

## **РЕАКЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ НА ТЕРМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ И МЫШЕЧНУЮ РАБОТУ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ**

Экологические и экономические задачи современного общества побуждают человека к освоению новых регионов обитания (пустыни, глубины океана, космос, горы и т.п.). При этом организм человека и животных сталкивается с воздействием ряда различных физических и эко-социальных факторов внешней среды, которые зачастую можно отнести к экстремальным.

Как показывает анализ литературы предшествующее развитие теории адаптации человека и животных к высокогорью было связано, в основном, с изучением приспособительных изменений отдельных физиологических систем организма (Филатова Л.Г., 1961, Газенко О.Г., 1987., Миррахимов М.М., 1978).

Исследованиями Филатовой Л.Г. установлено, что у коренных жителей гор отмечается пониженная температура тела. В опытах на животных З.К. Вымятина также установила снижение температуры тела и головного мозга в процессе гипоксического действия.

Особую важность представляет вопрос изучения и сопоставления терморегуляторных реакций у людей, проживающих на различных высотах в условиях различных температур и дозированной мышечной деятельности. Это и послужило целью настоящих исследований.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Последовательность проведения эксперимента заключалась в подготовке испытуемого к опыту, проведения его основной части и обработки данных, полученных в ходе эксперимента. У испытуемого снимались рост - весовые показатели, затем, для регуляции температуры тела и средневзвешенной температуры кожи накладывались специально сконструированные термодатчики, регистрация температуры и средневзвешенной температуры производилась приборами отечественного производства «ФН6/1». Запись ЧСС производилась электрокардиографом типа «Салют - 2». О количестве потоотделений судили при повторном взвешивании испытуемого после опыта.

После соответствующей подготовки испытуемому предлагалось войти в специальную термокамеру, в которой посредством специальной электрической схемы поддерживалась необходимая температура окружающего воздуха, и сесть на электровелоэргометр (эрготат), который был установлен в термокамере.

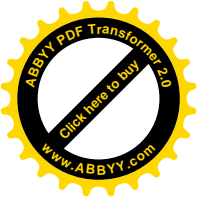
Для забора выдыхаемого воздуха на испытуемого одевалась специальная газо - дыхательная маска с дополнительными клапанами, посредством которых удавалось снизить сопротивление вдыхаемого воздуха. Через дыхательную резиновую трубку диаметром 35 мм, выдыхаемый воздух поступал на газовый счетчик, который определял МОД и на прибор немецкого производства «спиролит», на котором производился расчет потребления кислорода.

В покое производилась регистрация всех показателей. После этого подавалась команда «начали» и испытуемый приступал к выполнению мышечной работы мощностью 650 кгм/мин. В течение 20 минут. Мощность работы задавалась посредством велоэргометрической приставки.

При выполнении работы на каждой 5, 10, 15 и 20 минутах производилась регистрация изучаемых показателей. После прекращения мышечной работы регистрировались физиологические показатели в восстановительном периоде в течение 5 минут.

Вышеописанный эксперимент состоял из 2-х серий:

I серия - мышечная работа мощностью 650 кгм/мин. При температуре 10°C;



II серия - при температуре 30°C, длительностью 20 минут.

Указанные температурные режимы (10°C и 30 С) при мышечной работе избраны с целью выявления особенностей адаптации организма к условиям строго регламентированной температуры окружающей среды.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Результаты исследования показали, что лица, проживающие, в условиях высокогорья существенно отличаются по своим реакциям на тепло и холод при сочетаемом действии мышечной работы. Как было показано исследованиями М.И. Бочарова (1977) диапазона специфических терморегуляторных реакций в покое на термические воздействия имеет меньшие границы у высокогорцев чем у равнинников. При этом было отмечено, что у жителей высокогорья повышенная чувствительность температурного анализатора на резкие перепады температур, чем у жителей равнины.

В наших исследования были изучены реакции системы терморегуляции, как в покое, так и при мышечной работе в условиях низких и высоких температур окружающей среды у лиц, проживающих на разных высотах Киргизии.

