

Среднегорье, высокогорье и искусственная гипоксия в системе подготовки спортсменов

М. М. Булатова, В. Н. Платонов

Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, Киев, Украина

Резюме. Узагальнено світовий досвід використання середньогір'я, високогір'я та штучної гіпоксії в системі підготовки спортсменів. Розглянуто механізми адаптації людини до висотної гіпоксії, проаналізовано дані наукової літератури, що стосуються питання працездатності спортсменів та їхніх результатів у гірських умовах, описано форми гіпоксичного тренування, наведено дані про реакліматизацію та деадаптацію спортсменів після повернення з гір, описано штучне гіпоксичне тренування, визначено підходи до тренування в горах та штучного гіпоксичного тренування в системі річної підготовки спортсменів.

Ключові слова: середньогір'я, високогір'я, штучна гіпоксія, підготовка спортсменів.

Summary. Worldwide experience of using environment of medium-height, high mountains and artificial hypoxia has been generalized. Mechanisms of human adaptation to highland hypoxia have been considered; data from the world literature, concerning the issue of athletes' work capacity and their results under mountainous conditions, have been analyzed; the forms of hypoxic drilling have been described; data on reacclimatization and deadaptation of athletes following their return from the mountains have been set forth; artificial hypoxic training has been described: approaches to training in the mountains and artificial hypoxic drilling in the system of a year's training of athletes have been defined.

Key words: environment of medium-height mountains, high mountains, artificial hypoxia, athlete preparation.

Проблема подготовки и соревнований спортсменов в горных условиях привлекла широкое внимание специалистов в области спорта после определения столицы Игр XIX Олимпиады — Мехико, расположенного на высоте 2290 м над уровнем моря. С тех пор современный спорт, несомненно, стал сферой деятельности, в которой исследования влияния гипоксии нагрузки проводятся наиболее интенсивно. Сначала интересы исследователей ограничивались проблемой акклиматизации в условиях среднегорья, поскольку значительное уменьшение парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе влияет на работоспособность спортсменов, переносимость ими нагрузок, деятельность важнейших функциональных систем организма. Однако экспериментальные материалы, полученные в результате исследований в горах, а также в условиях искусственной гипоксии, спортивные результаты, показанные в различных видах спорта на Играх 1968 г., привели к значительному увеличению внимания к естественной и искусственной гипоксической тренировке. Такая тренировка стала рассматриваться не только как фактор успешной подготовки к соревнованиям, проводимым в горной местности, но и как средство эффективной мобилизации функциональных резервов и перевода на новый, более высокий уровень адаптации организма

квалифицированных спортсменов для их участия в соревнованиях в условиях равнины.

Высокая эффективность горной подготовки как высокоэффективного средства повышения функциональных возможностей спортсменов и спортивных результатов во всех видах спорта, связанных с проявлением выносливости спортсменов, в настоящее время абсолютно доказана (Fuchs, Reib, 1990; Saltin, Kim et al., 1995; Платонов, 1997; Wilmore, Costill, 2004).

Постоянно возрастает интерес к условиям среднегорья и высокогорья в связи с расширением количества соревнований, проводимых в горных условиях. Прежде всего, это большинство зимних видов спорта, соревнования в которых в последние годы проводятся в основном в условиях среднегорья. В настоящее время в условиях среднегорья часто проводятся соревнования и в других видах спорта, в частности в велосипедном спорте и легкой атлетике. Стремление проводить соревнования в горных условиях в определенной мере обусловливается и желанием создать спортсменам лучшие условия для установления мировых рекордов в таких видах спорта, как легкая атлетика (бег, прыжки), конькобежный спорт, так как результат в этих видах в значительной мере определяется сопротивлением воздуха.

В литературе встречаются различные обозначения горных уровней — “высокогорье”, “среднегорье”, “низкогорье”, “большие, малые и умеренные высоты”, “горный, среднегорный и высокогорный климат” и другие, что, к сожалению, приводит к существенным противоречиям в связи с различным пониманием этих терминов. Одни авторы считают среднегорным климат на высоте до 1000—1200 м, другие — до 2000—2500 м; то же и в отношении высокогорного климата: в одних случаях высокогорным считают климат на высоте свыше 1200 м, в других — свыше 2000—2500 м. Однако во всех случаях при классификации горных условий за основу берут показатель, наиболее радикально воздействующий на организм человека, — гипоксия, хотя никто не отрицает существенного влияния и других природных факторов.

Многочисленные исследования проблемы адаптации человека к горным условиям, выполненные в последнее десятилетие, особенно в области спорта высших достижений, позволили уменьшить противоречия в определении горных уровней. Большинство специалистов, опираясь на анализ физиологических реакций на пребывание и тренировку в горных условиях, предлагают следующую классификацию.

Низкогорье — 800—1000 м над уровнем моря. На этой высоте в условиях покоя и при умеренных нагрузках еще не проявляется существенное влияние недостатка кислорода на физиологические функции. Только при очень больших нагрузках отмечаются выраженные функциональные изменения.

Среднегорье — от 800—1000 м до 2500 м над уровнем моря. Для этой зоны характерно возникновение функциональных изменений уже при умеренных нагрузках, хотя в состоянии покоя человек, как правило, не испытывает отрицательно влияния недостатка кислорода.

Высокогорье — свыше 2500 м над уровнем моря. В этой зоне уже в состоянии покоя обнаруживаются функциональные изменения в организме, свидетельствующие о кислородной недостаточности.

Адаптация человека к высотной гипоксии

Адаптация человека к высотной гипоксии является сложной интегральной реакцией, в которую вовлекаются различные системы организма. Наиболее выраженными оказываются изменения со стороны сердечно-сосудистой системы, аппарата кроветворения, внешнего дыхания и газообмена, что предопределяет интерес к высотной гипоксии

специалистов в области спорта. Разумеется, что интегрированная и координированная перестройка функций на субклеточном, клеточном, органном, системном и организменном уровнях возможна лишь благодаря перестройке функции систем, регулирующих целостные физиологические ответы. Отсюда становится очевидным, что адаптация невозможна без адекватной перестройки функций нервной и эндокринной систем, обеспечивающих тонкую регуляцию физиологических отправлений разнообразных систем (Меерсон, 1986).

Основные адаптационные реакции, обусловленные пребыванием в горных условиях, следующие:

- увеличение легочной вентиляции;
- увеличение сердечного выброса;
- увеличение содержания гемоглобина;
- увеличение количества эритроцитов;
- повышение в эритроцитах 2,3-дифосфоглицерата (ДФГ), что способствует выведению кислорода из гемоглобина;
- увеличение количества миоглобина, облегчающее потребление кислорода;
- увеличение размера и количества митохондрий;
- увеличение количества окислительных ферментов (Колб, 2003).

Среди факторов, влияющих на организм человека в горных условиях, важнейшими являются снижение атмосферного давления, плотности атмосферного воздуха, снижение парциального давления кислорода. Остальные факторы (уменьшение влажности воздуха и силы гравитации, повышенная солнечная радиация, пониженная температура и др.), также, несомненно, влияющие на функциональные реакции организма человека, играют второстепенную роль. Однако следует учитывать факты, согласно которым температура окружающей среды снижается на 2 °С через каждые 300 м высоты (Sutton et al., 1987), а прямое ультрафиолетовое излучение увеличивается на 35 % уже при подъеме на 1000 м (Heath, Williams, 1983).

В зависимости от степени гипоксии уменьшается как парциальное давление кислорода в крови, так и насыщение гемоглобина кислородом. Соответственно уменьшается градиент давления кислорода между капиллярной кровью и тканями, ухудшается переход кислорода в ткани. При этом более важным фактором в развитии гипоксии является снижение парциального давления кислорода в артериальной крови, чем изменение насыщения ее кислородом. На высоте 2000—2500 м над уровнем моря $\dot{V}O_{2max}$ снижается на 12—15 %, что, в первую очередь, обусловлено снижением парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе. Дело в том, что интенсивность транспорта

кислорода из артериальной крови в ткани зависит от разницы или градиента давления кислорода в крови и тканях. В обычных условиях pO_2 артериальной крови составляет около 94 мм рт. ст., а pO_2 тканей — 20 мм рт. ст., разница — 74 мм рт. ст. На высоте 2400 м над уровнем моря pO_2 тканей остается неизменным — 20 мм рт. ст., а pO_2 артериальной крови снижается до 60 мм рт. ст. Это приводит к снижению градиента давления почти в 2 раза (Wilmore, Costill, 2004).

В условиях среднегорья и, особенно, высокогорья существенно уменьшаются величины максимальной ЧСС, максимального систолического объема и сердечного выброса, скорости транспорта кислорода артериальной кровью и, как следствие, максимального потребления кислорода (Dempsey et al., 1988). В числе факторов, обуславливающих эти реакции, наряду со снижением парциального давления кислорода, приводящего к снижению сократительной способности миокарда, необходимо назвать изменение жидкостного баланса, вызывающее повышение вязкости крови (Ferretti et al., 1990).

Сразу после перемещения в горы в организме человека, попавшего в условия гипоксии, мобилизуются компенсаторные механизмы защиты от недостатка кислорода. Заметные изменения в деятельности различных систем организма наблюдаются уже начиная с высоты 1000—1200 м над уровнем моря. В частности, на высоте 1000 м $\dot{V}O_{2max}$ составляет 96—98 % максимального уровня, зарегистрированного на равнине. С увеличением высоты оно планомерно снижается на 0,7—1,0 % через каждые 100 м (Robergs, Roberts, 2002).

Таким образом, на высоте 2500 м аэробная мощность снижается на 10—12 %, 3500 м — на 18—20 % от уровня, регистрируемого на равнине. На вершине Эвереста уровень $\dot{V}O_{2max}$ составляет всего 7—10 % от максимального (Колб, 2003). Примерно о такой же зависимости между высотой и уровнем потребления кислорода свидетельствуют и другие источники: начиная с высоты 1500 м, подъем на каждую очередную тысячу метров приводит к снижению потребления кислорода на 9,2 % (рис. 1).

У людей, не адаптированных к горным условиям, ЧСС в покое, и особенно при выполнении стандартных нагрузок, может увеличиваться уже на высоте 800—1000 м над уровнем моря. Особенно ярко компенсаторные реакции проявляются при выполнении стандартных нагрузок. В этом можно легко убедиться, рассматривая динамику увеличения концентрации лактата в крови при выполнении стандартных нагрузок на различной высоте. Если выполнение таких нагрузок на высоте 1500 м ведет к увеличению лактата всего на 30 % по сравнению с данными, полученными на равнине, то на высоте 3000—3500 м оно достигает 170—240 %.

Рассмотрим характер приспособительных реакций к высотной гипоксии на различных стадиях процесса адаптации. При этом, естественно, остановимся на срочных и долговременных адаптационных реакциях функциональных систем и механизмов, которые имеют первоочередное значение для спорта высших достижений.

В первой стадии (острая адаптация) гипоксические условия приводят к возникновению ги-

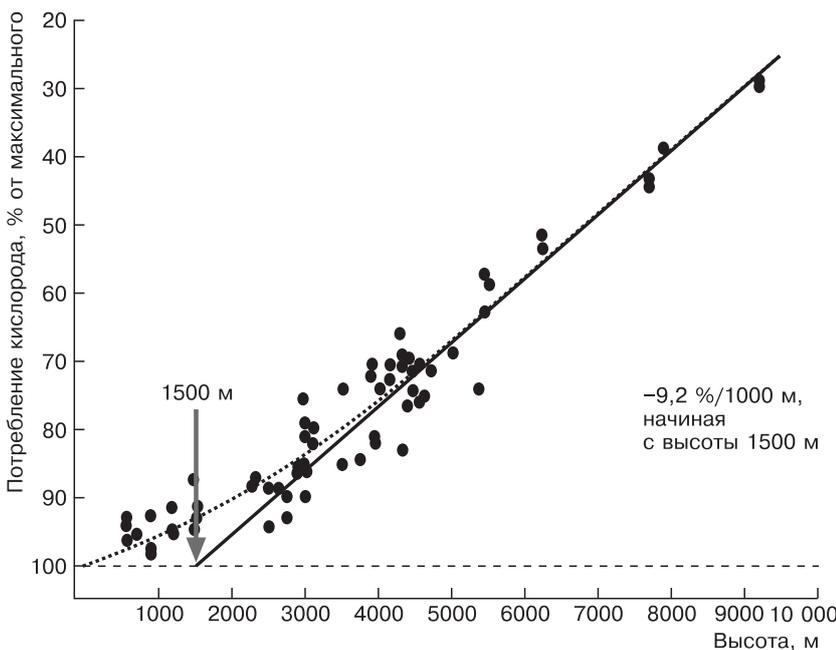


Рисунок 1 — Снижение максимального потребления кислорода (% от $\dot{V}O_{2max}$ в условиях равнин) с увеличением высоты (Robergs, Roberts, 2002)

поксемии и тем самым резко нарушают гомеостаз организма, вызывая ряд взаимосвязанных процессов. Во-первых, активизируются функции систем, ответственных за транспорт кислорода из окружающей среды в организм и его распределение внутри организма: гипервентиляция легких, увеличение сердечного выброса, расширение сосудов мозга и сердца, сужение сосудов органов брюшной полости и мышц и др. (Saltin, 1988; Sutton et al., 1992).

Одной из первых гемодинамических реакций при подъеме на высоту является учащение сердечных сокращений, повышение легочного артериального давления в результате спазма легочных артериол, что обеспечивает региональное перераспределение крови и уменьшение артериальной гипоксемии (Malik et al., 1973).

Наряду с повышением легочного артериального давления отмечается существенное повышение ЧСС и сердечного выброса, что особенно ярко проявляется в первые дни пребывания в горах. На высоте 2000—2500 м ЧСС повышается на 4—6 уд·мин⁻¹, сердечный выброс — на 0,3—0,4 л·мин⁻¹. На высоте 3000—4000 м эти изменения могут достигать соответственно 8—10 уд·мин⁻¹ и 0,6—0,8 л·мин⁻¹ (Verbalk et al., 1984).

Через несколько дней величины сердечного выброса возвращаются к равнинному уровню, что является следствием повышения способности мышц к утилизации кислорода из крови, проявляющейся в увеличении артериовенозной разницы по кислороду (Уилмор, Костилл, 2005). Увеличивается и объем циркулирующей крови: в первые дни пребывания в горах — в результате рефлекторного выброса из депо и перераспределения крови (Меерсон, 1986), а в дальнейшем — вследствие усиления кроветворения (Нарбеков, 1970).

