

А. З. Колчинская, П. В. Белошицкий, В. Д. Моногаров, Р. В. Пивнугель,
П. А. Радзиевский, А. Н. Красюк, А. А. Иващкевич, А. Н. Борисов

Физическая работоспособность альпинистов в условиях экстремально низкого pO_2 во вдыхаемом воздухе

Известно, что физическая работоспособность снижается по мере падения парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе (p_iO_2) [1—25]. Доказано также, что в этих условиях снижается работоспособность и максимальное потребление кислорода (МПК). Вывод о снижении работоспособности и МПК при пониженном парциальном давлении кислорода во вдыхаемом воздухе был сделан во время обследования неадаптированных к условиям высокогорья людей и уроженцев гор при p_iO_2 , превышающем 70 мм рт. ст. (высота над у. м. менее 6 500 м). Показано также, что адаптированные к высокогорью люди обладают относительно более высокой работоспособностью. Данные о работоспособности альпинистов и МПК ими в условиях экстремально низкого p_iO_2 в литературе малочисленны [22, 24]. В условиях экстремально низкого p_iO_2 во вдыхаемом воздухе сложно определить «внутреннюю гипоксию» (термин И. М. Сеченова), парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе, напряжение его в артериальной и (тем более) смешанной венозной крови, тканях, биохимические изменения крови, меру изменения работоспособности в зависимости не только от p_iO_2 , но и pO_2 во внутренней среде организма.

У нас была возможность при экстремально низком p_iO_2 во вдыхаемом воздухе в лабораторных и естественных условиях высотных восхождений вести наблюдения за квалифицированными альпинистами.

Цель работы — выявить зависимость работоспособности и максимального потребления кислорода у альпинистов высокой квалификации от кислородных режимов организма в условиях экстремально низкого p_iO_2 .

Методика

Наблюдения проводили в течение двух лет на склонах горных вершин Большого Кавказа (Эльбрус) и Памира (пик Коммунизма), а также в барокамере Эльбрусской медико-биологической станции Института физиологии им. А. А. Богомольца АН УССР. Исследовали влияние на организм альпинистов следующих условий внешней среды: 2100, 3500, 4200 и 5120 м над уровнем моря при pO_2 во вдыхаемом воздухе 130, 103, 92, 83 мм рт. ст. соответственно (Эльбрус), 4100 и 6100 м над уровнем моря при pO_2 во вдыхаемом воздухе 90 и 73 мм рт. ст. соответственно (пик Коммунизма) и 7500 м при p_iO_2 61 мм рт. ст. (барокамера).

Обследованные альпинисты по квалификации были разделены на следующие две группы: I — альпинисты высшей квалификации (20 мастеров спорта СССР), II — альпинисты высокой квалификации (26 кандидатов в мастера спорта СССР). В течение каждого года наблюдений было обследовано по 46 спортсменов, причем в число обследуемых второго года наблюдений входило 30 спортсменов из 46 прошлых годов, остальные — новое пополнение.

О физической работоспособности и состоянии организма судили по развиваемой альпинистами мощности, скорости потребления кислорода, скорости выделения углекислого газа, по показателям дыхания, кровообращения, крови, скорости поэтапного переноса кислорода, его парциальному давлению в альвеолярном газе (p_AO_2), напряжению кислорода в артериальной (p_AO_2) и смешанной венозной ($p_{\bar{V}}O_2$) крови. Изменения кислородных параметров, наличие кислородного долга, изменения показателей кислотно-основного состояния крови, снижение ее pH, повышение содержания в крови лактата служили доказательством наличия тканевой гипоксии.

