

ОСОБЕННОСТИ ГАЗООБМЕНА И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ГОРЦЕВ В СРЕДНЕ- И ВЫСОКОГОРЬЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АДАПТАЦИИ К ПРОМЫШЛЕННОМУ ТРУДУ

К.О. Джусупов – ассистент
КГМА

Показано снижение максимальной аэробной работоспособности горцев с ростом высоты местности и сравнительно низкие показатели скорости потребления кислорода у горцев, не адаптированных к труду.

В горных районах функционируют и строятся промышленные комплексы. Здесь живет и трудится значительная часть населения, основной состав которого – горцы. Поэтому решение проблем, связанных с адаптацией организма горцев к производственному труду в условиях

высокогорного климата, является актуальным не только в медико-биологическом, но и в хозяйственном отношении.

Вопрос о влиянии различной высоты над уровнем моря на процесс адаптации к физическому труду в промышленности, за исключением

условий низкогогорья, мало изучен и в литературе практически не освещен [1–6].

Цель работы – изучение влияния адаптации к производственному труду в условиях средне- и высокогорья на газообмен и работоспособность организма.

Материалы и методы исследования. В покое и при выполнении дозированной мышечной работы на велоэргометре на высотах 860, 1800 и 2800 м над ур.м. были обследованы три группы горцев 20–45 лет: 1 группа – неадаптированные к промышленному труду, т.е. только начинающие работу в горной промышленности, 2 группа – адаптированные к труду средней тяжести, 3 группа – адаптированные к тяжелому труду (табл. 1).

Показатели газообмена определяли открытым способом по Дугласу-Холдену, анализ воздуха – с помощью газоанализатора ГВВ-2. Энер-

готраты (ккал/мин) устанавливали на основании данных потребления кислорода и выделенной углекислоты, приведенных к условиям STPD, и расчета дыхательного коэффициента.

Максимальную аэробную работоспособность оценивали по уровню максимального потребления кислорода (МПК) при дозированной нагрузке 240 кгм/мин на велоэргометре [7].

Результаты. Максимальное потребление кислорода у горцев, адаптированных к труду, в среднем было равно 2.878 ± 0.09 л/мин (при вариабельности данных 21%), что несколько ниже величины, характерной для жителей средней полосы России [8]. При расчете же на 1 кг массы тела аэробная работоспособность у жителей среднегорья была равна 43.8 ± 1.4 мл/мин, т.е. совпадала с данными других авторов, полученными для жителей низкогогорья (рис. 1) [9].

Таблица 1

Некоторые антропометрические показатели обследованных рабочих

Показатель	Неадаптированные к труду	Адаптированные к труду		Всего
		средней тяжести	значительной тяжести	
В условиях низкогогорья (860 м)				
Количество	22	25	25	72
Масса, кг	69.5±1.4	69.9±1.2	69±1.1	69.5±1.41
Рост, см	169±1.8	170.8±1.0	168±1.4	169±0.89
В условиях среднегорья (1800 м)				
Количество	20	34	37	91
Масса, кг	68.1±1.31	68.0±1.10	68.0±1.46	68±0.86
Рост, см	168±1.15	167±0.96	167±1.50	167±0.75
В условиях высокогорья (2800 м)				
Количество	25	36	31	92
Масса, кг	70.2±1.1	70.5±1.0	69.4±1.0	70±0.9
Рост, см	167±1.05	169.5±1.15	169.7±1.0	168.9±0.91