Параллельно с гемодинамическими реакциями у людей, оказавшихся в условиях гипоксии, происходят выраженные изменения внешнего дыхания и газообмена. Увеличение вентиляции легких отмечается уже на высоте около 1000 м в основном за счет некоторого увеличения глубины дыхания. Физические нагрузки делают эту реакцию значительно более выраженной: стандартные нагрузки на высоте 900—1200 м над уровнем моря приводят к достоверному увеличению по сравнению с равнинными условиями легочной вентиляции за счет как глубины, так и частоты дыхания. Увеличение легочной и альвеолярной вентиляции ведет к повышению рО₂ в альвеолах, что способствует повышению насыщения артериальной крови кислородом. С увеличением высоты реакции носят явно выраженный характер даже у мужчин, тренированных и адаптированных к условиям гор (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1 — Показатели кислородтранспортной системы у тренированных мужчин при максимальной аэробной работе на уровне моря и через 2 недели пребывания на высоте (по обобщенным данным литературы)

Показатель	Уровень моря до 500 м	Высота, м	
		2300	4000
Парциальное давление O ₂ , мм рт. ст.:			
во вдыхаемом воздухе	144	112	87
в альвеолярном воздухе	120	95	72
в артериальной крови	107	80	55
Разность между альвеолярным воздухом и артериальной кровью	13	15	17
Внешнее дыхание:			
легочная вентиляция, л·мин ⁻¹ , ВTPS	165	175	200
вентиляционный эквивалент O ₂	33	39	57
Кровь:			
объем циркулирующей крови, л	6,42	6,19	5,77
объемное содержание O ₂ в артериальной крови, %	15,5	16,8	13,5
объемное содержание O ₂ в смешанной венозной крови, %	1,8	1,8	1,8
Кровообращение:			
сердечный выброс, л·мин ⁻¹	34,2	31,0	27,5
частота сердечных сокращений, уд·мин ⁻¹	190	180	170
систолический объем, мл	180	172	162
кислородный пульс, мл O ₂ ·уд ⁻¹	27	24	18

Максимальная аэробная мощность после прибытия в условия среднегорья и высокогорья существенно снижается и остается пониженной, несмотря на быстрое и существенное повышение гемоглобина. Отсутствие повышения $\dot{V}O_{2max}$ объясняется двумя факторами: 1) повышение концентрации гемоглобина сопровождается снижением общего объема циркулирующей крови в связи с уменьшением объема плазмы, что вызывает снижение систолического объема; 2) снижение пика частоты сердечных сокращений в горных условиях не позволяет повысить уровень максимального потребления кислорода, несмотря на возможность нормализации объема плазмы уже через 3—4 недели пребывания в горах (Saltin, 1996). Ограничение максимального уровня потребления кислорода в значительной мере определяется также развитием гипоксии миокарда, которая является основной причиной уменьшения сердечного выброса, и повышением нагрузки на респираторные мышцы, что требует дополнительного кислорода (Reeves et al., 1992).

Одной из наиболее острых реакций, протекающих в организме человека уже в течение первых часов пребывания в горах, является полицитемия (повышение количества эритроцитов и гемоглобина). Интенсивность этой реакции определяется высотой, скоростью подъема в горы и индивидуальными особенностями людей (Dempsey et al., 1988). Уже через несколько часов после подъема в горы снижается объем плазмы вследствие повышения потерь жидкости, вызванных сухостью воздуха. Это приводит к

увеличению концентрации эритроцитов, повышая кислородтранспортную способность крови.

Ретикулоцитоз начинается на следующий день после подъема в горы, что является отражением усиленной деятельности костного мозга. На вторые сутки пребывания в горах происходит распад эритроцитов, вышедших из кровяных депо в циркулирующую кровь с образованием эритропоэтина — гормона, стимулирующего образование гемоглобина и производство эритроцитов. Однако недостаток кислорода сам по себе стимулирует выделение эритропоэтина, что проявляется уже через три часа после прибытия на высоту (Уилмор, Костилл, 2005). Максимальное выделение эритропоэтина достигается через 24—48 ч (Wolfel et al., 1991).

Со временем при адаптации к горным условиям, когда общее количество эритроцитов заметно возрастает и стабилизируется на новом уровне, ретикулоцитоз прекращается (Van Liere, Stickney, 1963). На очень больших высотах значительное увеличение эритроцитарной массы может настолько повысить вязкость крови, что она будет ограничивать сердечный выброс (Brick et al., 1982).

Во-вторых, развивается активация адренергической и гипоталамо-адренальной систем. Этот неспецифический компонент адаптации играет роль в мобилизации аппарата кровообращения и внешнего дыхания, но вместе с тем проявляется резко выраженным катаболическим эффектом, т. е. отрицательным азотистым балансом, потерей массы тела, атрофией жировой ткани и др. (Hurtado, 1945, 1960; Saltin, 1996).

В-третьих, острая гипоксия, ограничивая ресинтез АТФ в митохондриях, вызывает прямую депрессию функции ряда систем организма, и прежде всего высших отделов головного мозга, что проявляется нарушениями интеллектуальной и двигательной активности (Van Liere, Stickney, 1963). Это сочетание мобилизации систем составляет синдром, характеризующий первую стадию срочной, но во многом неустойчивой адаптации к гипоксии (Меерсон, 1986).

В первые дни пребывания в среднегорье при выполнении стандартных физических нагрузок отмечается усиление анаэробного гликолиза и повышение в крови и мышечной ткани уровня лактата (Brooks et al., 1991). Через две-три недели после пребывания в горах интенсивность гликолиза и образования лактата при таких же нагрузках снижается и приближается к условиям равнины. Одновременно отмечается повышение содержания свободных жирных кислот в мышечной ткани (Green et al., 1992) и улучшается метаболическая регуляция процессов энергообеспечения (Robergs, Roberts, 2002).

Вторая стадия (переходная адаптация) связана с формированием достаточно выраженных и устойчивых структурных и функциональных изменений в организме человека. В частности, развивается адаптационная полицитемия и происходит увеличение кислородной емкости крови; обнаруживается выраженное увеличение дыхательной поверхности легких, увеличивается мощность адренергической регуляции сердца концентрация миоглобина, повышается пропускная способность коронарного русла и др.

Третья стадия (устойчивая адаптация) связана с формированием устойчивой адаптации, конкретным проявлением которой является увеличение мощности и одновременно экономичности функционирования аппарата внешнего дыхания и кровообращения, рост дыхательной поверхности легких и мощности дыхательной мускулатуры, коэффициента утилизации кислорода из вдыхаемого воздуха. Происходит также увеличение массы сердца и емкости коронарного русла, повышение концентрации миоглобина и количества митохондрий в миокарде, увеличение мощности системы энергообеспечения и др. (Колчинская, 1990).

Важно учитывать, что адаптация во всех стадиях протекает значительно быстрее и более эффективно у лиц, имеющих опыт горной и искусственной гипоксической тренировки (Новиков и др., 1998), что в значительной мере предопределяет стратегию гипоксической подготовки в естественных и искусственных условиях в процессе многолетнего и годичного совершенствования.

Биопсихические исследования позволили установить основные реакции, характерные для устойчивой адаптации мышечной ткани. Уже 4—5-недельное пребывание в высокогорье приводит к выраженным изменениям в мышцах у участников высокогорных восхождений: уменьшается площадь мышц и площадь БС-волокон и, особенно, МС-волокон, увеличивается количество капилляров на 1 мм² мышечной ткани и др. (Wilmore, Costill, 2004), что способствует извлечению кислорода из крови работающими мышцами. Эта адаптационная реакция проявляется и в течение достаточно длительного времени после возвращения с гор, облегчая транспорт кислорода к мышечной ткани. Спортсмены, специализирующиеся в видах спорта скоростно-силового характера, должны знать, что в условиях гор существует определенная степень риска снижения мышечной массы, которая, правда, в достаточной мере может быть предотвращена рациональной силовой подготовкой (Saltin, 1996).

Важным проявлением устойчивой адаптации является существенная экономизация функций организма. Здесь прослеживаются два самостоятельных направления. Первое из них связано с экономизацией функций, обусловленной увеличением функционального резерва сердца, повышением кислородной емкости крови и способностей тканей к утилизации кислорода и др. Второе направление обусловлено снижением основного обмена и использованием кислорода тканями, а также снижением потребления кислорода сердцем, что наиболее ярко проявляется у горцев-аборигенов, однако присуще и жителям равнин, адаптированным к горной гипоксии.

Во второй (переходной) и третьей (устойчивой) стадиях адаптации реакции аппарата кровообращения на гипоксию снижаются по мере развития других приспособительных механизмов: усиления эритропоэза, сдвига кривой диссоциации гемоглобина вправо, увеличения синтеза АТФ, повышения активности дыхательных ферментов в тканях, увеличения васкуляризации тканей, повышения проницаемости периферических капилляров, увеличения плотности капилляров и митохондрий в скелетных мышцах.

Следует отметить, что пребывание жителей равнин в условиях среднегорья и высокогорья достаточно быстро приводит к увеличению количества эритроцитов и концентрации гемоглобина, что лежит в основе существенного улучшения снабжения тканей кислородом (Boutellier et al., 1990). Кислородная емкость крови возрастает при увеличении высоты. На уровне моря она составляет 17—18,5 %, на высоте 1850—2000 м — 20—22 %, на высоте 3500—4000 м — 25—27,5 % (Меерсон, 1986). Кривая диссоциации оксигемоглобина сдвигается вправо, что обусловлено прежде всего уменьшением сродства гемоглобина к кислороду со снижением величин рН крови. Кислород от оксигемоглобина освобождается легче и, несмотря на пониженный градиент по кислороду между артериальной кровью и тканями, содержание кислорода в тканях повышается (Ferretti et al., 1990). Несколько недель пребывания на высоте 4000—4500 м способны вызвать повышение этих показателей до уровня, характерного для постоянных жителей районов, расположенных на высоте 3000—3500 м над уровнем моря (Бернштейн, 1977).

Среди факторов, обеспечивающих повышение работоспособности и максимального потребления кислорода в результате пребывания и тренировки в горах, васкуляризация и связанное с ней увеличение капиллярного кровотока в мышцах находятся в числе важнейших (Terrados et al., 1988; Saltin, 1996).

Подобные изменения происходят и в головном мозгу, который обладает наиболее высокой чувствительностью к недостатку кислорода. Длительное пребывание в горах приводит к значительному увеличению числа и протяженности мозговых капилляров, способствуя усилению кровоснабжения головного мозга.

Приспособительные реакции со стороны функции дыхания и газообмена во второй и третьей стадиях сводятся к следующему. Дыхание становится менее частым и более глубоким по сравнению с реакциями, отмечаемыми в первой фазе адаптации. Минутный объем дыхания также несколько снижается, но не превышает равнинной нормы; нивелируется респираторный алкалоз; происходит увеличение экскурсии грудной клетки и наступает стойкое увеличение всех легочных объемов и емкостей, а также доля альвеолярной вентиляции в минутном объеме дыхания (Лауэр, Колчинская, 1975; Robergs, Roberts, 2002).

Устойчивая адаптация к гипоксии связана и с существенными изменениями возможностей центральной и периферической частей нервной системы. На уровне высших отделов нервной системы это проявляется в увеличении устойчивости мозга к чрезмерным раздражителям, конфликтным ситуациям, в повышении устойчивости условных рефлексов, ускорении перехода кратковременной памяти в долговременную.

На уровне вегетативной регуляции устойчивая адаптация проявляется, например, в увеличении мощности адренергической регуляции работы сердца, выражающейся в гипертрофии симпатических нейронов, увеличении количества симпатических волокон в миокарде, а также увеличении интенсивности и уменьшении длительности инотропного ответа сердца на норадреналин (Пшеничкова, 1986; Krause, 1981). Это явление сочетается со снижением миогенного тонуса сосудов и уменьшением их реакции на норадреналин (Меерсон, Салтыкова, 1977).

Такие изменения адренергической регуляции сердца и сосудистого русла обеспечивают положение, при котором увеличение сердечного выброса во время поведенческих реакций, во-первых, быстрее реализуется и завершается, а во-вторых, сопровождается меньшим повышением артериального давления, т. е. в целом является более экономным.

Тренировка в горных условиях способствует повышению экономичности работы. Уже 5—8 ч активной нагрузки в течение первых трех дней пребывания на высоте 2500 м приводит к увеличению кислородной емкости крови, а также диффузии кислорода в мышечную ткань (Hacker et

al., 1984; Колб, 2003). Достаточно наглядно это проявляется и при анализе частоты сердечных сокращений при выполнении программ стандартных тестов в различные дни тренировки в горах. В первые 3—4 дня периода акклиматизации ЧСС оказывается повышенной на 3—8 % по сравнению с условиями равнины. К концу первой недели завершается процесс акклиматизации, и ЧСС устанавливается на уровне, близком к отмечающемуся в равнинных условиях. Однако уже через неделю тренировки, несмотря на увеличение скорости передвижения в программах тестов, у спортсменов отмечается снижение ЧСС (рис. 2).

Экономизация функций у спортсменов проявляется и при тестировании в нормальных условиях. В табл. 2 приведены результаты обследования одного и того же спортсмена высокого класса, специализирующегося в ходьбе на 20 км, до и после гипоксической тренировки.

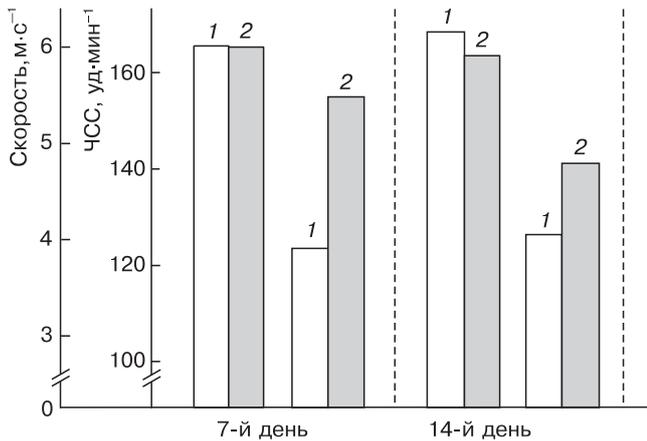


Рисунок 2 — Скорость передвижения (1) и ЧСС (2) у бегунов-марафонцев (белые столбики) и ходоков (50 км) (серые столбики) при выполнении программ стандартных тестов в различные дни тренировки в условиях естественной гипоксии в Мехико (Fuchs, Reiß, 1990)

ТАБЛИЦА 2 — Реакция организма спортсмена высокого класса, специализирующегося в ходьбе на 20 км, на выполнение стандартной программы теста до и после гипоксической тренировки (Fuchs, Reiß, 1990)

Показатель	Первый цикл тренировки		Второй цикл тренировки	
	Исходные данные	Итоговые данные	Исходные данные	Итоговые данные
Скорость передвижения	3,4	3,4	3,6	3,6
Потребление кислорода, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹	50,8	48,8	54,8	52,2
Минутный объем дыхания, л	71,3	70,4	80,2	76,0
Частота сердечных сокращений, уд·мин ⁻¹	165	156	178	165
Лактат, ммоль·л ⁻¹	3,0	1,6	3,0	2,1

Исследования Я. Сведенхага (1995) свидетельствуют о том, что тренировка в среднегорье является мощным фактором повышения экономичности работы. Согласно полученным результатам 12-недельная тренировка марафонцев в условиях гор привела к достоверному снижению кислородной стоимости бега со стандартной скоростью (рис. 3).

Обобщение результатов многих исследований, проведенных по проблеме адаптации человека к условиям высотной гипоксии, позволило Ф. З. Меерсону (1986) выделить ряд координированных между собой приспособительных механизмов: 1) механизмы, мобилизация которых может обеспечить достаточное поступление кислорода в организм, несмотря на дефицит его в среде: гипервентиляция; гиперфункция сердца, обеспечивающая движение от легких к тканям увеличенного количества крови; 2) полицитемия и соответствующее увеличение кислородной емкости крови; 3) механизмы, делающие возможным достаточное поступление кислорода к мозгу, сердцу и другим жизненно важным органам, несмотря на гипоксемию, а именно: расширение артерий и капилляров мозга, сердца и др.; 4) уменьшение диффузионного расстояния для кислорода между капиллярной стенкой и митохондриями клеток за счет образования новых капилляров и изменения свойств клеточных мембран; 5) увеличение способности клеток утилизировать кислород вследствие роста концентрации миоглобина; увеличение способности клеток и тканей утилизировать кислород из крови и образовывать АТФ, несмотря на недостаток кислорода; 6) увеличение анаэробного ресинтеза АТФ за счет активации гликолиза, оцениваемое многими исследователями как существенный механизм адаптации.