На высоте 2100 м (склоны Эльбруса) и «высоте» 7500 (барокамера) альпинисты на велоэргометре (KE-110, Венгрия) выполняли нагрузку со ступенеобразно возрастаю-

щей мощностью. Длительность работы на каждой ступени составляла 2 мин, после каждой нагрузки — 2 мин отдыха. Мощность на первой ступени составляла 1,7, на второй 2,7, на третьей 3,7 Вт/кг массы тела. Во время нагрузки показатели дыхания регистрировали на полианализаторе (ПА5-01) с микропроцессором. Для проверки точности показаний прибора проводили непосредственные измерения легочной вентиляции и газообмена по Дуглас — Холдену с использованием водяных часов и волюметра. Состав выдыхаемого и альвеолярного газа регистрировали на масспектрографе (МХ6202), калибровку которого осуществляли по стандартным газовым смесям. Параллельно проводили газоанализ выборочных проб газа на аппарате ГВВ-2.

В покое до нагрузки показатели центральной гемодинамики и электрическую активность сердца фиксировали на полианализаторах ПА501 и ПА901, за частотой сердечных сокращений (ЧСС) во время физической нагрузки следили по показателям пульсотомера («Тунтури», Финляндия).

На остальных указанных высотах в естественных условиях спортивной деятельности о физической работоспособности судили также по результатам велоэргометрических тестов и кроме того по результатам педагогического тестирования 29 высококвалифицированных альпинистов (времени скоростного подъема на заданную высоту) *. Во время тренировочных сборов альпинистов на различной высоте в горах Большого Кавказа и Памира показатели дыхания определяли в покое с помощью волюметра (ГДР), кардиограммы регистрировали на портативном кардиографе с питанием от солнечных батарей.

Все результаты наблюдений, полученные на высокогорье, сравнивались с результатами, полученными на уровне моря (г. Москва) во время диспансерного обследования спортсменов.

Результаты и их обсуждение

Велоэргометрическое обследование альпинистов обеих групп квалификации показало, что работоспособность и максимальное потребление кислорода у этих спортсменов на высоте 2100 м практически не отличаются от зарегистрированных у спортсменов на уровне моря.

На высоте 2100 м (p_{O_2} 123 мм рт. ст. — 130 мм рт. ст.) в покое p_{aO_2} — 76,13 мм рт. ст. $\pm 0,9$ мм рт. ст., p_{aO_2} — 70,2 мм рт. ст. $\pm 1,2$ мм рт. ст. Максимальное потребление кислорода было не ниже, чем на уровне моря (66,4 мл/мин $\cdot$ кг $\pm 2,1$ мл/мин $\cdot$ кг). Нагрузки умеренной (1,7 и 2,7 Вт/кг) и большой (3,7 Вт/кг) интенсивности, при которых потребление кислорода составляло $44,4 \pm 0,8$; $54,0 \pm 1,1$ и $70,4 \%$ МПК $\pm 1,2 \%$ МПК соответственно, альпинисты выполняли практически так же, как и на уровне моря, и ЧСС не превышала ее значений при p_{O_2} 150 мм рт. ст. Несколько менее экономичной, чем в условиях нормального парциального давления кислорода, была лишь функция внешнего дыхания. Об этом свидетельствуют более высокий минутный объем дыхания (МОД_{ВТРS}) вентиляционный эквивалент, меньший кислородный эффект дыхательного цикла (таблица). При нагрузке 1,7 Вт/кг артерио-венозное различие по кислороду [$C(a-\bar{v})\text{O}_2$] было достаточно высоким (132,5 мл/л $\pm 3,0$ мл/л), содержание кислорода в смешанной венозной крови снижалось до 53,6 мл/л $\pm 2,3$ мл/л, насыщение ее кислородом (SO_2) до $25 \% \pm 1,6 \%$, напряжение кислорода ($p_{\bar{v}\text{O}_2}$) до 13 мм рт. ст. ± 4 мм рт. ст. При нагрузке 2,7 Вт/кг (см. таблицу) артерио-венозное различие по кислороду было большим и составляло $145,1 \text{ мл/л} \pm 4,2 \text{ мл/л}$ ($P < 0,05$), CO_2 28,1 мл/л $\pm 0,9$ мл/л, SvO_2 всего $13,3 \% \pm 0,6 \%$, $p_{\bar{v}\text{O}_2}$ 12,0 мм рт. ст. $\pm 0,4$ мм рт. ст.