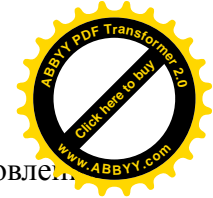
Так было показано, что в состоянии относительного покоя при 30<sup>0</sup>С статистических различий в уровне оптимальной и ректальной температур не обнаружено, однако гипотетически прослеживаются большие величины этих показателей. Мышечная работа, выполняемая в этих условиях, вызывает повышение температур. Тимпональная температура в большей мере повышается в группе равнинников ( $P < 0,05$ ), чем у высокогорцев, ректальная температура увеличивается больше у высокогорцев, однако в период восстановления понижается относительно рабочего уровня, тогда как в группе равнинников в послерабочем периоде повышается выше рабочего уровня (рис.1,2). В условиях 10<sup>0</sup> С тимпональная температура у равнинников стабилизируется на 36,8°C, а у высокогорцев 37,4°C, ректальная температура, наоборот, имеет меньшие величины у жителей высокогорья. Мышечная работа при 10°C также вызывает повышение тимпональной температуры, однако в меньшей мере, чем при высокой температуре окружающей среды, при этом отчетливо видно, что тимпональная температура выше в группе равнинников, чем у высокогорцев ( $P < 0,05$ ). Обращает на себя внимание факт, что в послерабочем периоде тимпональная температура увеличивается относительно рабочего уровня в обеих группах.

Ректальная температура при работе 30°C снижается относительно уровня покоя в обеих группах. Причем это снижение в большей мере выражено у лиц, проживающих в высокогорье. В период восстановления ректальная температура у равнинников приближается к уровню покоя, а в группе высокогорцев продолжает снижаться ниже рабочего уровня.

При рассмотрении реакции системы терморегуляции на термические воздействия и мышечную работу, нами изучались энерготраты не только в условиях относительного покоя, но и при дозированной двадцатиминутной работе при разных температурах окружающей среды. Так было установлено, что в состоянии покоя при 30<sup>0</sup> С уровень энерготраты у высокогорцев почти на ? кал/кг.мин. больше, чем у равнинников. При выполнении мышечной работы уровень теплопродукции увеличивается в обеих группах практически до одного уровня ( $P < 0,05$ ) (рис.3). Период восстановления так же существенно не отличается по теплопродукции в изучаемых группах.

В условиях окружающей среды 10<sup>0</sup>С метаболизм покоя существенно отличается в обеих группах. Если в группе равнинников уровень энерготрат составлял 36,8 кал/кг мин., то у высокогорцев соответственно 42,0 кал/кг мин.

При дозированной мышечной работе теплопродукция повышается, причем в группе равнинников выше абсолютного уровня, достигаемого при работе в условиях 30<sup>0</sup> С. У жителей высокогорья теплопродукция имеет меньшие величины, чем у равнинников и



уровня теплопродукции, наблюдаемого при  $30^{\circ}\text{C}$ , не достигает. Период восстановления характеризуется некоторой задолженностью в энергообеспечении в обеих группах.

Средневзвешенная температура кожи в покое при  $30^{\circ}\text{C}$  имеет большие величины у равнинников. Однако мышечная работа вызывает меньшее нарастание средневзвешенной температуры кожи у жителей равнины, чем у высокогорцев. При этом, в период восстановления у высокогорцев средневзвешенная температура кожи остается повышенной относительно уровня покоя (рис.4). Условия окружающей среды  $10^{\circ}\text{C}$  снижают в состоянии покоя верхне - взвешенную температуру кожи до  $25,8^{\circ}\text{C}$  у равнинников и до  $27,6^{\circ}\text{C}$ , соответственно, у высокогорцев. Мышечная работа, выполняемая в этих условиях, приводит к снижению средневзвешенной температуры кожи в обеих группах относительно уровня покоя. Однако большее снижение средневзвешенной температуры кожи наблюдается у высокогорцев, чем у равнинников ( $P < 0,05$ ). В период пятиминутного восстановления средневзвешенная температура кожи приближается к уровню покоя, но статистически его не достигает в обеих группах ( $P < 0,05$ ).

Чрезвычайно важным было изучить, как изменяется сердечная деятельность в изучаемых условиях среды, в связи с тем, что сердечно-сосудистая система относительно точно реагирует на любые экстремальные воздействия и является главным регулятором в переносе крови и следовательно тепла в животном организме. Так было показано, что в состоянии относительного покоя при  $30^{\circ}\text{C}$  уровень ЧСС практически не отличается в обеих группах. Однако при дозированной мышечной задаче повышается в большей мере у жителей равнин. Чем у высокогорцев. При воздействии  $10^{\circ}\text{C}$  в покое частота сердцебиений на 4 уд/мин. меньше у жителей высокогорья. Мышечная работа увеличивает ЧСС, однако в большей мере у равнинников, чем у высокогорцев. Примечательным является факт меньшего прироста ЧСС при работе в условиях  $10^{\circ}\text{C}$ , чем при такой же работе в условиях  $30^{\circ}\text{C}$  (рис.5).