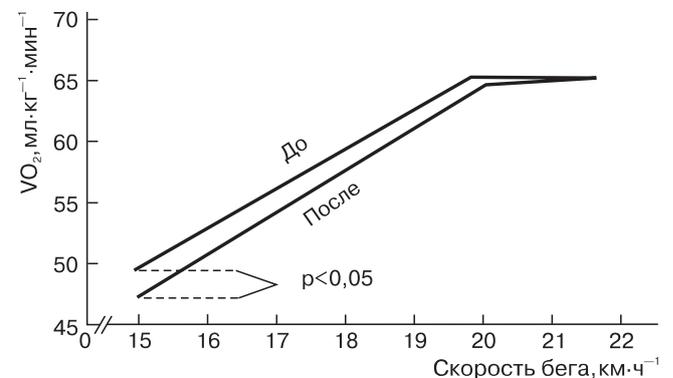


Рисунок 3 — Кислородная стоимость бега одиннадцати марафонцев до и после 12 недель тренировки в горах. При скорости 15 км·ч⁻¹ наблюдалось достоверное увеличение экономичности бега ($p < 0,05$) (Сведенхаг, 1995)

Неправильно построенная тренировка в условиях среднегорья и высокогорья (сверхвысокие нагрузки, нерациональное чередование работы и отдыха и др.) может привести к избыточному стрессу, при котором сумма воздействия горной гипоксии и гипоксии нагрузки способны привести к реакциям, характерным для хронической горной болезни.

Особенно возрастает риск горной болезни при чрезмерных напряженных физических нагрузках в условиях высокогорья на высоте 2500—3000 м и более (Clarke, 1988; Montgomery et al., 1989). Не следует думать, что высокий уровень адаптации спортсменов к горным условиям и их частое пребывание в горах являются мощным профилактическим средством против возникновения горной болезни. Болезнь может возникнуть и у спортсменов высокой квалификации с большим опытом подготовки в средне- и высокогорье, так как они, как правило, начинают интенсивную подготовку без необходимой предварительной адаптации (Shephard, 1992; Колб, 2003).

Профилактике возникновения горной болезни способствует предварительная искусственная гипоксическая тренировка, пассивное пребывание в барокамере, планомерное перемещение в высокогорье. Для устранения симптомов горной болезни возможно применение специальных препаратов (по показаниям врача) или перемещение на меньшую высоту.

Следует отметить, что время, необходимое для достижения устойчивой адаптации, определяется многими факторами. При прочих равных условиях адаптация наступает быстрее у людей, регулярно находящихся в условиях искусственной или естественной гипоксии. Спортсмены, адаптированные к нагрузкам на выносливость, приспособляются к условиям среднегорья и высокогорья быстрее, чем лица, не занимающиеся спортом, или спортсмены, специализирующиеся в скоростно-силовых видах спорта. Увеличение высоты (в определенных пределах) стимулирует адаптационные реакции и ускоряет процесс адаптации; процесс адаптации протекает значительно быстрее у лиц, широко использующих интенсивные физические нагрузки, по сравнению с лицами, ведущими обычный образ жизни (Платонов, Вайцеховский, 1985; Platonov, 2002). Для достижения максимальных величин объема циркулирующей крови и массы циркулирующих эритроцитов на высоте 3200 м в условиях обычного режима жизни необходимо около 40 дней (Сиротинин, 1949; Миррахимов и др., 1969). Однако в зависимости от перечисленных выше факторов этот период может быть сокращен в 1,5—2 раза.

Этими же факторами определяется и продолжительность периода, в течение которого сохраняется достигнутый уровень адаптации. Спортсмены, хорошо адаптированные к гипоксическим условиям, при определенном режиме тренировки и применении сеансов искусственной гипоксии способны сохранять уровень реакций, достигнутый в горах, через 30—40 дней и более после переезда в условия равнины. При одноразовом планировании подготовки в горах количество эритроцитов, например, возвращается к исходному уровню уже через 9—12 дней. Когда же гипоксическая тренировка проводится регулярно на протяжении многих месяцев, ее эффект отмечается через 40 дней и более после прекращения такой тренировки. Это относится и к таким показателям, как максимальное потребление кислорода, потребление кислорода на уровне порога анаэробного обмена и др. (Wolf et al., 1986).

Работоспособность и спортивные результаты в горных условиях

Снижение плотности воздуха приводит к снижению аэродинамического сопротивления, что особенно сильно сказывается на результатах в таких видах спорта и дисциплинах, как конькобежный и велосипедный спорт, легкоатлетический спринт, прыжок в длину и др. В частности, при беге на дистанцию 5000 м над уровнем моря на преодоление сопротивления воздуха затрачивается около 11 % энергии, а в велогонках — до 90 %. Работа на высоте около 3000 м приводит к экономии энергии у бегунов на длинные дистанции на 3—4 %, а у велогонщиков — до 28 % (Shephard, 1992). Снижение плотности воздуха на высоте 2200—2400 м соответствует в спринтерском беге действию ветра в спину со скоростью 1,5—1,7 м·с⁻¹, чем и объясняются очень высокие результаты в беге на дистанциях 100, 200 и 400 м, в беге на коньках — на дистанцию 500 м, достигнутые в условиях среднегорья и высокогорья.

В таких условиях, естественно, возрастают результаты в метании диска и копья, прыжках в длину, с шестом, метании молота и других видах спорта; например, на высоте 2240 м над уровнем моря дальность полета ядра увеличивается на 5 см, молота — на 53 см, копья — на 69 см, диска — на 162 см. Резко возрастают результаты в горнолыжном спорте и велосипедном спорте на треке (особенно в спринтерской гонке и гонке на 1000 м с места).

Экономия энергии за счет снижения аэродинамического сопротивления во многих случаях здесь может превысить потери из-за сниженного парциального давления кислорода. Поэтому работа в горных условиях при одной и той же скорости пе-

редвижения может оказаться более экономичной по сравнению с условиями равнины (Fuchs, Reiß, 1990). Этим объясняется, в частности, установление многочисленных рекордов в конькобежном спорте на горном катке Медео (высота 1609 м), а также высокие результаты в беге на дистанцию 800 м, индивидуальной гонке на 1000 м с места на треке и другие, которые показывают спортсмены в условиях среднегорья.

Значительное снижение парциального давления кислорода воздуха (например, в Мехико оно на 1/4 ниже аналогичного показателя на уровне моря) приводит к резкому уменьшению поступления кислорода в организм в процессе дыхания и снижению результатов в дисциплинах, требующих выносливости в аэробной работе. В беге на длинные дистанции спортивные результаты, например, на 5—7 % ниже по сравнению с результатами, показанными на уровне моря (рис. 4).

Существенно снижается работоспособность спортсменов, специализирующихся в спортивных единоборствах (бокс, различные виды борьбы)

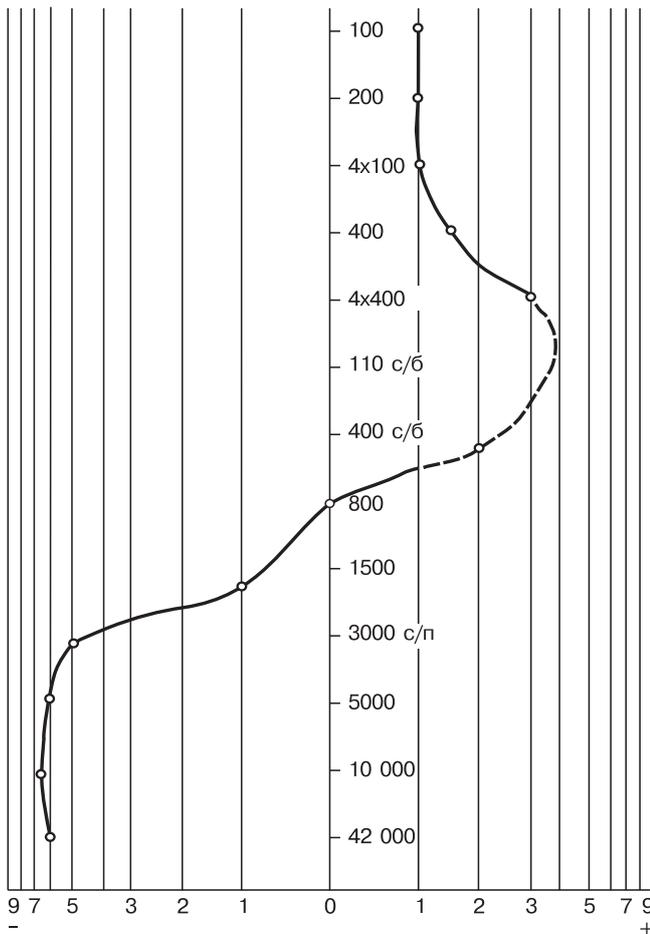


Рисунок 4 — Отклонение результатов (%) победителей Игр XIX Олимпиады (Мехико, 1968 г.) от мировых рекордов этого же года в беге (E. Jokl, P. Jokl, 1968)

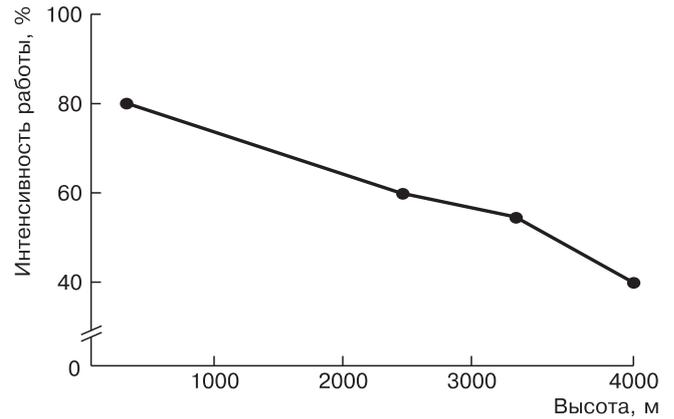


Рисунок 5 — Интенсивность работы при выполнении программ тренировочных занятий неадаптированными спортсменами на различной высоте (Fox et al., 1993)

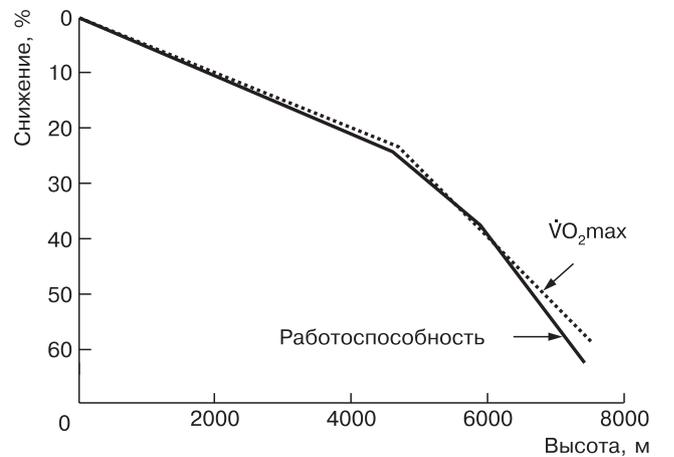


Рисунок 6 — Снижение $\dot{V}O_{2max}$ и работоспособности на различной высоте (Fox et al., 1993)

и спортивных играх. Выполнение стандартных программ тренировочных занятий аэробной и анаэробной направленности неадаптированными спортсменами в горных условиях приводит к резкому снижению интенсивности работы (рис. 5). Снижение работоспособности обусловлено прежде всего уровнем $\dot{V}O_{2max}$, что ярко проявляется уже на высоте 1500—2000 м (рис. 6).

Снижение парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе не только отрицательно сказывается на работоспособности при выполнении упражнений, но и затрудняет протекание восстановительных процессов во время малоинтенсивной работы или многочисленных пауз, которые сопровождают соревновательную деятельность в единоборствах и играх.

Формы гипоксической тренировки

Все многообразие форм подготовки спортсменов с использованием дополнительного гипоксического фактора можно разделить на две

группы: естественная гипоксическая тренировка (тренировка в горных условиях) и искусственная гипоксическая тренировка (тренировка на уровне моря с применением специальных сооружений, оборудования или методических приемов, обеспечивающих наличие дополнительного гипоксического фактора).

Специальные исследования, а также опыт подготовки выдающихся спортсменов в различных странах мира убедительно показали, что основное место в системе гипоксической тренировки спортсменов должна занимать естественная тренировка в горах, вызывающая заметно более выраженные реакции и эффективное протекание адаптации по сравнению с гипоксической тренировкой в искусственно созданных условиях (Меерсон, 1986; Platonov, 1995). Вместе с тем искусственная гипоксическая тренировка при ее рациональном планировании позволяет удачно дополнять тренировку в горах, устраняя многие организационные и методические недостатки последней (Fuchs, Reiß, 1990).

В настоящее время в различных странах мира построено большое количество учебно-тренировочных и соревновательных центров, расположенных на высоте от 800—1000 м до 3500—4000 м над уровнем моря. Наиболее крупные и хорошо оборудованные центры расположены в среднегорье на высоте 1500—2200 м над уровнем моря: Санкт-Мориц (Швейцария) — 1820 м над уровнем моря; Сьестьерра (Италия) — 2035 м; Бельмекен (Болгария) — 2000 м; Медео (Казахстан) — 1691 м; Цахкадзор (Армения) — 1970 м; Кунминг (КНР) — 1895 м; Колорадо-Спрингс (США) — 2194 м; Мехико (Мексика) — 2240 м и др. Имеются центры, расположенные на границе между среднегорьем и высокогорьем: Аддис-Абеба (Эфиопия) — 240 м, и непосредственно в высокогорье: Толука (Мексика) — 2700 м, Кейптаун (США) — 2835 м. Многие среднегорные центры имеют тренировочные базы, расположенные на ледниках в высокогорных условиях (3000—4000 м над уровнем моря). Условия многих современных центров позволяют использовать тренировку и проживание в довольно широком диапазоне высоты: например, спортсмены могут проживать на высоте 1800—2000 м, а тренироваться на высоте 2700—3000 м или, наоборот, проживать на высоте 2200—3000 м, а тренироваться — на высоте 1000—1200 м и др.

Тренировка в искусственных гипоксических условиях (особенно в барокамерах) имеет ряд значительных преимуществ, в их числе: возможность регулирования в широком диапазоне давления воздуха и парциального давления кислорода; возможность сочетания гипоксической трениров-

ки с тренировкой в нормальных условиях; отсутствие организационных и методических проблем, связанных с переездами в горы, акклиматизацией и реакклиматизацией, переменной привычного режима жизни, погодными и климатическими условиями и т. п.

Вместе с тем необходимо помнить, что даже при максимальном стремлении сгладить недостатки искусственных условий, создаваемых в барокамерах и климатических камерах, нагрузка оказывается эффективной лишь в отношении функциональной подготовленности спортсмена. Что касается важнейших компонентов техникотактического мастерства, то при работе в гидроканале — для пловцов, гребном канале — для гребцов, на тредбане — для бегунов и лыжников, велоэргометрах — для велосипедистов и т. п. всегда существует вероятность отрицательного влияния на важнейшие пространственно-временные и динамические характеристики движений, серьезных нарушений оптимальных вариантов спортивной техники.