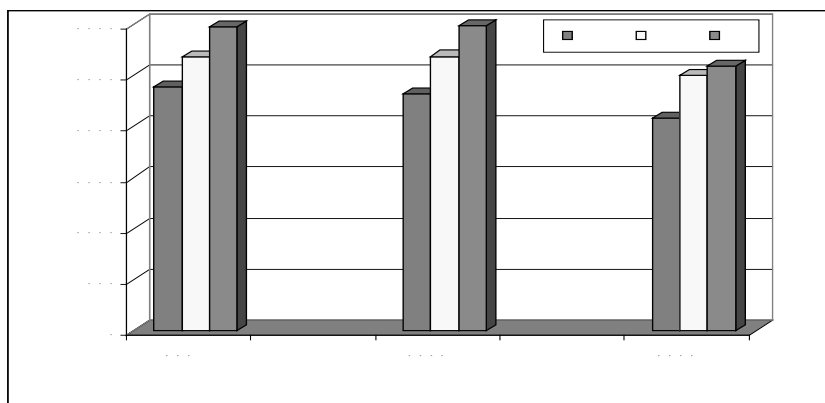


Рис. 1. МПК у горцев, не адаптированных (НА) и адаптированных к промышленному тяжелому труду (АТ) и средней тяжести (АС) на разной высоте над уровнем моря.

Скорость максимального потребления кислорода (МПК) в средне- и высокогорье была неодинаковой (рис. 1). Проведенные исследования показали, что потребление кислорода (ПК) во время дозированной нагрузки на велоэргометре (240 кгм/мин) в условиях низкогорья у горцев, неадаптированных к промышленному труду, было несколько ниже, чем в среднегорье, но выше, чем в высокогорье ($p < 0.05$).

Дальнейший анализ позволил установить, что у рабочих, выполняющих труд со средним физическим напряжением, МПК было достоверно ниже, чем у рабочих-горцев, выполнявших труд со значительной степенью физического напряжения. Подобные различия выявлялись и при расчете МПК на 1 кг массы тела рабочего. Если у групп, работающих со средним физическим напряжением, этот показатель составлял 40.6 ± 1.95 мл/мин на 1 кг массы тела, то у выполнявших труд со значительным физическим напряжением он был равен 46.7 ± 1.87 мл/мин ($p < 0.01$).

Сравнение с данными, полученными в низкогорье, свидетельствует о том, что ни у рабочих, выполнявших труд средней тяжести, ни у адаптированных к тяжелому труду МПК в среднегорье не отличалось от того, что было зарегистрировано в низкогорье.

В условиях высокогорья и ПК во время работы и кислородный долг, и общий кислородный запрос на работу были значительно выше, чем в средне- и низкогорье ($p < 0.02$). Увеличение кислородного запроса привело к росту кислородной стоимости работы, которая в высокогорье особенно повысилась, оба показателя в условиях высокогорья были достоверно более высокими, чем в средне- и низкогорье (рис. 2).

Увеличение кислородного долга на строго дозированную работу и кислородной стоимости работы, как показали исследования, было за счет значительного роста функциональных затрат, в частности внешнего дыхания, на её выполнение. Так, минутный объем дыхания при выполнении работы в высокогорье на 2.4 ± 0.35 л/мин выше, чем в низкогорье, и восстановление его до предрабочего уровня происходит позже, чем в низкогорье, но отличия эти статистически недостоверны. Среднединамическое давление имеет тенденцию к повышению в высокогорье, а периферическое сопротивление – к снижению. Механическая стоимость кровообращения в высокогорье достоверно выше, чем в низкогорье.

У горцев, адаптированных к промышленному труду, при нагрузке 240 кгм/мин ПК и кислородный долг почти не увеличиваются в отличие от неадаптированных к промышленному труду горцев, у которых и ПК, и кислородный долг в среднегорье возрастают (рис. 2). Значительно в меньшей мере, чем у неадаптированных, у рабочих, выполнявших труд средней тяжести в среднегорье, соотношения между потреблением кислорода во время работы и кислородным долгом изменяются. В низкогорье потребление кислорода во время дозированной нагрузки малой интенсивности у горцев, адаптированных к труду средней тяжести, превышало кислородный долг на $33.3 \pm 1.2\%$, а в среднегорье – на $19.0 \pm 0.9\%$. Соотношение между ПК во время работы и кислородным долгом у рабочих, адаптированных к промышленному труду значительной тяжести в среднегорье, более благоприятно, чем у других категорий обследованных лиц. Во время работы организм горцев, адаптированных