Как известно, одним из мощных датчиков в поддержании температурного постоянства внутренней среды при мышечной работе является потоотделение ( $P < 0,011$ ). При мышечной работе в 10 условиях уровень потоотделения несколько ниже, у равнинников 70г. И 120г., у высокогорцев, соответственно, эффективность теплоотдачи, при мышечной работе в условиях  $30^{\circ}\text{C}$  приводит к излишнему накоплению тепла в организме. Если считать, что СВТк отражает уровень периферического кровообращения и следовательно теплоотдачи, то можно было бы предположить, что у высокогорцев большая теплоотдача с поверхности тела, чем у равнинников. Однако, более значительное повышение СВТк у высокогорцев приводит к снижению внешнего градиента температур между оболочкой и окружающей средой. Большой уровень потоотделений у высокогорцев при работе  $30^{\circ}\text{C}$  очевидно не позволяет понизить каждую температуру и следовательно увеличить теплоотдачу с поверхности тела, это хорошо подтверждается тем, что эффективность потоотделений у высокогорцев, рассчитанная из отношения уровня потоотделений и прироста температуры тела значительно ниже, чем у равнинников. При этом уровень метаболического тепла в организме имеет одинаковые величины в обеих группах. Это обстоятельство позволяет предполагать, что при одном и том же уровне накопления тепла в организме не позволяет высокогорцам эффективно выполнять мышечную работу при температуре  $30^{\circ}\text{C}$ .

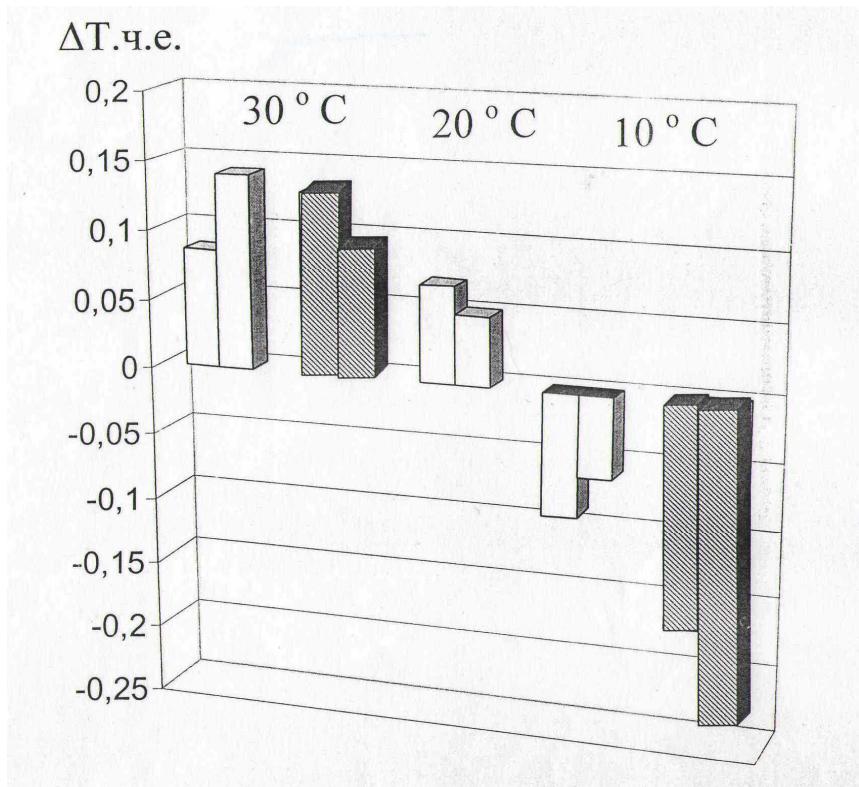


Рис.1 Изменение ректальной температуры при мышечной работе в условиях различных температур среды