Следует упомянуть и о существенных психических трудностях, с которыми приходится сталкиваться спортсмену при тренировке в условиях искусственной гипоксии, поэтому искусственная гипоксическая тренировка должна рассматриваться лишь как дополнение к естественной тренировке в равнинных и горных условиях, составлять относительно незначительный процент (не более 4—5) от общего объема работы в течение года и не планироваться в недели, непосредственно предшествующие главным соревнованиям. Это относится не только к малым камерам площадью не более 20—30 м², но и к таким крупным сооружениям, как барокамеры в Кинбауме (Германия) или Колорадо-Спрингс (США), в которых в условиях искусственной гипоксии могут одновременно находиться и тренироваться несколько десятков спортсменов. Барокамера в Кинбауме, в которой прошли подготовку многие выдающиеся спортсмены ГДР 80-х годов XX в., была оборудована тредбанами для бегунов и лыжников, велоэргометрами, тренажерами для силовой подготовки, гребным бассейном. В барокамере имеются комнаты отдыха, медицинский кабинет, помещения для массажа, приема физиотерапевтических процедур, питания и др. В общей сложности в барокамере одновременно может находиться до 40 человек. Высота подъема в ней может изменяться в диапазоне 1000—4000 м.

В настоящее время в некоторых странах реализованы проекты создания гигантских тренировочных центров-барокамер, где спортсмены могут одновременно проживать и трени-

роваться в условиях, максимально приближенных к естественным (беговая дорожка, плавательный бассейн). Трудно однозначно сказать, окажется ли эффект от тренировки в таких центрах прямо пропорциональным тем затратам, которые понесли для их строительства и содержания.

Согласно исследованиям, проведенным в последние годы, было выдвинуто вполне обоснованное предположение, согласно которому наибольшая эффективность искусственной гипоксии имеет место в случае, когда спортсмены проживают в условиях среднегорья и высокогорья, а тренируются на равнине. Другие сочетания (проживание и тренировка в условиях среднегорья, проживание на равнине или в низкогорье, а тренировка в среднегорье и высокогорье) являются менее эффективными. Уже в настоящее время многие спортсмены живут (с вечера до утра) в специальных домах с пониженным парциальным содержанием кислорода, соответствующем высоте 2000—3000 м над уровнем моря, а тренируются в обычных условиях (Saltin, 1996; Грушин, Костина, 1998). Исследования, проведенные с участием лыжниц высокой квалификации, показали, что проживание в условиях искусственного высокогорья (более 3000 м) в специальных домах, сопровождающееся тренировкой на равнине, обеспечивает эффективные и разносторонние спортивные совершенствования и одновременно стимулирует кровотворные функции и повышение возможностей аэробной системы в целом за счет гипоксического фактора (Грушин, Костина, 1998).

Тренировка в искусственных гипоксических условиях требует специальных сооружений и оборудования. С этой целью используются барокамеры, в которых изменяется общее давление воздуха и, следовательно, изменяется парциальное давление кислорода и водяного пара; климатические камеры, в которые подается заданная гипоксическая смесь; различные стационарные системы, позволяющие подавать спортсмену гипоксическую смесь через специальные маски. Используются маски, позволяющие вдыхать гипоксическую смесь в реальных условиях тренировки, а также простейшие маски и трубки, обеспечивающие гипоксические условия за счет наличия так называемого “мертвого пространства”.

Маски, через которые спортсмену подается гипоксическая смесь из стандартных систем, применяются при подготовке велосипедистов во время тренировки на велоэргометре или велостанках, пловцов при тренировке в гидроканале, гребцов при тренировке в гребном канале. Используются маски и в естественных условиях тренировки при подготовке пловцов, гребцов, бегу-

нов на длинные дистанции и велосипедистов. В этих случаях газовая смесь поступает спортсменам через шланг. Система обеспечения газовой смесью размещается на тележке,двигающейся по бортику бассейна — для пловцов, в лодке или машине сопровождения — для гребцов, бегунов или велосипедистов. Тренировка с использованием таких масок достаточно эффективна, однако малодоступна для широкого применения в практике в связи с громоздкостью аппаратуры и необходимостью привлечения обслуживающего персонала.

Более простым решением является использование метода возвратного дыхания с применением масок и трубок со значительным “мертвым пространством”. В этом случае снижение парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе обеспечивается частичным выдохом выдохнутого воздуха, который смешивается со свежим (D’Urzo et al., 1986). Преимущество метода — его простота и доступность для широкого применения в практике, недостатки — повышенное парциальное давление углекислого газа, повышенная влажность и температура вдыхаемого воздуха, а также сложность регулирования в нем парциального давления кислорода.

Создание масок с поглощением CO_2 с помощью адсорбентов и охлаждением выдыхаемого воздуха только частично снимает остроту проблемы повышения парциального давления CO_2 во вдыхаемом воздухе, уменьшения его влажности и температуры, особенно при работе с повышенной интенсивностью, когда возрастает минутный объем дыхания, поскольку приводит к дополнительным трудностям и неудобствам — общая масса таких масок достигает 2—2,5 кг и более, необходима частая замена использованного адсорбента и др.

Оптимальная высота для подготовки в горных условиях

Вопрос об оптимальной высоте, на которой целесообразна тренировка, не является однозначным. Большинство исследований, практических рекомендаций, а также опыт подготовки спортсменов связаны с высотой, находящейся в диапазоне 1550—2200 м, однако несомненный интерес представляет подготовка в высокогорье на высоте 2500—3000 м и даже 3500—4000 м. По нашему мнению, большие резервы для повышения эффективности подготовки спортсменов высокой квалификации таятся в широком использовании тренировки в низкогорье на высоте 1000—1500 м.

Большинство специалистов полагает, что оптимальные для подготовки спортсменов высокой

квалификации высоты лежат в диапазоне 1800—2400 м над уровнем моря. Несмотря на то что существует мнение о нецелесообразности подготовки на высотах, превышающих 3000 м (Вайцеховский, 1985; Суслов и др., 1987), нельзя не учитывать того положительного опыта, который был накоплен специалистами ГДР и ряда других стран при использовании в подготовке бегунов на длинные дистанции высот, достигающих 3500—4000 м (Schmidt, 1990; Fuchs, Reiß, 1990). Вместе с тем, анализируя накопленный положительный опыт, следует принимать во внимание и тот факт, что большинство исследований специалистов ГДР, проведенных в высокогорных условиях (3500—4000 м), осуществлялись в барокамере при кратковременном пребывании спортсменов на таких высотах и их результаты не могут быть перенесены на тренировку в естественных условиях высокогорья. Когда же тренировка осуществлялась в естественных условиях высокогорных баз, расположенных на высоте 3000—4000 м, она сопровождалась проживанием в условиях среднегорья.

Эффективность такого построения горной подготовки, при котором спортсмены проживают в среднегорье и низкогорье, а тренируются в высокогорье, отмечают и специалисты других стран (Sutton et al., 1992).

На высотах 3500—4000 м даже у высококвалифицированных спортсменов, хорошо адаптированных к высокогорным условиям, происходят резкие нарушения динамической и пространственно-временной структуры движений, и работа в этих условиях способна привести к серьезным нарушениям спортивной техники, ломке целесообразной координационной структуры движений, изменениям рациональной взаимосвязи двигательной и вегетативных функций. В этой связи следует обратить внимание на рекомендации Международной федерации спортивной медицины (Shephard, 1992), высказавшейся за запрет проведения соревнований в видах спорта, требующих проявления выносливости, на высоте, превышающей 3050 м, что обусловлено риском для здоровья спортсменов.

На большой высоте резко снижаются возможности организма к эффективной регуляции деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем, что достаточно ярко проявляется в реакции ЧСС при выполнении нагрузок со ступенчато повышающейся мощностью работы. При этом спортсмены невысокой квалификации значительно уступают квалифицированным спортсменам в способности к эффективной регуляции сердечной деятельности, что ярко проявляется уже при рабо-

те на высоте 2500 м над уровнем моря. На высоте 4000 м ЧСС резко уменьшается у спортсменов как высокой, так и низкой квалификации (рис. 7). Увеличение высоты неизбежно приводит к увеличению доли анаэробного пути энергообеспечения при выполнении стандартной работы (рис. 8), что обязательно должно учитываться при подборе рациональной интенсивности выполнения тренировочных упражнений.

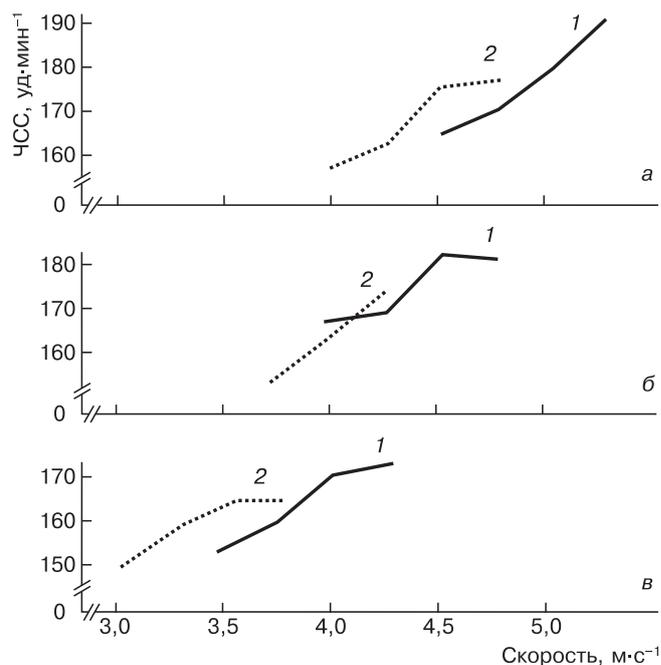


Рисунок 7 — Динамика ЧСС у бегунов высокой (1) и низкой (2) квалификации при выполнении программы теста со ступенчато повышающейся мощностью работы в равнинных условиях (а), на высоте 2500 м (б) и 4000 м (в) (Fuchs, Reiß, 1990)

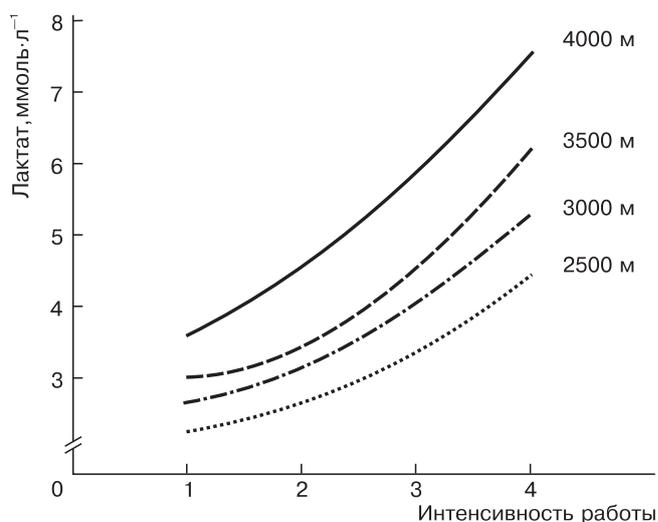


Рисунок 8 — Изменение концентрации лактата с увеличением высоты при выполнении стандартной работы различной интенсивности (Fuchs, Reiß, 1990)

Поддержание уровня скоростно-силового потенциала, сохранение скоростной техники в условиях горной тренировки требует периодического планирования программ занятий с повышенной интенсивностью работы даже при подготовке бегунов на длинные дистанции и марафонцев. Этому в значительной мере способствует возможность смены высоты в условиях горной тренировки, когда повышение аэробных возможностей осуществляется на высоте свыше 3000 м, а развитие или поддержание ранее достигнутого уровня других качеств — на более низких высотах. В качестве примера рациональной организации такой подготовки можно привести схему построения цикла горной подготовки бегунов на длинные дистанции (рис. 9). Как видим, чередование высот позволило успешно сочетать беговые программы, выполняемые с достаточно высокой скоростью (свыше $6,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$), с работой на умеренных и низких скоростях.

Специальная литература обходит молчанием вопрос об эффективности тренировки на высоте 1000—1500 м над уровнем моря. Существует до-

статочно устоявшееся мнение, что условия низкогорья, будучи эффективными для восстановления и активного отдыха спортсменов, поддержания достигнутого уровня тренированности, не являются в то же время достаточным стимулом для перевода организма спортсмена на новый, более высокий уровень адаптации. Это действительно так, если ориентироваться на данные исследований по пассивному пребыванию человека в условиях низкогорья. Если же проанализировать реакции, которые возникают при совместном воздействии гипоксических факторов, являющихся следствием нахождения в горах и применения специальных тренировочных программ гипоксического характера (гипоксия нагрузки), то эффективность подготовки в низкогорье применительно к отдельным видам спорта может оказаться более высокой по сравнению с тренировкой в среднегорье и высокогорье (Tucker et al., 1984; Müller, 1989). К таким видам в первую очередь следует отнести вольную и греко-римскую борьбу, спортивные игры и др. Более того, даже пловцы, систематически применявшие подготовку в низкогорье (3—4 трехнедельных сбора на высоте 1200 м в течение года с большими суммарными нагрузками аэробной и аэробно-анаэробной направленности), сумели добиться повышения функциональных возможностей и спортивных результатов, которых, по мнению специалистов, они бы не сумели достичь в условиях равнинной подготовки.

Когда речь идет о целесообразной высоте, на которой следует проводить подготовку, необходимо помнить о противоречии, существующем между условиями гор в отношении воздействия тренировки на системы дыхания, кровообращения, крови и, в целом, возможности организма к энергообеспечению работы аэробного и аэробно-анаэробного характера, и условиями для эффективного совершенствования технико-тактических, скоростно-силовых и специальных психических компонентов подготовленности.

Если для совершенствования возможностей различных звеньев системы энергообеспечения тренировка в условиях высокогорья (2500—3000 м над уровнем моря и выше) может оказаться высокоэффективной, то в отношении важнейших составляющих технического и тактического мастерства, ряда важных компонентов физической и психической подготовленности существенное снижение интенсивности скоростной работы и ее общего объема, неизбежное в условиях высокогорья, является отрицательным фактором.

Поэтому выбор оптимальной высоты для подготовки в горных условиях в значительной мере должен определяться спецификой вида спорта.

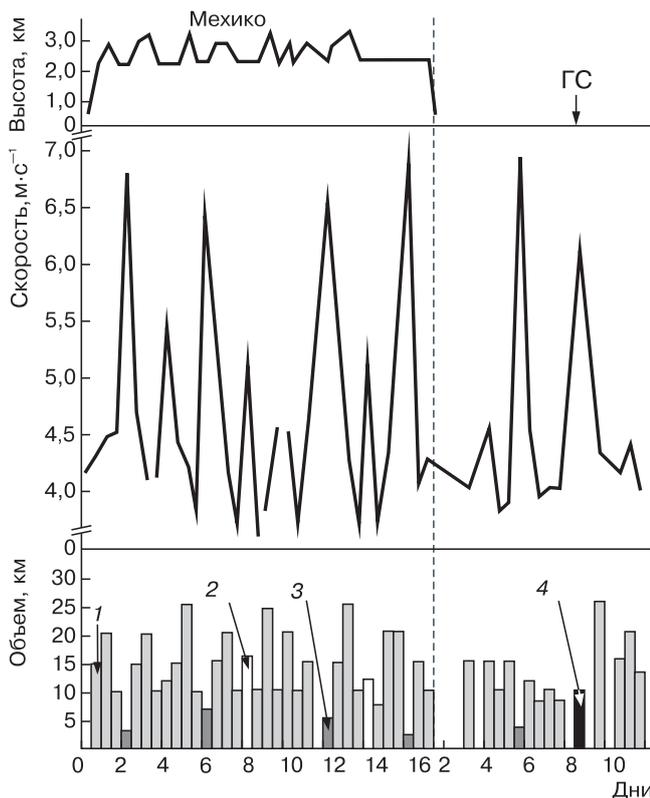


Рисунок 9 — Характеристика тренировочной работы бегуна высшего класса (10 000 м) во время и после гипоксической тренировки при подготовке к главным соревнованиям: 1 — длительный бег аэробного характера; 2 — интервальный бег аэробно-анаэробного характера; 3 — интервальный бег анаэробного гликолитического характера; 4 — главные соревнования (ГС) (Fuchs, Reiß, 1990)

К примеру, бегуны на длинные дистанции, спортивный результат которых в основном определяется мощностью, емкостью, экономичностью и устойчивостью аэробной системы энергообеспечения, могут тренироваться на значительно большей высоте, чем гребцы или пловцы, результат которых в значительной мере связан со скоростно-силовыми компонентами спортивного мастерства (Platonov, 1991). Еще с большей осторожностью должны относиться к выбору высоты спортсмены, специализирующиеся в сложнокординационных и игровых видах, спортивных единоборствах.