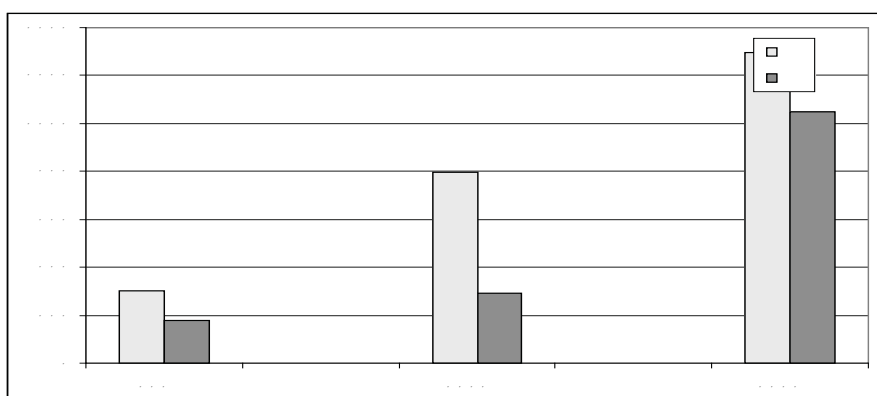


Рис. 2. Кислородный долг после выполнения производственной операции средней тяжести у горцев, не адаптированных (НА) и адаптированных к промышленному труду средней тяжести (АС) на разной высоте над уровнем моря.

к тяжелому труду на высоте 1800 м, потребляет $119.0 \pm 2.1\%$. У неадаптированных к труду горцев в низкогорье были почти равные соотношения между ПК во время работы и кислородным долгом ($92.9 \pm 1.4\%$). В среднегорье кислородный долг у неадаптированных к промышленному труду возрос, и ПК во время работы составляло только $69.9 \pm 0.8\%$ кислорода, потребленного для погашения кислородного долга.

Наряду с изучением реакции организма рабочих на дозированную нагрузку, выполнявшуюся на велоэргометре, проводилось определение скорости ПК и энергозатрат непосредственно на рабочем месте в момент выполнения рабочими определенной производственной операции и в ближайшем восстановительном периоде после неё. У рабочих, выполнявших производственные операции средней тяжести, потребление кислорода во время работы было таким же, как и в условиях низкогорья, но кислородный долг после выполнения работы был достоверно большим. Восстановление нормального уровня ПК было почти полным на шестой-седьмой минутах после конца работы. Скорость выделения углекислого газа у рабочих этой группы в среднегорье и в покое, и особенно во время работы была большей, чем в низкогорье. Восстановление исходного уровня скорости выделения углекислого газа почти завершалось к пятой минуте после конца работы. Дыхательный коэффициент во время работы увеличивался до 0.91 и оставался повышенным до пятой минуты восстановительного периода (табл. 2).

У горнорабочих, выполнявших труд средней тяжести в условиях среднегорья, энергетическая характеристика производственной деятельности мало отличалась от соответствующей характеристики в низкогорье.

Аналогичные выводы могут быть сделаны и в отношении горцев, адаптированных в условиях среднегорья к промышленному труду со значительным физическим напряжением. Как следует из табл. 2, ПК и энергозатраты на выполняемую производственную операцию (бурение) практически не отличаются от того, что имело место в условиях низкогорья при выполнении такой же производственной операции.

Отсутствие существенных отличий энергозатрат на выполнение производственных операций и практически одинаковая кислородная стоимость дозированной нагрузки, не сниженный уровень МПК свидетельствуют о том, что у горцев, адаптированных к тяжелому промышленному труду, труд в условиях среднегорья осуществляется с не более ощутимым напряжением, чем в условиях низкогорья, что работоспособность горцев, адаптированных к тяжелому труду в промышленности, в среднегорье не снижается.

