных значений (начальная и конечная точки каждого графика на рисунке) использовались значения показателей, полученных после 5–7 дней разгрузочного тренировочного микроцикла до и после каждого УС и УМ. Длительность каждого УС и УМ разбивалась на 10 условных временных интервалов, это позволяло усреднить и получить динамику данных по 10 точкам временной шкалы, начиная от первого дня мероприятия и до последнего. Значения биохимических маркеров усреднялись отдельно для всех УС и всех УМ. Проверка выборок на нормальность распределения с использованием критериев асимметрии и эксцесса, а также на равенство дисперсий подтвердила возможность использования параметрического t-критерия для оценки различий групповых средних несвязанных выборок. Статистическая значимость принята на уровне $P = 0,05$. Расчеты выполнены с использованием пакета IBM STATISTICA для Windows версия 10.0 (StatSoft. Inc, USA).

Результаты. Усредненные тренировочные нагрузки по показателям общего объема циклических нагрузок (УС 36 ± 4 часов, УМ 37 ± 7 часов), объемам циклических нагрузок разной интенсивности, оцениваемым по ЧСС, и объемам нагрузок силовой и скоростно-силовой направленности (УС $4,1 \pm 0,6$; УМ $5,0 \pm 1,1$) не различались ($P > 0,05$). Различия имелись ($P > 0,05$) в доле интенсивных циклических нагрузок (4–5-й зоны, ЧСС > 172 уд./мин), соответственно, $2,0 \pm 0,3$ % и $2,7 \pm 0,2$ %.

Усредненные графики динамики и обобщенные значения биохимических маркеров представлены на рисунке. Первые и последние точки каждого графика являются референсными значениями. Показано, что динамика ряда показателей в УС отличается от таковой в УМ. Показатели гемоглобина и гематокрита растут практически на протяжении всего УС, к завершению УС наблюдается их снижение.



Усредненная динамика биохимических маркеров, отражающих реакции спортсменов высокого класса по биатлону
в ответ на выполненные тренировочные нагрузки в УС (▲) и на УМ (◆) (n = 15)
Mean dynamics of biochemical indicators reflecting responses of highly skilled female biathlon athletes
to training in middle altitude areas (▲) and at sea level (◆) (n = 15)

**Сравнительный анализ среднегрупповых реакций организма биатлонисток высокого класса по комплексу биохимических маркеров при проведении соревновательных мероприятий в условиях среднегорья (УС) и на уровне моря (УМ) (n = 15)
Comparative analysis of the mean group responses of highly skilled female biathlon athletes based on biochemical indicators during competitive events in middle altitude (MA) areas and at sea level (SL) (n = 15)**

Показатель / Indicator	УС / MA	УМ / SL
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	149,3 ± 10,0*	142,1 ± 9,0
Гематокрит, % / Hematocrit, %	43,7 ± 2,7*	41,0 ± 2,6
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	4,66 ± 0,50	4,72 ± 0,34
Железо, мкмоль/л / Iron, μmol/l	20,3 ± 6,5*	25,5 ± 5,6
Магний, ммоль/л / Magnesium, mmol/l	0,84 ± 0,08	0,89 ± 0,07
Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/l	2,51 ± 0,04*	2,36 ± 0,11
Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/l	1,05 ± 0,08*	1,19 ± 0,12
АЛТ, МЕ/л / ALT, IU/l	30,2 ± 12,0*	26,9 ± 0,1
АСТ, МЕ/л / AST, IU/l	43,2 ± 11,0*	38,9 ± 12,0
КФК, МЕ/л / CPK, IU/l	216 ± 117*	251 ± 219
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	5,78 ± 1,60	5,99 ± 1,60
Кортизол, нмоль/л / Cortisol, nmol/l	1048 ± 415*	947 ± 371
Тестостерон, нмоль/л / Testosterone, nmol/l	3,13 ± 2,60	3,16 ± 2,40
Кортизол/Тестостерон / Cortisol/Testosterone	442 ± 229*	376 ± 159
КФК/АСТ / CPK/AST ratio	5,16 ± 2,10*	6,15 ± 3,30
АСТ/АЛТ / AST/ALT ratio	1,46 ± 0,38	1,52 ± 0,37

Примечание. * – различия достоверны в сравнении с УМ, P < 0,05; АЛТ – аланинаминотрансфераза; АСТ – аспаратаминотрансфераза; КФК – креатинфосфокиназа.