Опыт, а также результаты научных исследований показывают, что бегуны на длинные дистанции и марафонцы периодически могут тренироваться на высоте 3500—4000 м. Для гребцов, пловцов, бегунов на средние дистанции, конькобежцев наиболее целесообразная высота лежит в диапазоне 1600—2200 м. Спортсмены, специализирующиеся в скоростно-силовых, сложнокординационных и игровых видах, а также единоборствах, могут использовать для горной подготовки базы, находящиеся на высоте 1200—1600 м. Подбор высоты с учетом специфики видов спорта позволяет с достаточной эффективностью использовать преимущества естественной гипоксической тренировки и в то же время обеспечить необходимые условия для поддержания и совершенствования тех сторон спортивного мастерства, для которых излишний уровень гипоксии может оказаться отрицательным фактором. Однако, как уже отмечалось, в спортивной практике все популярней становится схема, согласно которой продолжительное пребывание в условиях среднегорья и высокогорья (2000—3000 м), сопровождаемое тренировочными занятиями, проводимыми на равнине, может оказаться более эффективным по сравнению с общепринятыми схемами использования высокогорной и среднегорной подготовки. Основанием для этих рекомендаций служат результаты научных исследований, свидетельствующие о том, что стабильная и эффективная адаптация к гипоксии имеет место в случаях длительного проживания спортсменов в гипоксических условиях. В этой связи многие спортсмены стараются проводить в условиях гипоксии время, отведенное для отдыха и сна, а тренируются в условиях низкогорья или равнины.

Срочная акклиматизация спортсменов при подготовке в горах

Переезд спортсменов в горы резко сказывается на их работоспособности и приводит к более выраженной реакции важнейших показателей на стандартные нагрузки. Например, одни и те же реакции ЧСС и концентрации лактата

в крови у велосипедистов высокой квалификации наблюдаются при резком уменьшении мощности работы на велоэргометре — в среднем на 28 % (рис. 10). Стандартное снижение скорости при работе в гипоксических условиях при стандартных нагрузках вызывает неодинаковую реакцию со стороны систем энергообеспечения у высококвалифицированных спортсменов.

У некоторых из них резкое снижение скорости при выполнении работы на высоте 3000 м сопровождается существенным увеличением концентрации лактата в крови (до 6—7 ммоль·л⁻¹), у других это увеличение выражено менее значительно: лактат не превышает 3—4 ммоль·л⁻¹ (рис. 11). Это

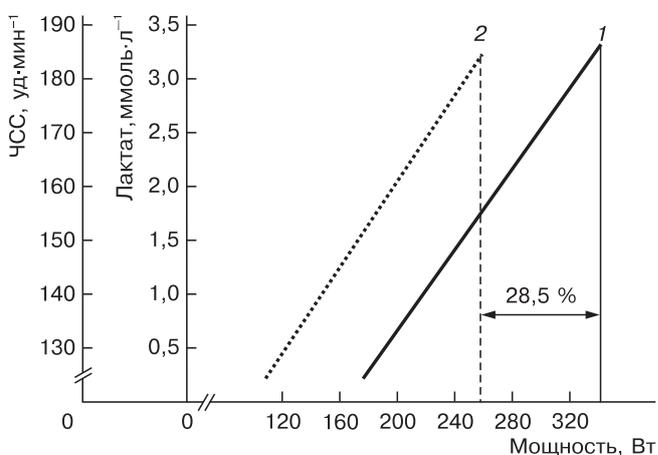


Рисунок 10 — Частота сокращений сердца и концентрация лактата у велосипедистов высокой квалификации при выполнении велоэргометрической нагрузки в равнинных условиях (1) и на высоте 3000 м (2) (Fuchs, Reiß, 1990)

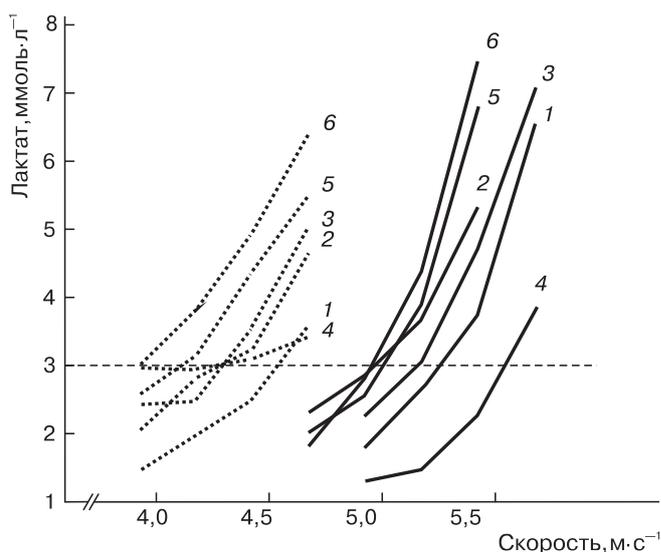


Рисунок 11 — Индивидуальные изменения концентрации лактата у бегунов высокого класса (1—6 — спортсмены) при выполнении нагрузок в равнинных условиях (сплошные кривые) и на высоте 3000 м (пунктирные кривые) (Fuchs, Reiß, 1990)

лишний раз свидетельствует о необходимости строго индивидуального подхода при планировании тренировочной работы в условиях горной подготовки.

Продолжительность и эффективность акклиматизации спортсменов к условиям гор зависят от большого количества факторов и может колебаться в достаточно широких пределах (рис. 12). Как видим, возможен широкий диапазон колебаний периода акклиматизации, что определяется возрастом и квалификацией спортсменов, спецификой вида спорта, опытом гипоксической тренировки, особенностями тренировки, предшествовавшей подъему в горы. Большое значение имеет полноценный предварительный отдых: начинать подготовку в горах необходимо в состоянии полного восстановления физических и психических возможностей спортсмена после предшествовавших тренировочных и соревновательных нагрузок. В случае, если горная подготовка начинается в условиях недовосстановления организма спортсмена, процесс адаптации к гипоксии существенно замедляется, поэтому, как правило, перед переездом в горы планируются 5—7-дневные восстановительные микроциклы (Platonov, 1992).

Замедляется процесс акклиматизации и в том случае, если горная подготовка по характеру упражнений, направленности воздействия и динамике нагрузок существенно отличается от предшествовавшей равнинной. В связи с этим программы тренировочных занятий, режим их чередования должны быть привычными для спортсмена, особенно в первые дни горной подготовки. Ускорению процесса акклиматизации способствуют разнообразные упражнения аэробного характера, в том числе и неспецифические: медленный бег, пешие прогулки и др.

Период акклиматизации спортсменов в горах может колебаться в очень широком диапазоне — от 3—5 дней и 10—12 часов активной нагрузки до 10—12 дней и 35—45 часов нагрузки. Эти колебания обуславливаются рядом причин.

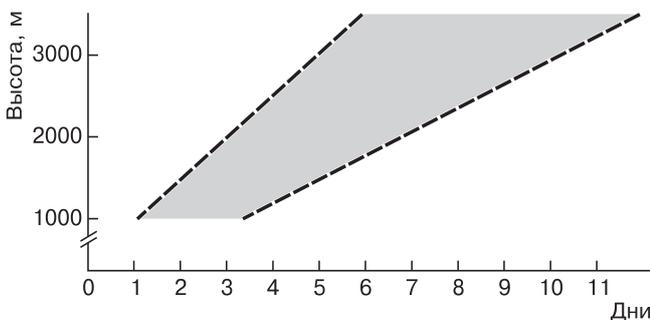


Рисунок 12 — Продолжительность акклиматизации спортсменов при тренировке в горах на разной высоте

Среди них в первую очередь следует назвать опыт горной подготовки, накопленный спортсменами, которые регулярно выезжают для тренировки в горы, вырабатывают способность к достаточно быстрой и эффективной адаптации к новым условиям и способны в 1,5—2 раза быстрее войти в привычный режим тренировки по сравнению со спортсменами такой же квалификации, прибывшими в горы впервые (Волков и др., 1970; Елисеева, 1974). Не меньшее значение для ускорения процессов акклиматизации имеет и практика применения искусственной гипоксической тренировки, проведенной в условиях равнинной подготовки в недели, непосредственно предшествовавшие тренировке в горах. Двухнедельная тренировка в условиях искусственной гипоксии при общем объеме нагрузки 20—30 ч способна резко ускорить и облегчить процесс акклиматизации спортсменов в условиях естественной гипоксической тренировки (Платонов, Булатова, 1995).

В литературе имеются данные (Saltin, 1996), свидетельствующие о необходимости значительно более продолжительной акклиматизации спортсменов, специализирующихся в видах спорта, требующих проявления выносливости. Если высота составляет 1200—1500 м над уровнем моря, для акклиматизации требуется, как минимум, неделя, 2000 м — месяц. Однако опыт горной подготовки спортсменов высокого класса свидетельствует о том, что эти сроки явно завышены.

Сроки акклиматизации во многом определяются возрастом и спортивной квалификацией спортсменов. Юные спортсмены, особенно прибывшие в горы впервые, адаптируются к новым условиям медленнее, чем взрослые. Спортсмены высшей квалификации проходят период акклиматизации намного легче по сравнению со спортсменами, заметно уступающими им в мастерстве, тренировочном и соревновательном опыте (табл. 3).

Процессы восстановления у юных спортсменов, а также у не адаптированных к горной подготовке взрослых спортсменов происходят значительно медленнее по сравнению со взрослыми спортсменами высокой квалификации, регулярно выезжающими для тренировки в горы. Так, например, после стандартной нагрузки

ТАБЛИЦА 3 — Реакция организма спортсменов на стандартную нагрузку в период акклиматизации

Адаптация спортсменов к горным условиям	Содержание лактата после нагрузки, ммоль·л ⁻¹	
	Равнина	Среднегорье
Взрослые адаптированные	5,06 ± 0,30	6,16 ± 0,31
Взрослые	5,35 ± 0,34	7,53 ± 0,37
Юные (16—17 лет) неадаптированные	5,24 ± 0,36	8,10 ± 0,43

продолжительность восстановительных реакций, по данным ЧСС, потребления кислорода, погашения кислородного долга у взрослых спортсменов, адаптированных к горам, оказывается на 25—35 % короче по сравнению со взрослыми спортсменами, не адаптированными к горной подготовке, и на 30—45 % — по сравнению с юными спортсменами. Столь существенные различия во многом обусловлены различной реакцией спортсменов указанных групп на предлагаемые стандартные нагрузки (см. табл. 3). Однако даже в том случае, когда спортсменам предлагаются абсолютно идентичные по реакциям во внутренней среде организма нагрузки (повышение концентрации лактата в крови до $6,5 \text{ ммоль}\cdot\text{л}^{-1}$ во всех группах), адаптированные взрослые спортсмены восстанавливают свои возможности на 15—20 и 25—35 % быстрее неадаптированных взрослых и юных спортсменов (Платонов, Булатова, 1995).

Реакклиматизация и деадаптация спортсменов после возвращения с гор

Непрерывное пребывание людей, хорошо акклиматизированных к горным условиям, в равнинных условиях постепенно приводит к исчезновению структурных и функциональных адаптивных реакций. Прежде всего происходит изменение дыхания: реакции адаптации здесь исчезают в течение нескольких недель. Несколько дольше сохраняются повышенное количество эритроцитов и содержание гемоглобина, кислородная емкость крови. Повышенная васкуляризация тканей может сохраняться в течение 2—3 месяцев (Van Liere, Stickney, 1963; Меерсон, 1986).

Продолжительность акклиматизации на уровне моря у людей, адаптированных к горным условиям, зависит от многих факторов и может колебаться в широких пределах. У отдельных людей процесс адаптации к равнинным условиям может не завершиться и через 6 мес после переезда на уровень моря. У других уже в конце второго месяца основные реакции акклиматизации завершаются.

Положительное воздействие горной тренировки на функциональные возможности и спортивные результаты в нормальных условиях проявляется не сразу после возвращения с гор, а требует определенного периода реакклиматизации, функциональной и структурной перестройки. Правда, около 50—60 % спортсменов в первые несколько дней (не более 3—4) оказываются способными показать высокие спортивные результаты и продемонстрировать высокую работоспособность в специальных тестах. Однако после этого наступает достаточно длительная фаза (5—6 дней) пониженных функциональных возможностей орга-

низма спортсменов, у остальных 40—50 % спортсменов эта фаза наступает сразу после спуска с гор и может продолжаться до 6—8 дней и более (Суслов, 1985). В течение этого времени не рекомендуется участие в ответственных соревнованиях, планирование занятий с предельными нагрузками и упражнений специально-подготовительного характера, предъявляющих предельные требования к организму спортсменов.

После окончания фазы пониженных функциональных возможностей проявляется отставленный эффект горной подготовки, который по отношению к важнейшим компонентам функциональной подготовленности спортсмена может развиваться в течение последующих 8—12 дней. Максимальные величины потребления кислорода обычно регистрируются через 3—4 недели после возвращения в равнинные условия (Saltin, 1996). В зависимости от особенностей построения тренировки в эти дни пик функциональных возможностей и работоспособности спортсменов приходится на 20—25-й дни после возвращения с гор (Суслов, 1995).

На рисунке 13 приводятся данные, отражающие благоприятный характер протекания адаптационных реакций пловцов высшей квалификации после возвращения в равнинные условия. В первые дни нахождения в условиях равнины после 20-дневной напряженной тренировки в горах (1970 м над уровнем моря) отмечаются повышенные значения лактата при одновременном снижении скорости плавания. В дальнейшем отмечается планомерное улучшение адаптационных реакций: скорость несколько возрастает при одновременном снижении концентрации лактата. Наиболее благоприятные реакции наблюдаются примерно через 20 дней после возвращения с гор.

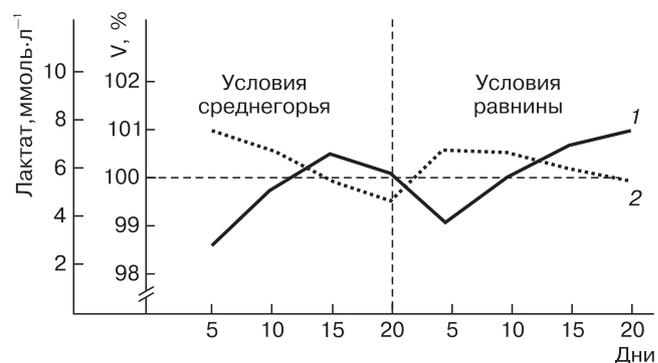


Рисунок 13 — Динамика скорости плавания (1) при выполнении программы стандартного теста “6 × 200 м” и концентрации лактата в крови (2) в период тренировки в горах и после возвращения в равнинные условия в случае благоприятного протекания адаптационных процессов

Через 30—35 дней после возвращения с гор отмечаются первые выраженные признаки деадаптации, которые в первую очередь затрагивают функции кровообращения, дыхания, крови, системы утилизации кислорода тканями и др. (Сулов, 1985; Сулов и др., 1987). При этом, чем выраженнее был эффект горной подготовки, тем раньше и явственнее проявляются признаки деадаптации (Булатова, 1996).