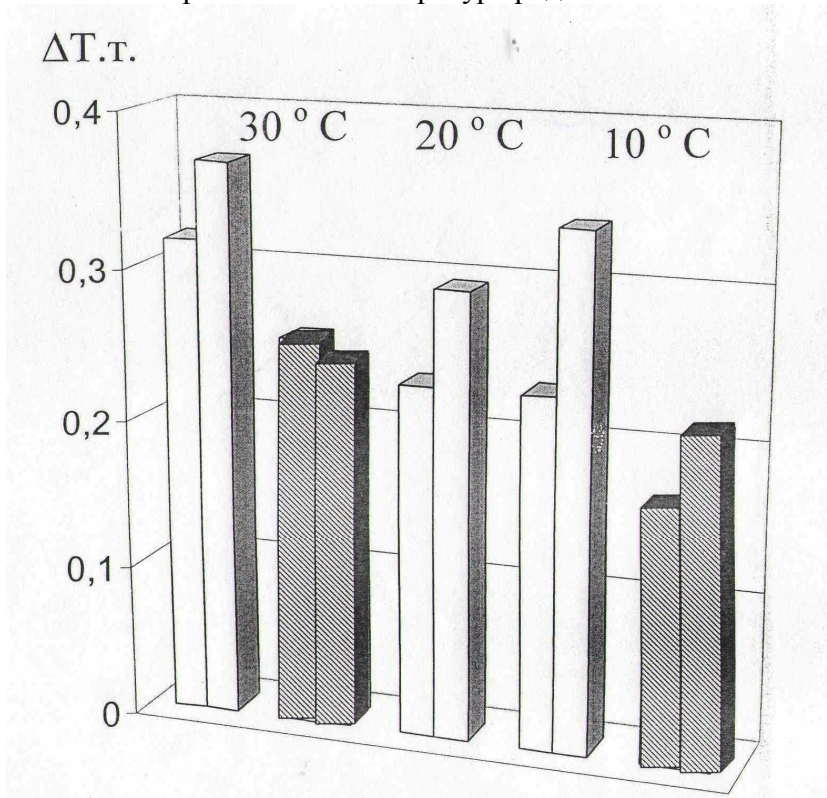




Рис.2 Прирост температуры тела при мышечной работе

-  - жители равнины
-  - жители высокогорья

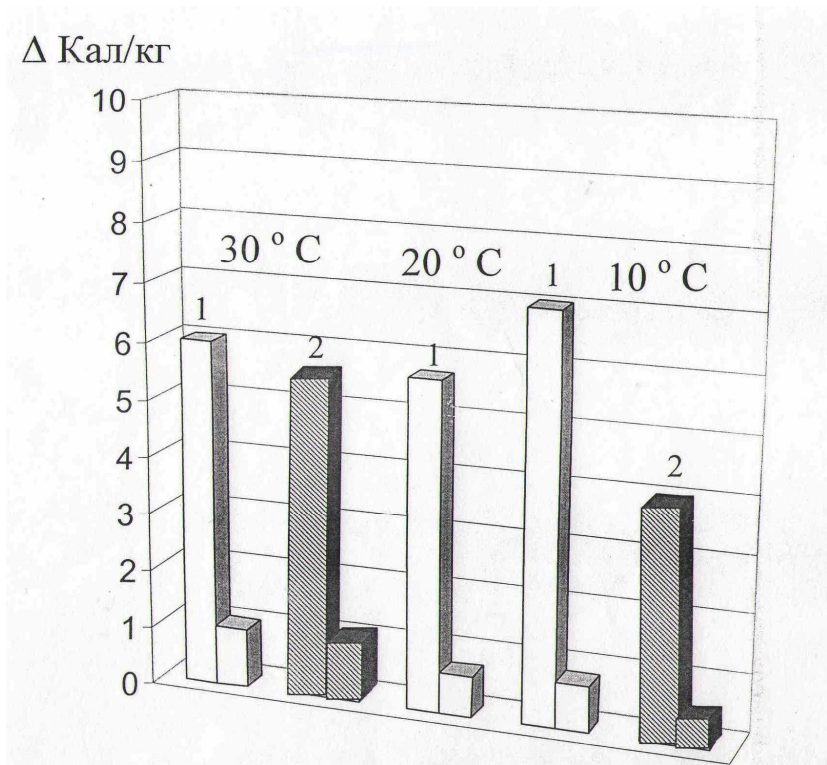
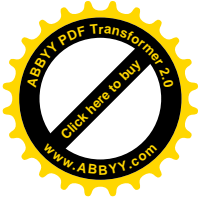