На «высоте» 7500 м (p_{O_2} 61 мм рт. ст.) у высокоадаптированных к низкому p_{O_2} альпинистов работоспособность снижается меньше, чем у обследованных Pugh [22]. Так, у 46 нами обследованных альпинистов, в число которых вошли и альпинисты с меньшим спортивным стажем, работоспособность снизилась в среднем на $35,5 \% \pm 1,6 \%$, у альпинистов самой высокой квалификации (I группа) — на $30,1 \% \pm 1,4 \%$,

* Тестирование проведено тренерами сборной команды СССР заслуженными мастерами спорта В. А. Ивановым, С. Б. Ефимовым, Э. Т. Ильинским, Н. Д. Черным.

МПК — в среднем на $20,1 \% \pm 7 \%$, у альпинистов I группы — на $17,0 \% \pm 7 \%$, у альпинистов II группы — на $42,7 \% \pm 4 \%$. Нагрузка 2,7 Вт/кг при нормоксии относится к нагрузкам умеренной интенсивности (потребление кислорода составляет 45—55 % максимального), но она оказалась предельной для альпинистов II группы, обследованных на «высоте» 7500 м. О выраженной тканевой гипоксии у этих спортсменов сви-

Показатели дыхания, кровообращения у квалифицированных альпинистов при нагрузках разной интенсивности в условиях сниженного p_{iO_2}

Показатель	Нагрузка			
	1,7 Вт/кг		2,7 Вт/кг	
	при 123 мм рт. ст.	при 61 мм рт. ст.	при 123 мм рт. ст.	при 61 мм рт. ст.
Минутный объем дыхания (МОД _{втр}), л/мин	57,0 $\pm$ 1,8	110,3 $\pm$ 3,4	72,2 $\pm$ 2,3	137,0 $\pm$ 5,0
Частота дыхания (ЧД), дых/мин	22,7 $\pm$ 2,1	34,25 $\pm$ 3,2	28,6 $\pm$ 1,9	49,96 $\pm$ 4,1
Дыхательный объем (ДО), л	2,51 $\pm$ 0,10	3,22$\pm$0,12	2,52 $\pm$ 0,23	2,742 $\pm$ 0,144
Вентиляционный эквивалент (ВЭ)	28,57 $\pm$ 1,6	76,39 $\pm$ 2,9	29,76 $\pm$ 1,9	82,82 $\pm$ 1,8
Кислородный эффект дыхательного цикла (О ₂ д.ц.), мл	87,9 $\pm$ 2,1	42,15 $\pm$ 3,3	84,82 $\pm$ 1,8	33,1 $\pm$ 2,7
Парциальное давление в альвеолярном воздухе, мм рт. ст.:				
кислорода (p_AO_2)	76,13 $\pm$ 2,0	36,94 $\pm$ 1,6	75,47 $\pm$ 1,6	38,83 $\pm$ 2,1
углекислого газа (p_ACO_2)	31,9 $\pm$ 0,8	13,34 $\pm$ 0,6	33,88 $\pm$ 1,0	13,24 $\pm$ 0,4
Потребление кислорода (ПК), л/мин	1,995 $\pm$ 0,093	1,444 $\pm$ 0,106	2,426 $\pm$ 0,104	1,654 $\pm$ 0,141
Частота сердечных сокращений (ЧСС), уд/мин	105,2 $\pm$ 3,1	139,7 $\pm$ 2,8	123,8 $\pm$ 4,2	149,9 $\pm$ 3,2
Ударный объем (УО), мл	133 $\pm$ 9	119,13 $\pm$ 2,0	134,9 $\pm$ 5	118,2 $\pm$ 1,8
Минутный объем крови (МОК), л/мин	13,965 $\pm$ 0,350	16,71 $\pm$ 0,205	16,739 $\pm$ 0,480	17,72 $\pm$ 0,345
Гемодинамический эквивалент, (ГЭ)	7,0 $\pm$ 0,2	8,1 $\pm$ 0,7	6,8 $\pm$ 0,2	10,7 $\pm$ 0,9
Содержание гемоглобина, г/л	154,2$\pm$3	159,2 $\pm$ 2	154,2 $\pm$ 3	159,2 $\pm$ 2
Содержание O ₂ в артериальной крови (C_AO_2), мл/л	188,8 $\pm$ 2,4	138,6 $\pm$ 1,8	184,2 $\pm$ 3,1	129,9 $\pm$ 1,1
Насыщение артериальной крови кислородом (S_AO_2), %	90,1 $\pm$ 1,3	64,0$\pm$0,9	89,3 $\pm$ 1,0	59,98 $\pm$ 1,1