Сроки деадаптации и интенсивность устранения сдвигов, достигнутых в результате горной подготовки, во многом зависят от специфики вида спорта, наличия опыта гипоксической подготовки и характера тренировки после возвращения с гор. Спортсмены, специализирующиеся в видах спорта, связанных с проявлением выносливости (стайерский бег, велоспорт (шоссе), лыжные гонки, биатлон), сохраняют достигнутый тренировкой в горах уровень адаптации на 20—40 % дольше по сравнению со спортсменами, специализирующимися в спортивных единоборствах или спортивных играх. Значительно более длительное время (в 1,5—2 раза) сохраняются адаптационные реакции у спортсменов, применяющих гипоксическую тренировку (естественную и искусственную) регулярно, по сравнению со спортсменами, использующими тренировку в горах эпизодически. Применение после возвращения с гор значительного количества тренировочных упражнений гипоксического характера способно существенно отдалить процесс реакклиматизации организма спортсменов. К такому же эффекту приводит включение в тренировочный процесс средств искусственной гипоксической тренировки.

Искусственная гипоксическая тренировка в системе подготовки спортсменов

Каждая из форм искусственной гипоксической тренировки, нашедших обоснование и применение в практике (тренировка в барокамерах и климатических камерах, использование масок, через которые подается гипоксическая смесь, и др.) имеет сильные и слабые стороны и, конечно, не может заменить тренировки в естественных горных условиях. Однако тренировка в искусственных гипоксических условиях является прекрасным дополнением к естественной горной подготовке, позволяющей обеспечить эффективное протекание процесса акклиматизации спортсменов в горных условиях, а также сохранить достигнутый в горах уровень адаптации в течение периода последующей подготовки в условиях равнины.

Очень действенны даже такие простые методы, как интервальное вдыхание газовых смесей с пониженным содержанием кислорода: 5 мин —

вдыхание газовой смеси с 10—12-процентным содержанием кислорода, 5 мин — дыхание обычным воздухом и т. п. Применение этого метода в течение 30—60 мин оказывается достаточно эффективным как для предварительной адаптации к гипоксическим условиям в горах, так и для сохранения ранее достигнутого уровня адаптации. Исследования показывают (Колчинская, 1993), что благоприятный эффект такого метода определяется генерализованными механизмами, деятельность которых направлена на обеспечение доставки кислорода к тканям органоспецифическими и тканевыми механизмами, обеспечивающими высокоэффективное дыхание и кровообращение, усиление тканевого дыхания. Интервальное вдыхание газовых смесей имеет преимущество по сравнению с непрерывным действием гипоксии благодаря многократной мобилизации центральных и периферических механизмов обеспечения тканей кислородом.

Искусственная гипоксическая тренировка является действенным средством ускорения процесса акклиматизации, особенно в случаях, когда тренировка в горных условиях не может продолжаться длительное время. Применение в течение нескольких дней перед переездом в горы напряженных тренировочных программ в условиях искусственной гипоксии позволяет существенно ускорить процесс адаптации спортсменов к горным условиям и уже на третий-четвертый дни пребывания спортсменов в горах планировать напряженные тренировочные программы.

Многочисленные наблюдения, проведенные при подготовке спортсменов высокого класса в различных странах мира, показали, что предварительная тренировка в искусственных гипоксических условиях в среднем позволяет ускорить процесс акклиматизации спортсменов в 2—2,5 раза. Спортсмены, применяющие в течение 5—10 дней перед выездом в горы искусственную гипоксическую тренировку, проходят фазу острой акклиматизации в течение 2—3 дней. Без такой предварительной подготовки тренировку в горах с большими нагрузками можно начинать лишь через 5—10 дней после переезда в горы.

Минимальный объем предварительной искусственной гипоксической тренировки, необходимый для последующей эффективной горной адаптации, зависит от многих факторов (специализация спортсмена, опыт горной подготовки, характер предшествовавшей и последующей тренировки и др.).

Достаточной является тренировка в течение 5—10 дней при общем объеме работы в гипоксических условиях 15—30 ч. В качестве примера удачно построенной предварительной трениров-

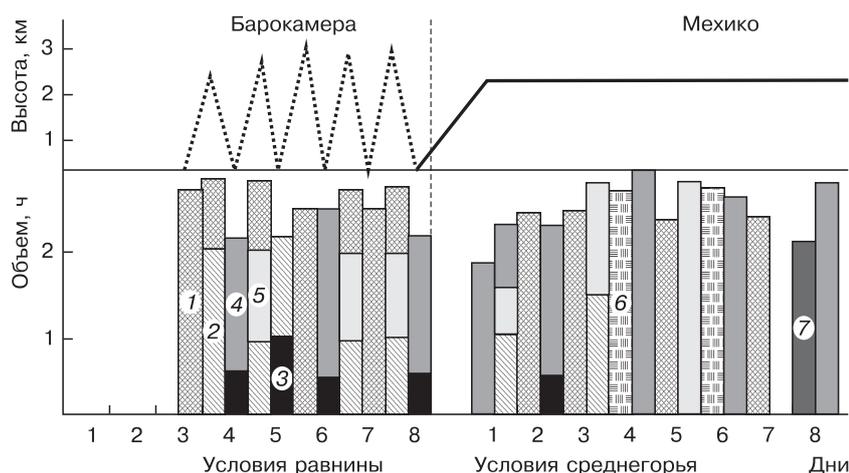


Рисунок 14 — Использование 6-дневной тренировки в искусственных гипоксических условиях (барокамера) с целью предварительной адаптации бегунов на средние дистанции к подготовке в условиях среднегорья. Направленность нагрузки: 1 — силовая; 2 — скоростно-силовая; 3 — скоростная; 4 — соревновательная; 5 — аэробная; 6 — аэробно-анаэробная; 7 — анаэробная; 8 — гликолитическая (Fuchs, Reiß, 1990)

ки в искусственных гипоксических условиях и последующей подготовки в горах можно привести данные из опыта подготовки бегунов на средние дистанции в бывшей ГДР (рис. 14).

Искусственная гипоксическая тренировка имеет очевидное преимущество по сравнению с горной тренировкой, которое выражается в возможности сочетания работы в гипоксических и нормальных условиях. Это позволяет проводить гипоксическую тренировку на любых этапах подготовки, в частности приблизить ее непосредственно к соревнованиям, повысив влияние гипоксического фактора на организм спортсмена и одновременно не опасаясь нарушения уровня адаптации в отношении других компонентов подготовленности. Не менее важной является возможность чередовать тренировку на различных высотах в зависимости от задач конкретного занятия и применяемых средств и добиться таким образом значительно более широкого спектра влияния тренировочных средств на организм спортсменов. Здесь в качестве примера можно привести структуру рационального построения микроциклов велосипедистов высокой квалификации.

Тренировка в горах и искусственная гипоксическая тренировка в системе годичной подготовки спортсменов

Планировать напряженную гипоксическую подготовку следует только на завершающих этапах многолетнего совершенствования, когда возможности других тренировочных средств, способных стимулировать дальнейшее развитие адаптационных реакций, в значительной мере исчерпаны (Платонов, 1986; Neumann, Schuler, 1989). При этом эффективность тренировки зависит от действия двух взаимосвязанных факторов — гипоксии, обусловленной снижением парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе, и гипоксии, создаваемой выполнением нагрузки повышенной интенсивности.

Каждый из этих гипоксических факторов стимулирует действие другого, однако это происходит лишь при рациональном выборе высоты, на которой проводится тренировка, продолжительности пребывания в горах, общей динамики и соотношения нагрузок различной направленности, объема и интенсивности работы аэробного и смешанного (анаэробно-аэробного) характера (Колчинская, 1993; Платонов, Булатова, 1995).

Результаты ряда экспериментальных работ и огромный практический опыт, накопленный в 70-х годах XX в. в СССР, ГДР, Болгарии, а в последующие годы в США, Китае, Италии и других странах, убедительно продемонстрировали, что эффективность тренировки в условиях гипоксии проявляется в полной мере, если тренировка с естественно или искусственно создаваемой гипоксией проводится достаточно регулярно, сочетаясь в строгой системе с тренировкой в обычных условиях. При этом каждый очередной сбор, проводимый в условиях гор, или каждый очередной цикл искусственной гипоксической тренировки должны предусматривать увеличение объема и интенсивности тренировочных и соревновательных упражнений.

Интенсификация гипоксической тренировки может также идти по пути увеличения ее продолжительности, высоты подъема, уменьшения временных промежутков между циклами гипоксической подготовки. Лишь в этом случае происходит поступательное, ступенчато повышающееся развитие адаптационных реакций, обеспечивающих более эффективное выполнение тренировочных нагрузок и прирост спортивных результатов.

В 80-х годах XX в. специалистами ГДР было введено понятие “гипоксическая цепь”, под которой понимается система естественных (тренировка в горных условиях) и искусственных циклов гипоксической подготовки, органически сочетающихся с тренировкой в обычных условиях (Müller, 1989; Fuchs, Reiß, 1990).

Интенсивный обмен опытом подготовки спортсменов высокого класса и результатами медико-биологических исследований, накопленными в плавании, легкой атлетике (бег, ходьба), гребле, конькобежном спорте, биатлоне и др., научные исследования проблемы гипоксии в спорте способствовали появлению ряда высокоэффективных схем построения годичной подготовки спортсменов, в которых равнинная подготовка органически увязывалась с горной.

Основными элементами этих схем являются:

- продолжительность, общее количество и периодичность тренировочных сборов, проводимых в горных условиях;
- оптимальные высоты, на которых следует проводить тренировку в горных условиях;
- акклиматизация спортсменов при тренировке в горах и реакклиматизация после возвращения в равнинные условия;
- общий объем и направленность работы, динамика нагрузок в течение года, а также в различных циклах равнинной и горной подготовки;
- использование циклов искусственной гипоксической тренировки в условиях равнинной подготовки;
- влияние специфики видов спорта на использование тренировки в естественных и искусственных гипоксических условиях.

Продолжительность подготовки спортсменов в горах может колебаться в достаточно широких пределах — от 2 до 4 и даже 5 недель, что зависит от специфики вида спорта, задач, которые планируется решить на конкретном сборе в горах, особенностей предшествовавшей тренировки, возраста и квалификации спортсменов.

Рассматривая продолжительность горной подготовки в наиболее общем виде, следует рекомендовать трехнедельные периоды, первая неделя которых должна обеспечить акклиматизацию в условиях гор и создать предпосылки для тренировки с максимально доступными нагрузками в течение второй недели. Основной задачей второй недели является выполнение таких объемов работы, которые по величине и направленности нагрузки обеспечивали бы достаточный стимул для прироста уровня адаптации, последующего перевода функциональных возможностей спортсмена на новый, более высокий уровень функционирования. Третья неделя также предполагает тренировку с максимальными нагрузками, направленную на дальнейшее развитие и стабилизацию достигнутого уровня адаптации.

Ежедневный объем работы в течение трехнедельного периода горной подготовки может колебаться в диапазоне от 2—3 до 5—6 ч, следо-

вательно, в течение всего периода общий объем нагрузки составляет обычно от 80 до 90 ч и по неделям распределяется таким образом: первая неделя — 20—24 ч, вторая и третья — по 28—36 ч. Эффект тренировки в горах проявляется в полной мере в отдаленном периоде последствия после возвращения спортсменов в нормальные условия жизнедеятельности. Эта схема, являясь общепринятой в своих основных элементах, может быть подвергнута существенной коррекции в зависимости от конкретных условий: вида спорта, квалификации, опыта горной подготовки, индивидуальных особенностей спортсменов и др. Практика убедительно показала, что для пловцов, гребцов, бегунов на средние дистанции оптимальной является трехнедельная подготовка в горах по приведенной выше схеме. Отличие состоит лишь в том, что первый микроцикл может быть сокращен на 2—3 дня для спортсменов высокой квалификации, регулярно тренирующихся в горах, или увеличен на такое же время — для спортсменов, не имеющих достаточного опыта горной подготовки, с более сложно протекающим периодом акклиматизации.

Для спортсменов, специализирующихся в видах спорта скоростно-силового характера, сложно-координационных видах, единоборствах и спортивных играх, часто эффективней оказывается двухнедельная подготовка, состоящая из 3- и 4—6-дневных микроциклов. Возможна и большая продолжительность тренировки, однако не более 18—21 дня. Что касается бегунов на длинные дистанции, марафонцев, спортсменов, специализирующихся в ходьбе, то для спортсменов высокой квалификации с большим опытом гипоксической тренировки как в горах, так и в равнинных условиях, допустимы периоды горной подготовки, достигающие 4 и даже 5 недель. Суммарный объем работы за это время может достигать 130—160 ч.

Содержание каждого цикла подготовки нужно строить в строгом соответствии с общей структурой годичной подготовки, содержанием и направленностью тренировочного процесса конкретного периода макроцикла. Более того, неизбежное смещение акцентов в тренировочном процессе, обусловленное условиями гор, некоторая коррекция параметров тренировочной работы (снижение ее интенсивности, уменьшение скоростно-силовых и сложнокоординационных упражнений и др.) должны компенсироваться соответствующими мерами как в процессе самой подготовки в горах, так и во время предшествовавшей или последующей тренировки на равнине. В частности, в состав средств и методов горной

подготовки следует включать упражнения скоростного, силового, сложнокоординационного характера, соревновательные упражнения, упражнения, способствующие развитию специальной выносливости, и др. Эти упражнения, естественно, не являются основными в системе горной подготовки, однако могут занимать в ней достаточное место (до 20—30 % общего времени, отводимого на работу), обеспечивая поддержание уровня тех сторон подготовленности, с развитием которых вступает в противоречие основная задача горной подготовки — развитие аэробных и, в определенной мере, анаэробных гликолитических возможностей.

Необходимость тесного увязывания содержания горной подготовки со структурой годичной подготовки спортсменов предопределяет существенные колебания содержания различных циклов подготовки в горах. Например, если в условиях трехциклового планирования годичной подготовки пловцов вторая половина подготовительного периода каждого макроцикла предусматривает подготовку в горах, то содержание каждого из трех этапов горной подготовки будет существенно различаться, соответствуя общей направленности тренировки в макроцикле. В частности, если горная подготовка первого макроцикла может включать значительный объем работы общеподготовительного характера, большое количество продолжительных упражнений, выполняемых чисто в аэробном режиме, при содержании лактата, не превышающего $3 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$, то в третьем макроцикле основной объем средств смещается в сторону их приближения к специфическим упражнениям. Общеподготовительные средства могут применяться в небольшом объеме только в целях улучшения акклиматизации и восстановления (прогулки, медленный бег), интенсивность средств тренирующего воздействия существенно возрастает, величины лактата при выполнении большинства упражнений находятся в пределах $4\text{—}5 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$, в отдельных случаях достигая $6 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ и более.

В случае регулярного проведения трехнедельных периодов горной подготовки развитие и сохранение адаптационных реакций отмечаются обычно в течение 30—36 дней после возвращения в условия равнины. В течение этого времени подготовка может осуществляться в строгом соответствии с задачами конкретного периода без боязни существенной деадаптации организма спортсмена. После этого необходимо предпринять дополнительные меры для сохранения ранее достигнутого уровня адаптации в отношении возможностей системы энергообеспечения.