Отношение потребления кислорода во время работы к кислородному долгу при нагрузке малой интенсивности с высотой снижается, и у адаптированных к промышленному труду горцев оказывается равным $62.3 \pm 1.6\%$, что достоверно выше, чем у неадаптированных ($p < 0.01$).

Рост кислородного долга и кислородного запроса на работу является причиной значительного увеличения кислородной стоимости работы в высокогорье (рис. 3). С ростом высоты местности у адаптированных к труду средней тяжести она оказывается достоверно выше ($p < 0.01$), хотя и меньше (также достоверно), чем у неадаптированных (рис. 3). Увеличение кислородной стоимости работы связано с увеличением механической стоимости вентиляции и кровотока не столько во время работы, сколько во время восстановительного периода.

Таблица 2

Энерготраты организма горцев на выполнение трудовых операций на разных высотах

Производственная операция		Выемка грунта экскаватором		Бурение	
Энерготраты на выполнение работы		Неадаптированные к производственному труду	Адаптированные к производственному труду средней тяжести	Неадаптированные к производственному труду	Адаптированные к тяжелому труду
Общие, ккал	низкогорье	28.5 ± 1.0	26.3 ± 0.9	37.12 ± 1.2	32.6 ± 0.9
	среднегорье	29.4 ± 0.9	27.1 ± 1.1	37.9 ± 1.4	33.0 ± 1.1
	высокогорье	26.08 ± 0.8	22.7 ± 0.6	48.6 ± 1.3	34.9 ± 1.1
ккал/мин	низкогорье	2.67 ± 0.06	2.23 ± 0.04	3.58 ± 0.08	2.9 ± 0.12
	среднегорье	2.72 ± 0.08	2.26 ± 0.05	3.64 ± 0.18	3.0 ± 0.06
	высокогорье	3.1 ± 0.1	2.45 ± 0.09	4.08 ± 0.21	

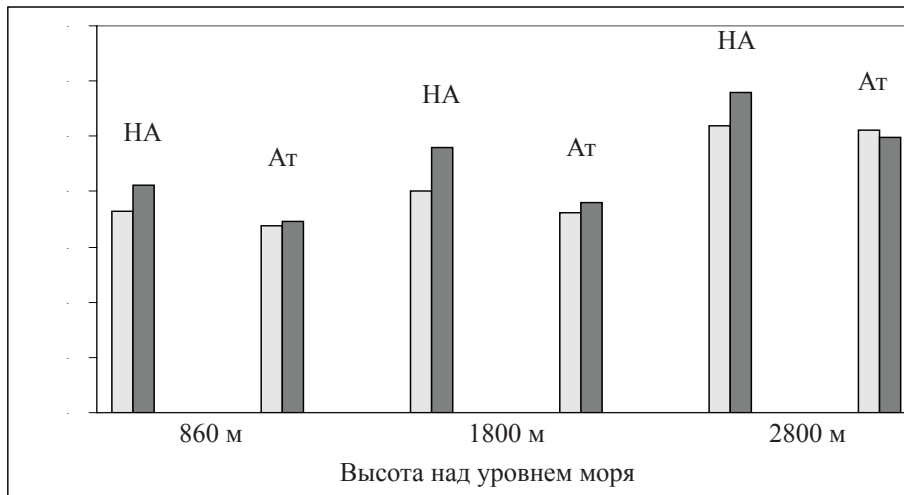


Рис. 3. Кислородная стоимость дозированной (240 кгм/мин) работы (А), производственных операций средней тяжести (Б) у горцев, не адаптированных (НА) и адаптированных (Ат) к промышленному труду на разной высоте над уровнем моря.