детельствовали невозможность дальнейшего увеличения и даже поддержания уровня потребления кислорода, адекватного выполняемой нагрузке, образование кислородного долга, снижение рН крови до $7,275 \pm 0,026$, увеличение содержания в ней лактата до 6,875 ммоль/л (пробы крови брали после выхода из барокамеры через 30—60 мин после окончания нагрузки). При p_{iO_2} 61 мм рт. ст. потребление кислорода во время нагрузки 1,7 Вт/кг и, особенно, 2,7 Вт/кг, было достоверно ниже ($P < 0,001$), чем при p_{iO_2} 130 мм рт. ст. (см. таблицу). При первой нагрузке оно составляло всего $72,0 \% \pm 1,4 \%$, а при второй — $68,2 \% \pm 1,8 \%$ потребления кислорода при этих же нагрузках на высоте 2100 м. При первой нагрузке (1,7 Вт/кг) образовавшийся кислородный долг составил $652 \text{ мл} \pm 24 \text{ мл}$, а при второй (2,7 Вт/кг) — $832 \text{ мл} \pm 29 \text{ мл}$ (рН снизился до $7,2 \pm 0,02$). Важно отметить, что уже нагрузку 1,7 Вт/кг на «высоте» 7500 м выполняли после «порога анаэробного обмена». Если при выполнении на этой же высоте нагрузки 0,85 Вт/кг дыхательный

коэффициент не превышал $0,90 \pm 0,01$, то при нагрузке 1,7 Вт/кг его значение возросло до $1,05 \pm 0,06$, а при 2,7 Вт/кг — до $1,13 \pm 0,09$. Нагрузку 2,7 Вт/кг выполняли с чрезвычайным напряжением. Все усилившиеся ощущения усталости, нехватки кислорода были настолько велики, что дальнейшее развитие альпинистами мощности становилось невозможным. Снижение МПК в условиях экстремально низкого p_{iO_2} было, однако, меньшим, чем снижение развиваемой альпинистами мощности, что объясняется значительно усиленной функцией дыхания и (в меньшей мере) кровообращения.