Эти меры сводятся к заметному изменению направленности тренировочного процесса в сторону повышения объема работы аэробного, смешанного анаэробно-аэробного и гликолитического анаэробного характера, включению непродолжительных периодов искусственной гипоксической тренировки. Каждая из этих мер или их комплексное применение оказываются достаточно эффективными для стабилизации уровня адаптации в результате горной подготовки и последующего его сохранения в течение 2—3 недель при значительном изменении направленности тренировочного процесса.

Применение горной подготовки в тренировке юных спортсменов приводит к резкому скачку в их результатах. Однако одновременно горная подготовка приводит к преждевременному истощению адаптационного ресурса организма юных спортсменов, и в дальнейшем они, как правило, оказываются потерянными для спорта высших достижений (Platonov, 2002).

Условия горной подготовки в первую очередь стимулируют адаптационные реакции того же типа, что и тренировка в аэробном, смешанном анаэробно-аэробном режимах. Однако происходит это лишь в том случае, если гипоксические условия гор накладываются на гипоксическое воздействие нагрузки. Для этого необходимо обеспечить такой режим работы в программах тренировочных занятий и ударных микроциклов, который бы соответствовал применявшемуся ранее в равнинных условиях. Если этого удастся достичь во второй половине периода среднегорной подготовки как при выполнении программ основных занятий с большими нагрузками, так и при выполнении программ специальных тестов, то имеются все основания ожидать скачкообразного прироста функциональных возможностей основных функциональных систем организма спортсмена, работоспособности и спортивных результатов в тех видах спорта, в которых аэробные и анаэробные гликолитические возможности оказывают решающее влияние на уровень мастерства спортсменов.

При планировании программы тренировочных занятий в условиях среднегорья и высокогорья следует учитывать, что на высоте 1500 м над уровнем моря работоспособность спортсменов оказывается сниженной по сравнению с равнинными условиями на 8—12 %, на высоте 2000 м — 12—16 %, 2500 м — 16—20 %, 3000 м — 20—25 %. В случае необходимости сохранения основных параметров нагрузки (продолжительность и интенсивность упражнений, режим работы и отдыха и др.), то именно на эти величины сле-

дует снизить суммарный объем работы. По мере адаптации к условиям гор объем работы в занятиях постоянно возрастает и при рациональном построении подготовки через 2—3 недели должен приближаться к равнинным показателям (в случаях, если высота не превышает 1700—2000 м).

Если в процессе горной подготовки спортсменов не удается вывести на уровень тренировочных нагрузок, характерных для предшествовавшего периода равнинной подготовки, то действие горной подготовки проявляется в меньшей мере или может не превышать эффекта равнинной подготовки. Объясняется это тем, что дополнительные стимулы к адаптационным перестройкам в организме спортсменов, обусловленные спецификой горных условий, могут быть нейтрализованы снижением требований к организму в связи с уменьшением объема и интенсивности тренировочной работы. При подготовке выдающихся пловцов сборной команды СССР, неоднократно становившихся чемпионами Игр Олимпиад и мира в период 1978—1992 гг., в основу 21-дневной среднегорной подготовки, регулярно проводимой в Цахкадзоре (1970 м), было положено требование выполнения программ 2-го и 3-го недельных микроциклов, которые по своему содержанию и результатам выполнения отдельных упражнений и их комплексов должны были соответствовать программам наиболее нагрузочных (ударных) микроциклов периода, предшествовавшего горной подготовке. Первый микроцикл характеризовался относительно небольшой нагрузкой и носил втягивающий характер (Платонов, Вайцеховский, 1985; Platonov, 1992). Рациональному планированию нагрузок в процессе подготовки спортсменов в среднегорье могут помочь данные, приведенные в [таблице 4](#).

Условия гор требуют исключительно внимательного отношения к планированию интенсивности выполняемых упражнений и суммарного объема

тренировочной работы. Важным моментом подготовки в среднегорье является и правильное соотношение между объемом и интенсивностью тренировочной работы, направленной на повышение аэробного потенциала спортсменов. Чрезмерно высокая интенсивность способна быстро сместить работу в зону анаэробного обмена, привести к излишней утомляемости и уменьшению объема тренировочных воздействий. Низкая интенсивность не обеспечивает наличия достаточных стимулов для повышения уровня адаптации и, кроме того, может отрицательно влиять на проявление скоростных возможностей, спортивную технику и другие важные компоненты подготовленности.

Для выбора рациональной интенсивности работы в условиях горной подготовки целесообразно ориентироваться на показатели содержания лактата в крови после выполнения отдельных упражнений. При выполнении относительно кратковременных упражнений (до 2—3 мин) в условиях интервальной тренировки содержание лактата может возрастать до 5—6 ммоль·л⁻¹, при выполнении упражнений продолжительностью 10—15 мин оно не должно превышать 4—5 ммоль·л⁻¹, а при длительной дистанционной работе — 3—4 ммоль·л⁻¹, т. е. не превышать уровня порога анаэробного обмена.

Рациональная интенсивность нагрузки может корректироваться с помощью регистрации ЧСС. В качестве примера можно привести данные, зарегистрированные при выполнении 60-минутной работы велосипедистами высокой квалификации на высоте 3000 м ([рис. 15](#)). Излишне интенсивная нагрузка приводит к выходу ЧСС из оптимальной зоны, преждевременному отказу от работы. Величины содержания лактата при этом превышали 5 ммоль·л⁻¹. При рациональной интенсивности работы величина содержания лактата колебалась в пределах 2—3 ммоль·л⁻¹, а ЧСС —

ТАБЛИЦА 4 — Динамика нагрузок в период тренировки в среднегорье и высокогорье (по отношению к планируемым на равнине) (Суслов, 1995)

Параметры	Микроциклы			
	I (4—7 дней)	II (3—5 дней)	III (5—7 дней)	IV (5—7 дней)
Нагрузки	Без ограничений ($\pm 10\%$)	Без ограничений ($\pm 10\%$)	Без ограничений ($\pm 10\%$)	Снижен на 20 %
Объем интенсивных средств (выше уровня анаэробного порога)	Занижен до 40 %	Занижен до 20 %	Без ограничений	Без ограничений или снижен, если после спуска планируются старты
Интервалы отдыха	Увеличены в 2 раза	Увеличены в 1,5 раза	Без ограничений	Без ограничений
Координационная сложность	Не рекомендуется совершенствование техники и овладение новыми элементами	Работа над техникой без разучивания новых элементов	То же	То же
Соревновательные и контрольные старты	Не рекомендуется	Контрольные старты	—//—	—//—

Примечание. В высокогорье сроки I и II микроциклов должны быть увеличены на 2—3 дня каждый, а общий объем в первом микроцикле снижен. С увеличением горного стажа продолжительность первого и второго микроциклов постепенно снижается.

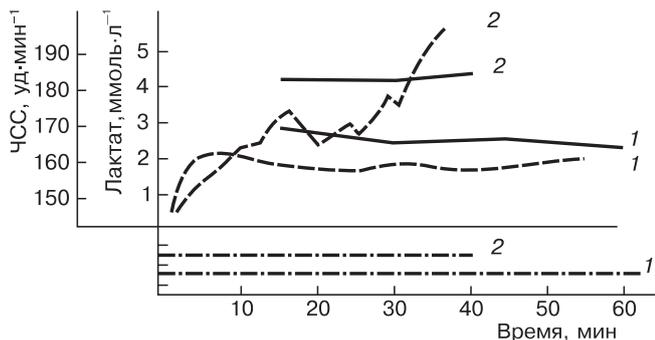


Рисунок 15 — Концентрация лактата (сплошные кривые), частота сердечных сокращений (штриховые кривые), продолжительность работы (штрихпунктирные кривые) у велосипедистов высокой квалификации при рациональной (1) и нерациональной (2) интенсивности нагрузки (Tzsheelzch, 1987)

156—162 уд·мин⁻¹. Работа проводилась в запланированное время и могла быть продолжена, так как величины лактата проявляли тенденцию к снижению.

Суммарный объем работы, выполняемой за одно и то же время, в значительной мере определяется высотой, на которой проводится тренировка. Необходимость сохранения качественных характеристик выполняемых упражнений требует не только увеличения продолжительности пауз между упражнениями, но и некоторого сокращения их количества. Уже на высоте 1200—1500 м суммарный объем работы достоверно снижается, что особенно ярко проявляется при выполнении упражнений анаэробного и смешанного (аэробно-анаэробного) характера (рис. 16). Соответственно уменьшается объем работы, необходимый для выполнения программ занятий с больши-

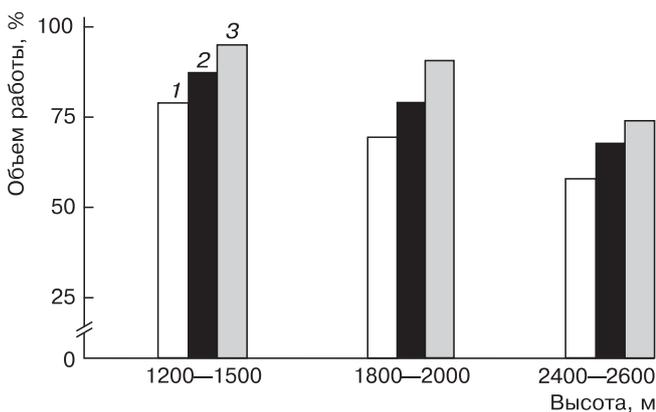


Рисунок 16 — Изменение объема работы различной преимущественной направленности, выполняемой за одно и то же время, при тренировке на различной высоте по отношению к данным, зарегистрированным на уровне моря: 1 — упражнения анаэробного характера; 2 — упражнения смешанного (аэробно-анаэробного) характера; 3 — упражнения аэробного характера

ми нагрузками. Если все же предпринимаются меры для выполнения одинаковых объемов работы в условиях равнины и на высоте, то после выполнения нагрузок в горах, существенно замедляются восстановительные процессы (рис. 17, 18). Это относится как к нагрузкам отдельных тренировочных занятий, суммарным нагрузкам тренировочных дней и микроциклов, так и к соревновательным нагрузкам (Платонов, 1986).

В конце периода нахождения в горах (3—4 недели) в случае, если подготовка осуществляется на высоте 1700—2000 м, объем тренировочной работы может достичь уровня, характерного для равнины. Это будет свидетельствовать о высокой эффективности горной подготовки и давать осно-

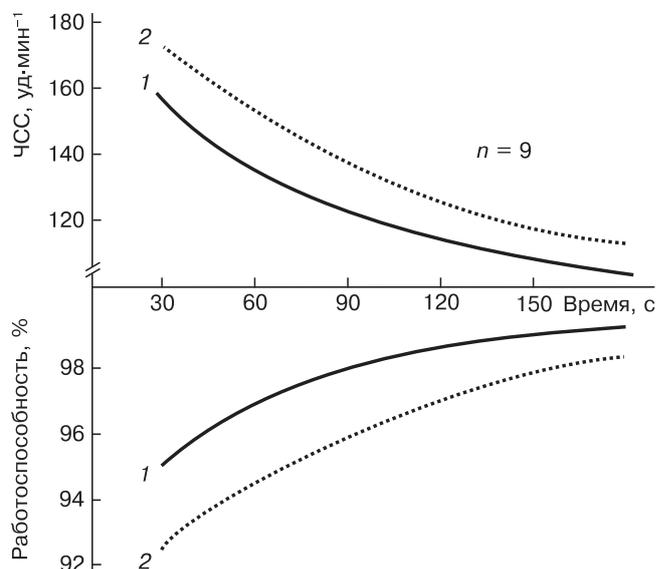


Рисунок 17 — Восстановительные реакции у пловцов высокой квалификации после выполнения программы теста “4 × 50 м с максимальной скоростью и паузами 10 с” в условиях равнины (1) и на высоте 1970 м (2)

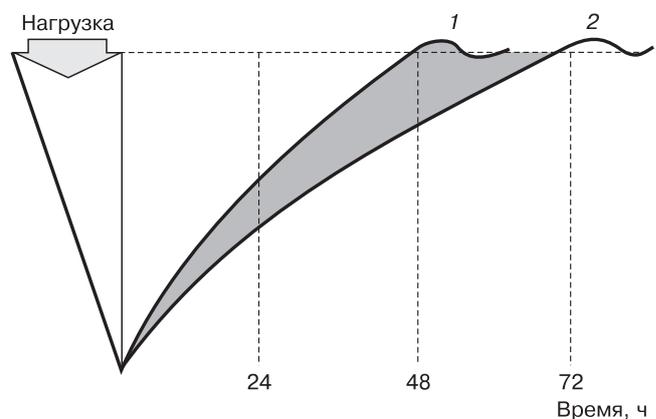


Рисунок 18 — Восстановительные реакции у пловцов высокой квалификации после тренировочного занятия аэробной направленности с большой нагрузкой в условиях равнины (1) и на высоте 1970 м (2)

вания рассчитывать на серьезное повышение работоспособности после возвращения с гор.

Если для устранения одного и того же уровня лактата в нормальных условиях требовалось от 12 до 15 мин, то на высоте 3000 м восстановительные реакции затягивались до 22 мин, а 4000 м — до 37 мин, что требовало пропорционального увеличения пауз между отдельными упражнениями. При этом, если работа в горах выполняется в чисто аэробных условиях, паузы могут не возрастать. Если работа носит смешанный аэробно-анаэробный характер, то на высоте 2000—2500 м паузы должны увеличиваться на 15 %, а на высоте 3000 м — на 30 %. При выполнении упражнений с преимущественно анаэробным характером энергообеспечения работы продолжительность пауз должна возрастать соответственно на 30 и 60 % (Fuchs, Reiß, 1990).

Подавляющее преимущество на мировой арене бегунов на длинные дистанции, постоянно проживающих в горных условиях, привело к тому, что многие специалисты стали серьезно задумываться о необходимости длительного проживания и тренировки в горах жителей равнины, если они хотят составить реальную конкуренцию стайерам “горцам”. Эффективность такого подхода была убедительно продемонстрирована опытом подготовки китайских спортсменов, специализирующихся в беге на длинные дистанции. По утверждению специалистов Китая, высочайшие достижения китайских спортсменов обусловлены, прежде всего, длительным пребыванием в горах (месяц в горах, месяц на равнине), большими объемами беговой нагрузки (200—250 км в неделю), экономичной техникой бега, основанной на большой частоте шагов при невысокой мощности работы в каждом беговом цикле, а также широкое применение восстановительных средств из арсенала китайской народной медицины (Якимов, 1999). Таким образом, результативность горной подготовки оказывается выше, если имеет место эффект долговременной акклиматизации, родственной эффекту, наблюдаемому у постоянных жителей гор; большие объемы работы и соответствующая система восстановительных процедур, а также стремление повысить работоспособность спортсменов за счет не только повышения мощности и емкости кислородтранспортной системы, но и экономизации спортивной техники.

Следует помнить, что даже при самом благоприятном построении тренировки в горных условиях неизбежно уменьшение объема скоростной, скоростно-силовой и сложнокоординационной работы, некоторое снижение скорости при выполнении работы смешанного анаэробно-

аэробного и анаэробного гликолитического характера. Это необходимо учитывать в последующей равнинной подготовке, в которой дополнительное внимание должно быть обращено на развитие тех качеств и сторон подготовленности, которым не могло быть уделено достаточного внимания в условиях горной подготовки. Направленность тренировочного процесса, соотношение средств и методов развития различных качеств и способностей в чередующихся периодах горной и равнинной подготовки должны быть представлены в виде целостного процесса, в котором подготовка в горах и на равнине взаимно дополняют друг друга. Это позволяет использовать наиболее сильные стороны каждой из них и одновременно устраняет недостатки.