Note. * – changes are significant compared to SL, P < 0.05; ALT – alanine transaminase; AST – aspartate aminotransferase; CPK – creatine phosphokinase.

В УС снижаются железо и фосфор в крови, кальций возрастает. Индексы напряжения организма (мочевина, кортизол, кортизол/тестостерон, кальций, АЛТ, АСТ) имеют тенденцию к возрастанию в фазах УС. И, напротив, анаболическое обеспечение подготовки (тестостерон) монотонно снижается в обоих случаях. В УС КФК и отношение КФК/АСТ существенно ниже. Среднегрупповые значения и их различия представлены в таблице. Достоверными оказались различия по гемоглобину и гематокриту, кортизолу, активности АЛТ, АСТ, КФК, части микроэлементов (кроме магния), индексам КФК/АСТ и кортизол/тестостерон.

Обсуждение и выводы. В связи с воздействием умеренной гипобарической гипоксии и в ответ на предложенные нагрузки в фазах горной адаптации выявлено, что показатели гемоглобина и гематокрита ожидаемо растут, но начиная со второй фазы пребывания в горах. Это подтверждает данные многочисленных исследований [4–6, 9]. В то же время все индексы напряжения организма имеют тенденцию к возрастанию в фазах УС и УМ, видимо, повторяя динамику объемов интенсивных тренировочных средств, при том

что в УС они достоверно выше. Причем в первой фазе (острой адаптации) более активно реагируют печеночные ферменты, а глюкокортикоиды (кортизол) – во второй и третьей фазах. Анаболическое обеспечение подготовки в УС, как можно предположить из полученных данных, не страдает. При этом степень повреждения мышечной ткани, если судить по КФК, существенно ниже, а миокарда (КФК/АСТ) – относительно выше. Эти показатели, видимо, могут являться точными индикаторами преимущественной направленности нагрузки и дифференциальной диагностики поражения мышечной ткани [1]. Обнаружены достоверные различия по микроэлементам (железо, фосфор, кальций), за исключением магния. Однако в связи с тем, что в настоящем исследовании контроль за употреблением витаминно-микроэлементных комплексов не осуществлялся и с учетом факта, что спортсмены, как правило, такие комплексы потребляют [1], говорить об истинных различиях по микроэлементам сложно.

Таким образом, тренировки в УС по сравнению с УМ действительно положительно сказываются на кислородтранспортной функции крови [4–7], но имеют существенно боль-

шую «физиологическую цену» для спортсменов [8], несмотря на одинаковую субъективную переносимость нагрузки. Можно предположить, что динамика исследованных индексов в фазах среднегорной подготовки будет являться хорошей основой для управления тренировочными нагрузками спортсменов в циклических видах спорта.