Необходимо, однако, подчеркнуть, что при повышенной эффективности и экономичности кислородных режимов организма ПК во время выполнения производственных операций и в большей степени кислородный долг после них растут. Это свидетельствует о том, что энерготраты организма рабочих в высокогорье достоверно повышаются (табл. 2). Так, если в условиях низкогогорья и среднегорья операции, отнесенные нами к труду средней тяжести, требуют затраты 3.58 ± 0.3 ккал/мин и 3.56 ± 0.28 ккал/мин соответственно во время самой работы и сопровождаются относительно небольшим кислородным долгом и небольшими затратами энергии на его погашение, то в условиях высокогорья общая кислородная стоимость выполнения производственных операций возрастает и с ней увеличиваются энерготраты на работу (на 1.3 ± 0.09 ккал/мин). Энерготраты практически не увеличиваются во время выполнения трудовых операций, но заметно возрастают в процессе погашения кислородного долга.

Ещё более заметно увеличиваются энерготраты на труд значительной тяжести. Разница в общих энерготратах на осуществление производственных операций со значительным физическим напряжением (бурение) в условиях высоко- и среднегорья составляет 1.35 ± 0.05 ккал/мин. Увеличение энерготрат на работу средней и большой тяжести у адаптированных рабочих происходит за счет некоторого повышения по-

требления кислорода в покое, связанного с усилением дыхания и с большими функциональными затратами (преимущественно за счёт усиления дыхания) во время и особенно в ближайшее время после самой работы.

Адаптация к промышленному труду средней и особенно большой тяжести приводит к экономизации функций организма в покое и в ещё большей степени во время выполнения физического труда. Она снижает энерготраты организма на выполнение производственных операций и повышает работоспособность горцев на разных высотах, включая и начальные высоты высокогорья. В высокогорье у горцев, адаптированных к промышленному труду и тем более неадаптированных, кислородная стоимость выполнения производственных операций, энерготраты на них, напряжение функции основных физиологических систем, принимающих участие в обеспечении организма кислородом, значительно выше, чем в низкогорье.

Литература

1. Шкулов В.Л., Белоцерковская Л.И. Показатели состояния адаптации к труду с физическим напряжением в климатических условиях жаркого климата Центрального Казахстана // Адаптация человека. – Л., 1972. – Т. 1. – С. 227–233.
2. Greksa L.P. Growth and development of Andean high altitude residents // High Alt. Med. Biol. – 2006. – V. 7(2). – P. 116–124.

3. *Paccalin C. and Jeannerod M.* Changes in breathing during observation of effortful actions // ISC working papers. – 2000. – V. 2; <http://www.isc.cnrs.fr/wp/wp00-2.htm>.
4. *Lundby C. et al.* Maximal exercise and muscle oxygen extraction in acclimatizing lowlanders and high altitude natives // *J Physiol.* – 2006. – V. 573 (Pt 2). – P. 535–547.
5. *Lundby C. et al.* Pulmonary gas exchange at maximal exercise in Danish lowlanders during 8 wk of acclimatization to 4,100 m and in high-altitude Aymara natives // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* – 2004. – V. 287 – P. 1202–1208.
6. *Wilmore J.H., Stanforth P.R., Gagnon J., et al.* Cardiac output and stroke volume changes with endurance training: The HERITAGE Family Study // *Med. Sci. Sports Exerc.* – 2001. – Vol. 33. – №1. – P. 99–106.
7. *Аулик И.В.* Определение физической работоспособности в клинике и спорте. – М.: Медицина, 1990. – 192 с.
8. *Лихницкая И.И.* Работоспособность человека и итоги её изучения в различных климатических зонах СССР // *Ресурсы биосферы. Адаптация человека.* – Л., 1976. – Т. 3. – С. 163–180.
9. *Миррахимов М.М.* Физиологические исследования человека на высотах Тянь-Шаня и Памира (обзор) // *Адаптация человека.* – Л.: Наука, 1972. – Т. 1. – С. 94–111.