Основной причиной снижения потребления кислорода на «высоте» 7500 м и образования кислородного долга, как показало определение скорости поэтапной доставки кислорода, было не ее уменьшение: на «высоте» 7500 м скорость поступления кислорода в легкие составила при первой нагрузке $96,1 \% \pm 0,6 \%$, а при второй $94,3 \% \pm 0,9 \%$ скорости поступления кислорода в легкие на высоте 2100 м; скорость транспорта кислорода артериальной кровью существенно не отличалась от скорости на высоте 2100 м ($P > 0,05$), достоверно ($P < 0,05$) возросла скорость транспорта кислорода смешанной венозной кровью. На «высоте» 7500 м ею в минуту уносилось к легким больше кислорода, чем на высоте 2100 м (в 2,4 раза при первой нагрузке и в 1,3 раза при второй). Приведенные результаты свидетельствуют о том, что такие компенсаторные механизмы, как усиление легочной вентиляции, увеличение объемной скорости кровотока, некоторое увеличение кислородной емкости крови **, сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина вправо обусловили поддержание доставки кислорода к тканям на уровне, не меньшем, чем при нормальном p_{iO_2} . Что же явилось причиной снижения скорости потребления кислорода организмом альпинистов во время нагрузок 1,7 и 2,7 Вт/кг в условиях экстремально низкого p_{iO_2} , если не снижение скорости его доставки? Невозможность сохранения высокого уровня потребления кислорода на «высоте» 7500 м при p_{iO_2} 61 мм рт. ст., можно объяснить, с одной стороны, снижающейся скоростью диффузии кислорода из крови в клетки и митохондрии из-за значительно уменьшившегося градиента p_{O_2} между кровью и внутриклеточной средой. Если в нормальных условиях этот градиент может составлять 90—100 мм рт. ст., то при p_{iO_2} 61 мм рт. ст., он не может превысить 35 мм рт. ст., т. е. уровня p_{aO_2} в этих условиях. С другой стороны, напряжение кислорода в артериальной и смешанной венозной крови ниже критического обуславливает значительное снижение p_{O_2} в тканях [6, 8, 20, 25], что непосредственно снижает скорость окислительных процессов, потребление кислорода [6, 11, 25]. О снижении утилизации кислорода из крови при p_{iO_2} 61 мм рт. ст. свидетельствуют уменьшение артериовенозного различия по кислороду со $132,2 \pm 5$ при p_{iO_2} 130 мм рт. ст. до $86,4 \text{ мл/л} \pm 2,1 \text{ мл/л}$ во время первой нагрузки ($P < 0,01$) и со $145,1 \pm 4,9$ до $93,2 \text{ мл/л} \pm 2,8 \text{ мл/л}$ во время второй ($P < 0,01$), снижение коэффициента утилизации кислорода из крови с $71,5 \pm 0,9$ до $64,4 \pm 1,1$ ($P < 0,05$) при нагрузке 1,7 Вт/кг и с $75,0 \pm 0,8$ до $72,9 \pm 1,0$ ($P < 0,05$) при 2,7 Вт/кг. На «высоте» 7500 м при первой нагрузке содержание кислорода в смешанной венозной крови составляло $52,4 \text{ мл/л} \pm 2,4 \text{ мл/л}$, насыщение ее кислородом — $24,2 \% \pm 0,6 \%$, при второй — $36,7 \text{ мл/л} \pm 3,1 \text{ мл/л}$ и $17,2 \% \pm 0,9 \%$ соответственно. При этом напряжение кислорода в смешанной венозной крови составляло $12 \pm 0,5$ и $13 \text{ мм рт. ст.} \pm 0,9 \text{ мм рт. ст.}$

Длительная адаптация к высокогорному климату, спортивная тренировка на высокогорье значительно повышают работоспособность. Такое заключение можно сделать и на основании результатов педагогических тестов альпинистов разной квалификации, с неодинаковым высокогорным стажем: работоспособность оказалась более высокой у мас-

** Альпинисты были обследованы нами зимой до начала спортивного сезона в горах; во время пребывания на Памире содержание гемоглобина в крови и ее кислородная емкость были выше ($189,1 \pm 3,1$ и $257,7 \text{ г/л} \pm 7,4 \text{ г/л}$ соответственно).