Важным моментом в реализации результатов тренировки в горных условиях, проведенной в период, непосредственно предшествовавший главным соревнованиям года, является рациональный временной промежуток между окончанием тренировки в горах и сроками главных соревнований. В течение последних лет специалистами различных стран в этом вопросе накоплен огромный опыт. Установлено, что период между окончанием горной подготовки и началом главных соревнований должен обеспечивать не только реакклиматизацию, но и создавать условия для формирования нового уровня структурных и функциональных перестроек в организме спортсмена как реакций адаптации на тренировку в горах (Вайцеховский, 1986). И если для реакклиматизации обычно достаточно нескольких дней (чаще всего 4—6), то для формирования нового уровня адаптации систем энергообеспечения и органического увязывания его с другими двигательными качествами, важнейшими компонентами техники и тактики необходимо значительно большее время. Рассчитывать на успех в главных соревнованиях можно в том случае, если промежуток между окончанием горной подготовки и основными стартами составит не менее 16—18 и не более 30—40 дней.

Включение микроциклов искусственной гипоксической тренировки позволяет увеличить временной промежуток между окончанием горной подготовки и главными соревнованиями до 40—50 дней (Платонов, Булатова, 1995), хотя в практике подготовки ряда выдающихся спортсменов ГДР имели место и другие сроки: в спортивной ходьбе — 12 дней, академической гребле — 15—16, велоспорте (трек) — 40—45 дней (Fuchs, Reiß, 1990).

Наибольшее распространение в практике подготовки большинства выдающихся спортсменов, применявших подготовку в горах в качестве мощ-

ного фактора повышения функциональных возможностей организма в период непосредственной подготовки к главным стартам, получил временной промежуток между последним днем горной подготовки и стартами в главных соревнованиях 20—25 дней (Суслов, 1995).

Следует учитывать, что время между окончанием подготовки в горах и основными стартами может зависеть от многих факторов, из которых основными являются специфика вида спорта, продолжительность горной подготовки, индивидуальные особенности спортсменов: чем продолжительнее был период подготовки в горах, тем более длительным при прочих равных условиях должен быть период реакклиматизации и формирования нового, более высокого уровня подготовленности спортсмена к соревнованиям.

Спортсмены, специализирующиеся в стайерских дисциплинах (бег на длинные дистанции, марафонский бег, ходьба, плавание на длинные дистанции и др.), результат которых прямо зависит от компонентов подготовленности, подвергавшихся основному воздействию в процессе горной подготовки, могут планировать менее продолжительный период между окончанием тренировки в горах и основными стартами (16—18 дней). Спортсмены, регулярно применяющие горную подготовку в системе тренировки, также могут сократить на несколько дней (до 4—6) этот промежуток по сравнению со спортсменами, использующими подготовку в горах лишь эпизодически.

Важным является и содержание тренировки после окончания периода горной подготовки. После периода реакклиматизации (4—6 дней), в течение которого проводится разнообразная тренировка с небольшими нагрузками различного характера (не более 30—50 % планировавшейся в горах) при значительном объеме малоинтенсивной аэробной работы восстановительного характера и различных восстановительных процедур физического характера (сауна, насыщенные ванны и др.), акцент тренировки смещается в сторону широкого применения разнообразных специально-подготовительных упражнений, тесно взаимосвязанных со структурой и содержанием соревновательной деятельности (Platonov, 2008).

1. Бернштейн Н. А. Роль оксигемоглобина в адаптации к гипоксической гипоксии среднегорья // Механизмы адаптации к спортивной деятельности. — М., 1977. — С. 14—15.

2. Булатова М. М. Теоретико-методические основы реализации функциональных резервов спортсменов в тренировочной и соревновательной деятельности. — Дис. ... д-ра пед. наук. — К.: УГУФВС, 1996. — 356 с.

3. Волков Н. И., Иорданская Ф. А., Матвеева Э. А. Изменение работоспособности спортсменов в условиях

среднегорья // Теория и практика физической культуры. — 1970. — № 7. — С. 43—48.

4. Грушин А. А., Костина Д. В., Мартынов В. С. Использование искусственного среднегорья при подготовке к соревнованиям по лыжным гонкам // Теория и практика физической культуры. — 1998. — № 10. — С. 26—31.

5. Елисеева С. Проблема использования среднегорья в подготовке высококвалифицированных спортсменов // Теория и практика физической культуры. — 1974. — № 11. — С. 78—80.

6. Колб Дж. Факторы окружающей среды // Спортивная медицина. — К.: Олимпийская литература, 2003. — С. 265—280.

7. Колчинская А. З. О физиологических механизмах, определяющих тренирующий эффект средне- и высокогорья // Теория и практика физической культуры. — 1990. — № 4. — С. 39—43.

8. Колчинская А. З. Гипоксическая гипоксия нагрузки: повреждающий и конструктивный эффекты // Нурохиа medical. — 1993. — № 3. — С. 8—13.

9. Лауэр Н. В., Колчинская А. З. Дыхание и возраст // Возрастная физиология. — Л.: Наука, 1975. — С. 157—206.

10. Меерсон Ф. З. Адаптация к высотной гипоксии // Физиология адаптационных процессов. — М.: Наука, 1986. — С. 224—248.

11. Меерсон Ф. З., Салтыкова В. А. Влияние адаптации к высотной гипоксии на сопротивление резистивных сосудов // Кардиология. — 1977. — № 5. — С. 83—87.

12. Миррахимов М. М., Юсупова Н. Я., Раимжанов А. Р. Значение красной крови в адаптации организма человека к условиям высокогорья // Горы и система крови: Тез. докл. — Фрунзе, 1969. — Т. 56. — С. 77—78.

13. Новиков В. С., Шустов Е. Б., Горанчук В. В. Коррекция функциональных состояний при экстремальных воздействиях. — СПб: Наука, 1998. — С. 298—375.

14. Платонов В. Н. Подготовка квалифицированных спортсменов. — М.: Физкультура и спорт, 1986. — 288 с.

15. Платонов В. Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте: Учебник для студентов вузов физического воспитания и спорта. — К.: Олимпийская литература, 1997. — С. 554—566.

16. Платонов В. Н., Булатова М. М. Гипоксическая тренировка в спорте // Нурохиа medical. — М., 1995. — С. 17—23.

17. Платонов В. Н., Вайцеховский С. М. Тренировка пловцов высокого класса. — М.: Физкультура и спорт, 1985. — 256 с.

18. Пшенникова М. Г. Адаптация к физическим нагрузкам // Физиология адаптационных процессов. — М.: Наука, 1986. — С. 124—221.

19. Сведенхаг Я. Развитие выносливости в тренировке бегунов на средние и длинные дистанции // Наука в олимпийском спорте. — 1995. — № 1. — С. 19—27.

20. Сиротинин Н. Н. Гипоксия и ее значение в патологии // Гипоксия. — К., 1949. — С. 19—27.

21. Суслов Ф. П. Тренировка в условиях среднегорья как средство повышения спортивного мастерства: Автореф. дис. ... д-ра пед. наук. — М., 1985. — 48 с.

22. Суслов Ф. П. Соревновательная подготовка и календарь соревнований // Современная система спортивной подготовки. — М.: СААМ, 1995. — С. 73—79.

23. Суслов Ф. П., Булатова М. М., Красильщиков А. К. Тренировка в среднегорье в системе подготовки спортсменов // Лекция для студентов институтов физической культуры и слушателей факультетов повышения квалификации. — К.: КГИФК, 1987. — 20 с.

24. Уилмор Дж. Х., Костилл Д. Л. Физиология спорта. — К.: Олимпийская литература, 2005. — 504 с.

25. Якимов А. В чем секрет феноменальных мировых рекордов китайских спортсменов в беге на длинные дистанции и стайеров-«горцев» // Теория и практика физической культуры. — 1999. — № 9. — С. 34—36.
26. *Boutellier U., Derias O., di Prampero P., Cerretelli P.* Aerobic performance at altitude: effects of acclimatization and haematocrit with reference to training // *Int. J. Sports Med.* — 1990. — N 11. — P. 21—26.
27. *Brick F. J., Gledhill N., Fmese A. B., Snet L. L.* Red cell mass and aerobic performance at sea level // *Sutton J. R., Jones N. L., Houston C. S.* Hypoxia: Man at Altitude. — Thieme-Stratton-New York, 1982. — P. 43—50.
28. *Brooks G. A. et al.* Decreased reliance on lactate during exercise after acclimatization to 4,300 mb // *J. Appl. Physiol.* — 1991. — Vol. 71. — P. 333—341.
29. *Clarke C.* High altitude cerebral oedema // *Sports Med.* — 1988. — N 19. — P. 170—174.
30. *Dempsey J. A., Powers S. K., Gledhill N.* Discussion: Cardiovascular and pulmonary adaptation to physical activity // *C. Bouchard, R. J. Shephard, T. Stephens, J. R. Sutton, B. D. McPherson (Eds.)* Exercise, Fitness and Health. — Champaign IL: Human Kinetic Books, 1988. — P. 205.
31. *D'Urzo A. D., Liu F. L. W., Rebuck A. S.* Influence of supplemental oxygen on the physiological response to the PO₂ aerobic exercise // *Med. and Sci. Sports Exerc.* — 1986. — Vol. 18. — P. 211—215.
32. *Ferretti G., Boutellier U., Pendergast D. R. et al.* IV. Oxygen transport system before and after exposure to chronic hypoxia // *Int. J. Sports Med.* — 1990. — N 11. — P. 15—21.
33. *Fox E. L., Bower R. W., Foss M. L.* The Physiological basis for Exercise and Sport. — Madison, Dubuque: Brown and Denchmark, 1993. — 710 p.
34. *Fuchs U., Reib M.* Hohentraining. Trainer bibliothek 27. — Philippka-Verlag, 1990. — 127 p.
35. *Green H. J., et al.* Altitude acclimatization and energy metabolic adaptations in skeletal muscle during exercise // *J. Appl. Physiol.* — 1992. — N. 73. — P. 2701—2708.
36. *Hacker R., Appelt D., Buhme H.* Energiebereitstellung und Energieumsatz unter Hypoxiebedingungen. — Leipzig, FKS. — 1984.
37. *Heath D., Williams D. R.* High Altitude Medicine and Pathology. — Butterworths, London, 1983.
38. *Hurtado A., Clark R. T.* Parameters of human adaptation to altitude // *Physics and Medicine of the Atmosphere and Space.* — New York; London, 1960. — P. 352—369.
39. *Hurtado A., Merino C., Delgado E.* Influence of anoxemia on the hemopoietic activity // *Int. Med.* — 1945. — Vol. 45, N 41. — P. 284—323.
40. *Jokl E., Jokl P.* Exercise and Altitude. — Baltimore: University Park Press, 1968.
41. *Krause P.* Das Verhalten leistungshysiologischer Parameter beim Training in 3000 m Hone und unter NN. — Leipzig, FKS, 1981.
42. *Malik A. B., Kidd R. S.* L Independent effects of changes in H⁺ and CO₂ concentrations on hypoxic pulmonary vasoconstriction // *J. Appl. Physiol.* — 1973. — Vol. 26, N 3. — P. 318—323.
43. *Montgomery A. B., Mills Y., Luse Y. M.* Incidence of acute mountaine sickness at intermediate altitude // *YAMA.* — 1989. — N 261. — P. 732—726.
44. *Müller E.* Trainingsmethodische Grundkonzeption der Disziplingruppe Lauf / Gehen für die Jahre 1988—1992 // *DVFL der DDR.* — Berlin, 1989. — S. 1—60.
45. *Neumann G., Schuler K.-P.* Sportmedizinische Funktionsdiagnostik. — Leipzig, 1989.
46. *Platonov V. N.* Las bases del entrenamiento deportivo. — Barcelona: Paidotribo, 1992. — 314 p.
47. *Platonov V. N.* El entrenamiento deportivo. Teoria y Metodologia. — Barcelona: Paidotribo, 1995. — 322 p.
48. *Platonov V. N.* Teoria geral del entrenamiento deportivo Olimpico. — Barcelona: Paidotribo, 2002. — 686 p.
49. *Platonov V. N.* Tratado geral de treinamento desportivo. — São Paulo: Phorte, 2008. — P. 730—753.
50. *Reeves I. T., Moore L. G., Wofei E. E., Maaeo R. S., Cymerman A., Long A. I.* Activation of Sympatho-Adrenal System at High Altitude // *High-Altitude Medicine / Ed. by G. Ueda, I. T. Reeves, M. Sekiguchi.* — Shinshu University Press, 1992. — P. 10—27.
51. *Robergs R. A., Roberts S. O.* Fisiologia do Exercício. — Sao Paulo: Phorte Editora, 2002. — 490 p.
52. *Saltin B.* Cardiovascular and pulmonary adaptation to physical activity // *Exercise, Fitness and Health / C. Bouchard R. J., Shephard T., Stephens J. R., Sutton B. D., McPherson (Eds.)*. — Champaign IL: Human Kinetic Books, 1988. — P. 187—203.
53. *Saltin B.* Anaerobic capacity: past, present and prospective // *Biochem. exerc.* — Human Kinetic. — 1996. — N 7. — P. 387—412.
54. *Saltin B.* Exercise and the Environment: Focus on Altitude // *Res. Quarterly Exerc. Sport.* — 1996. — Vol. 67. — P. 1—10.
55. *Saltin B., Kim C. K., Terrados N., Larsen H., Sveden-hag J., Rolf C.* Morphology, enzyme activities and buffer capacity in leg muscles of Kenyan and Scandinavian runners // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* — 1995. — Vol. 5. — P. 222—230.
56. *Schmidt W.* // цит. по: Fuchs U., Reib M. Hohentraining. Trainer bibliothek. 27. — Philippka-Verlag, 1990. — S. 127.
57. *Shephard R. J.* Problems of High Altitude // *Endurance in Sport.* — Blackwell Sci. Publ., 1992. — P. 471—478.
58. *Sutton J. R., Balcomb A., Killian K., Green H. J., Young P. M., Cymerman A., Reeves J., Houston C. S.* Breathlessness at Altitude // *Breathlessness, The Cambell Symposium / N. L. Jones, K. J. Killian (Eds.)*. — Toronto: Boehringer Ingelheim. Inc., 1992. — P. 143—148.
59. *Sutton J. R., Houston C. S., Coates G.* Hypoxia and Cold. — New York: Praeger, 1987.
60. *Terrados N., Melichna J., Sytven J. et al.* Effects of training at simulated altitude on performance and muscle metabolic capacity in competitive road cyclists // *Eur. J. Appl. Physiol.* — 1988. — Vol. 57. — P. 203—209.
61. *Tucker A., Stager J. M., Cordain L.* Arterial O₂ saturation and maximum O₂ consumption in moderate-altitude runners exposed to sea level and 3050 m // *JAMA.* — 1984. — N 252. — P. 2867—2871.
62. *Tzscheetich V.* Zur Erhöhung der Belastungsvertraglichkeit für wettkampfspezifische Spitzendelastungen durch hypoxiegestützte Entwicklung der Ausdauerleistungsfähigkeit. — Leipzig: FKS, 1987.
63. *Van Liere E. J., Stickney J.C.* Hypoxia. — Chicago, London: The University of Chicago press, 1963. — 367 p.
64. *Wilmore J. H., Costill D. L.* Physiology of sport and exercise. — Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2004. — 726 p.
65. *Wolf W. V., Schwalm J., Buschkow S.* Untersuchungen zur biologischen Wirkungsrichtung des Kunststüchens und natürlichen Hypoxietrainings im DRSV der DDR — Berlin: SHB, 1986.
66. *Wolfel E. E., Groves B. M., Brooks G. A. et al.* Oxygen transport during steady state, submaximal exercise in chronic hypoxia // *J. Appl. Physiol.* — 1991. — Vol. 70. — P. 1129—1136.