Литература

1. Макарова, Г.А. *Медицинский справочник тренера* / Г.А. Макарова, С.А. Локтев. – 2-е изд. – М.: Совет. спорт, 2006. – 587 с.
2. *Методика разработки индивидуально-тренировочного плана спортсмена высокой квалификации* / Е.Б. Мякинченко, М.П. Шестаков, А.С. Крючков и др. // *Теория и практика физ. культуры*. – 2011. – № 12. – С. 66–71.
3. Мякинченко, Е.Б. *Некоторые аспекты использования условий гипоксии в тренировочном процессе спортсменов зимних циклических видов спорта* / Е.Б. Мякинченко, А.С. Крючков, М.П. Шестаков // *Вестник спортивной науки*. – 2016. – № 5. – С. 22–28.
4. Суслов, Ф.П. *Спортивная тренировка в условиях среднегорья* / Ф.П. Суслов, Е.Б. Гипенрейтер, Ж.К. Холодов. – М.: Изд-во РГАФК, 1999. – 202 с.
5. *Athletes at high altitude* / M. Khodae, H.L. Grothe, J.H. Seyfert, K. VanBaak // *Sports Health*. – 2016. – Vol. 8. – No. 2. – P. 126–132. DOI: 10.1177/1941738116630948
6. *Bonetti, D.L. Sea-level exercise performance following adaptation to hypoxia: a meta-analysis* / D.L. Bonetti, W.G. Hopkins // *Sports Med.* – 2009. – Vol. 39. – No. 2. – P. 107–127. DOI: 10.2165/00007256-200939020-00002
7. *Impact of extreme exercise at high altitude on oxidative stress in humans* / J. Quindry, C. Dumke, D. Slivka, B. Ruby // *J. Physiol.* – 2016. – Vol. 594. – No. 18. – P. 5093–5104. DOI: 10.1113/JP270651
8. *Load management in elite German distance runners during 3-weeks of high-altitude training* / B. Sperlich, S. Achtzehn, M. de Marees et al. // *Physiol Rep.* – 2016. – Vol. 4. – No. 12. – P. e12845. DOI: 10.14814/phy2.12845
9. *The response of trained athletes to six weeks of endurance training in hypoxia or normoxia* / N. Ventura, H. Hoppeler, R. Seiler et al. // *Int. J. Sports Med.* – 2003. – Vol. 24. – No. 3. – P. 166–172. DOI: 10.1055/s-2003-39086

Мякинченко Евгений Борисович, доктор педагогических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр физической культуры и спорта. 105005, г. Москва, Елизаветинский переулок, д. 10, стр. 1. E-mail: eugst@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1184-9694.

Крючков Андрей Сергеевич, кандидат педагогических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр физической культуры и спорта. 105005, г. Москва, Елизаветинский переулок, д. 10, стр. 1. E-mail: kruchkova_an@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9423-8092.

Дудко Григорий Алексеевич, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр физической культуры и спорта. 105005, г. Москва, Елизаветинский переулок, д. 10, стр. 1. E-mail: dudko@vniifk.ru, ORCID: 0000-0002-1064-3283.

Дикунец Марина Александровна, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр физической культуры и спорта. 105005, г. Москва, Елизаветинский переулок, д. 10, стр. 1. E-mail: dikunets@vniifk.ru, ORCID: 0000-0002-5945-0722.

Мякинченко Павел Евгеньевич, младший научный сотрудник, Федеральный научный центр физической культуры и спорта. 105005, г. Москва, Елизаветинский переулок, д. 10, стр. 1. E-mail: mpe_mail@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2810-3506.

Поступила в редакцию 15 сентября 2019 г.

DYNAMICS AND DIFFERENCES OF BIOCHEMICAL PROFILE OF ATHLETES IN VARIOUS PHASES OF MIDDLE MOUNTAIN TRAINING COMPARED TO SEA LEVEL TRAINING

E.B. Miakinchenko, eugst@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1184-9694,
A.S. Kryuchkov, kruchkova_an@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9423-8092,
G.A. Dudko, dudko@vniifk.ru, ORCID: 0000-0002-1064-3283,
M.A. Dikunets, dikunets@vniifk.ru, ORCID: 0000-0002-5945-0722,
P.E. Miakinchenko, mpe_mail@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2810-3506

Federal Science Center for Physical Culture and Sport, Moscow, Russian Federation