теров спорта (МС) СССР, чем у кандидатов в мастера спорта (КМС) СССР с альпинистским стажем менее 5 лет. Так, в естественных условиях высокогорья (Эльбрус) скоростной подъем с 3500 до 4200 м над уровнем моря, затем с 4200 до 5120 м над уровнем моря альпинисты с большим стажем совершили за $50,31 \pm 2,49$ и $81,7 \text{ мин} \pm 7,6 \text{ мин}$ соответственно. Скоростной подъем с 6700 до 7400 м над уровнем моря на маршруте высшей категории сложности (предвершинный гребень пика Коммунизма), прохождение которого даже у квалифицированных альпинистов занимает 6—8 ч, из 29 обследованных нами спортсменов 10 совершили за $108,2 \text{ мин} \pm 11,3 \text{ мин}$ (лучшее время — 85 мин), 17 — за $134,4 \text{ мин} \pm 10,48 \text{ мин}$ и только два (спортивный стаж менее 5 лет) — за 3 ч 3 мин и за 4 ч соответственно. На следующие сутки после такого скоростного подъема содержание мочевины в крови альпинистов высокой квалификации составило $11,2 \text{ ммоль/л} \pm 3,0 \text{ ммоль/л}$ ($7,06 \pm 14,02 \text{ ммоль/л}$), содержание лактата в крови не превысило нормы. Проведенная на высоте 6100 м регистрация электрокардиограмм (ЭКГ) не обнаружила у альпинистов патологических признаков, но у четырех обследованных отмечены признаки гипоксии миокарда.

Тестирование в лабораторных и естественных условиях высокогорья выявило не только несомненное преимущество альпинистов высокой квалификации перед менее квалифицированными спортсменами, но и показало, что альпинисты высокой квалификации отличаются и друг от друга по уровню работоспособности, функции системы обеспечения организма кислородом и системы дыхания в целом. По результатам обследования 29 спортсменов, участвовавших в педагогическом тестировании на маршруте высшей категории сложности, альпинистов можно разделить на следующие три подгруппы: первая — альпинисты с самыми высокими показателями, превышающими средние значения (11 мастеров спорта СССР); вторая — альпинисты с показателями, близкими к средним значениям (10 МС и КМС СССР), третья — со значениями показателей ниже средних (9 КМС СССР). При $p\text{O}_2$ 61 мм рт. ст. на «высоте» 7500 м все спортсмены выполнили запланированные нагрузки, но у альпинистов первой подгруппы легочная вентиляция при этом была настолько усилена, что значения скорости поступления кислорода в легкие, альвеолы и потребления кислорода превышали значения этих показателей во время аналогичной работы на высоте 2100 м. Кислородный запрос при нагрузке 1,7 Вт/кг удовлетворялся полностью, нагрузку 2,7 Вт/кг выполняли на уровне «порога анаэробного обмена», т. е. она не была максимальной. Коэффициенты утилизации O_2 из воздуха и крови были относительно высокими, у спортсменов сохранялись еще резервные возможности для развития ими мощности. МПК у альпинистов первой подгруппы снизилось на «высоте» 7500 м всего на 7—15 %. Характерно, что у альпинистов третьей подгруппы на «высоте» 7500 м уже при нагрузке 1,7 Вт/кг кислородный запрос организма удовлетворялся не полностью (—564 мл/мин), а при нагрузке 2,7 Вт/кг потребление кислорода составило всего 37,6 % его значения на высоте 2100 м. При такой же нагрузке дефицит O_2 во время работы составлял 1672 мл/мин. Причиной его образования была низкая скорость поступления O_2 в легкие и альвеолы из-за неадекватного увеличения легочной вентиляции (МОД STPD был ниже, чем при $p\text{O}_2$ 123 мм рт. ст.). Уменьшился ударный и минутный объем крови (что, вероятно, является следствием гипоксии сердечной мышцы) при значительно возросшей ЧСС 175—188 уд/мин. Следует отметить, что у спортсменов третьей подгруппы значительно снизилась утилизация кислорода из крови, артерио-венозное различие по кислороду не превышало его значений в покое, внешнее дыхание и кровообращение стали менее экономичными, особенно при нагрузке 2,7 Вт/кг. В этих условиях только волевые усилия спортсмена могли заставить его не бросать работу.

1. У квалифицированных альпинистов в условиях экстремально низкого p_{iO_2} сохраняется относительно высокая работоспособность: при p_{iO_2} 61 мм рт. ст. они могут выполнять нагрузки, являющиеся на уровне моря нагрузками умеренной интенсивности.

2. При экстремально низком p_{iO_2} МПК снижается у квалифицированных альпинистов меньше, чем работоспособность. При p_{iO_2} 61 мм рт. ст. работоспособность снижалась на $30,1\% \pm 1,4\%$, МПК — на $17,0\% \pm 7\%$.

3. Работоспособность альпинистов в условиях экстремально низкого p_{iO_2} в основном лимитирована сниженной возможностью утилизации кислорода мышечной тканью из-за падения p_{aO_2} и p_{vO_2} ниже критических уровней. Низкое p_{aO_2} обуславливает снижение скорости диффузии кислорода из крови капилляров в клетки, снижение напряжения кислорода в тканях и уменьшение скорости окислительных процессов.

4. У квалифицированных альпинистов в условиях экстремально низкого p_{iO_2} изменение работоспособности зависит от индивидуальных особенностей организма, альпинистского стажа, обуславливающих высокую реактивность дыхания в ответ на низкий p_{iO_2} , экономизацию функции дыхания, развитие адаптационных механизмов к низкому p_{O_2} в тканях мозга, скелетных мышц и сердца.

A. Z. Kolchinskaya, P. V. Beloshitsky, V. D. Monogarov, R. V. Pivnutel, P. A. Radzlevsky, A. N. Krasnyuk, A. A. Ivashkevich, A. N. Borisov

WORKING CAPACITY OF ALPINISTS UNDER CONDITIONS OF EXTREMELY LOW p_{O_2} IN INSPIRED AIR

It is shown that high-trained Alpinists retain relatively high working capacity under conditions of extremely low p_{iO_2} . Maximal oxygen uptake with extremely low p_{iO_2} decreases in high-trained Alpinists less than the working capacity which under conditions of extremely low p_{iO_2} , is, mainly, limited by decreased potentiality to utilize oxygen by cardiac and skeletal muscles because of p_{aO_2} and p_{vO_2} fall below critical values. Low p_{aO_2} promotes a decrease in the rate of oxygen diffusion from blood of capillaries into cells, fall of oxygen tension in tissues and lowering of the oxidative processes' rate. Changes in the working capacity of high-trained Alpinists under conditions of extremely low p_{iO_2} depend on individual peculiarities of the organism, alpinist length of training which promote high reactivity of the respiration in response to low p_{iO_2} , economization of the respiration function, development of adaptation mechanisms to low p_{O_2} in the cerebral tissues, skeletal muscles and heart.

A. A. Bogomoletz Institute of Physiology,
Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Kiev

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н. А., Гневушев В. В., Катков А. Ю. Адаптация к гипоксии и биоэкономика внешнего дыхания. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. — 186 с.
2. Агаджанян Н. А., Миррахимов М. М. Горы и резистентность организма. — М.: Наука, 1970. — 184 с.
3. Адаптация и резистентность организма в условиях гор / Под ред. Белошицкого П. В. — Киев: Наук. думка, 1986. — 294 с.
4. Айдаралиев А. А., Максимов А. Л. Адаптация человека к экстремальным условиям. — Л.: Наука, 1988. — 126 с.
5. Белошицкий П. В., Красюк А. Н., Дударев В. П. и др. Физиологические методы и критерии оценки степени адаптации к гипоксии // Молекулярные аспекты адаптации к гипоксии. — Киев: Наук. думка, 1979. — С. 207—224.
6. Вторичная тканевая гипоксия / Под ред. Колчинской А. З. — Киев: Наук. думка, 1983. — 255 с.
7. Данилейко В. И., Красюк А. Н., Белошицкий П. В. Влияние активной высокогорной акклиматизации на выносливость организма к физическим нагрузкам // Адаптация человека: Л.: Наука, 1972. — С. 223—241.
8. Колчинская А. З. Кислородные режимы организма ребенка и подростка. — Киев: Наук. думка, 1973. — 320 с.