Aim. The purpose of the article is to study the dynamics of responses and the current state of the body of highly skilled athletes by indicators of the biochemical profile during adaptation to natural hypobaric hypoxia. **Materials and methods.** The dynamics of 16 biochemical indicators was compared at similar stages of the annual training conducted in middle mountain areas (~ 1550 m) and at sea level. Fifteen female biathlon athletes of the Russian national team participated in the study. The following methods were used: analysis of morning hematological and biochemical indicators of blood during 3 mid-mountain and 4 lowland sports training events. Training loads were recorded. **Results.** With a comparable level and type of loads, middle mountain training leads to significant ($P < 0.05$) positive shifts in hematological indicators (hemoglobin, hematocrit), starting from the 2nd and 3rd phases of adaptation. In the same period, the level of cortisol and urea rises. Aminotransferases (ALT, AST), on the contrary, are more reactive in the phase of acute acclimatization ($P < 0.05$). There were no signs of a more significant deterioration in the anabolic support of the training process in terms of testosterone. In middle mountain areas, on average, there is a decreased level of phosphorus and iron and an increased level of calcium, as well as a reduced level of muscle tissue damage compared to training at sea level. **Conclusion.** The dynamics of biochemical indicators in the middle mountain areas and at sea level is similar, this may be a consequence of responses to the load. At the same time, training in the middle mountain areas has a high physiological cost with positive changes in oxygen transport systems. The obtained dynamics and differences in the studied indicators in the phases of middle mountain training can be used to improve the training loads of athletes in cyclic sports.

Keywords: middle mountain areas, adaptation, biathlon, highly skilled athletes.

References

1. Makarova G.A., Loktev S.A. *Meditsinskiy spravochnik trenera* [Medical Guide for Coach]. 2nd ed. Moscow, Soviet Sport Publ., 2006. 587 p.
2. Myakinchenko E.B., Kryuchkov A.S., Shestakov M.P., Fomichenko T.G., Abalyan A.G. [Development of Individual Training Plan for a High Level Competitive Athlete]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2011, no. 12, pp. 66–71. (in Russ.)
3. Myakinchenko E.B., Kryuchkov A.S., Shestakov M.P. [Some Aspects of Hypoxia Conditions Treatment in Training Process of Winter Cyclical Athletes]. *Vestnik sportivnoi nauki* [Bulletin of Sports Science], 2016, no. 5, pp. 22–28. (in Russ.)
4. Suslov F.P., Gippenreiter E.B., Kholodov Zh.K. *Sportivnaya trenirovka v usloviyakh srednegorya* [Sports Training at Moderate Altitude]. Moscow, RGAFK Publ., 1999. 202 p.
5. Khodae M., Grothe H.L., Seyfert J.H., VanBaak K. Athletes at High Altitude. *Sports Health*, 2016, vol. 8, no. 2, pp. 126–132. DOI: 10.1177/1941738116630948
6. Bonetti D.L., Hopkins W.G. Sea-Level Exercise Performance Following Adaptation to Hypoxia: A Meta-analysis. *Sports Med.*, 2009, vol. 39, no. 2, pp. 107–127. DOI: 10.2165/00007256-200939020-00002

7. Quindry J., Dumke C., Slivka D., Ruby B. Impact of Extreme Exercise at High Altitude on Oxidative Stress in Humans. *J. Physiol.*, 2016, vol. 594, no. 18, pp. 5093–5104. DOI: 10.1113/JP270651

8. Sperlich B., Achtzenn S., de Marees M., von Papen H., Mester J. Load Management in Elite German Distance Runners During 3-Weeks of High-altitude Training. *Physiol. Rep.*, 2016, vol. 4, no. 12, p. e12845. DOI: 10.14814/phy2.12845

9. Ventura N., Hoppeler H., Seiler R., Bingelli A., Mullis P., Vogt M. The Response of Trained Athletes to Six Weeks of Endurance Training in Hypoxia or Normoxia. *Int. J. Sports. Med.*, 2003, vol. 24, no. 3, pp. 166–172. DOI: 10.1055/s-2003-39086

Received 15 September 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Динамика и различия биохимического профиля спортсменов в различных фазах среднегорной подготовки относительно тренировки на уровне моря / Е.Б. Мякинченко, А.С. Крючков, Г.А. Дудко и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № 4. – С. 7–13. DOI: 10.14529/hsm190401

FOR CITATION

Miakinchenko E.B., Kryuchkov A.S., Dudko G.A., Dikunets M.A., Miakinchenko P.E. Dynamics and Differences of Biochemical Profile of Athletes in Various Phases of Middle Mountain Training Compared to Sea Level Training. *Human. Sport. Medicine*, 2019, vol. 19, no. 4, pp. 7–13. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm190401