Рис.3 Прирост теплопродукции при мышечной работе

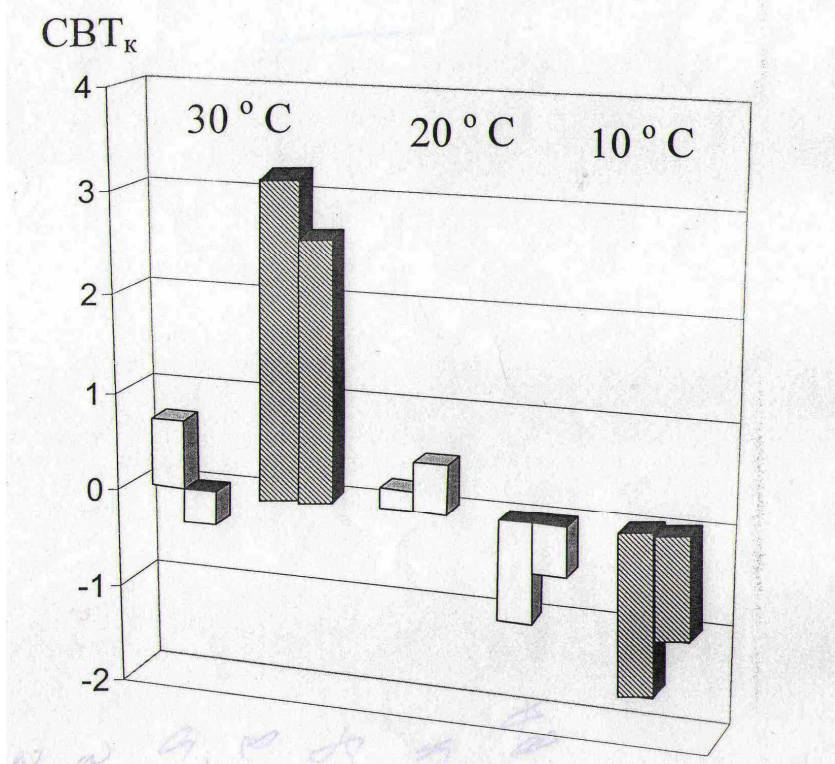


Рис.4 Изменение средневзвешенной температуры кожи при мышечной работе

- - жители равнины
- ▨ - жители высокогорья

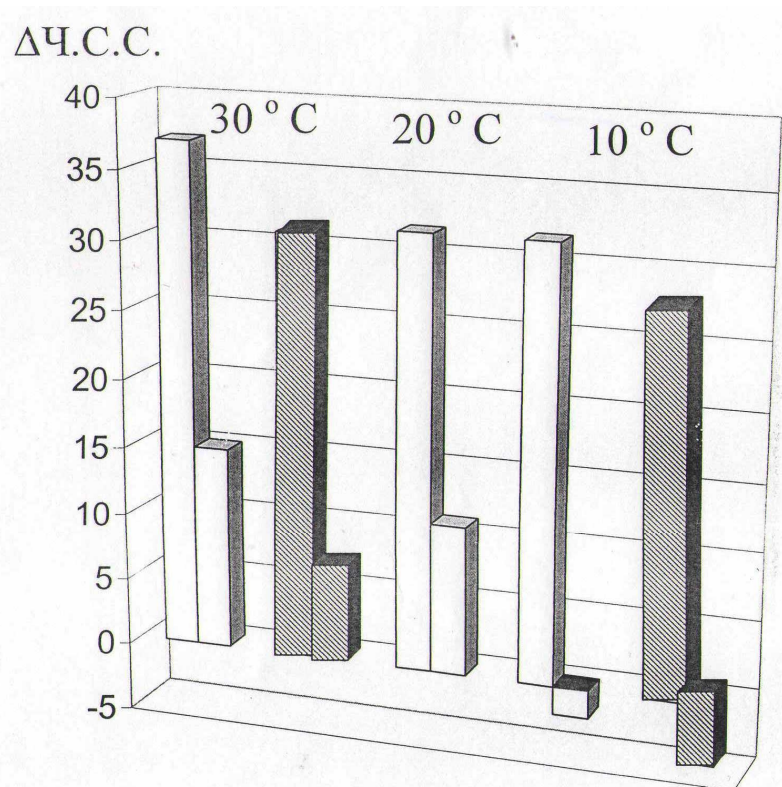


Рис.5 Прирост частоты сердечных сокращений при мышечной работе

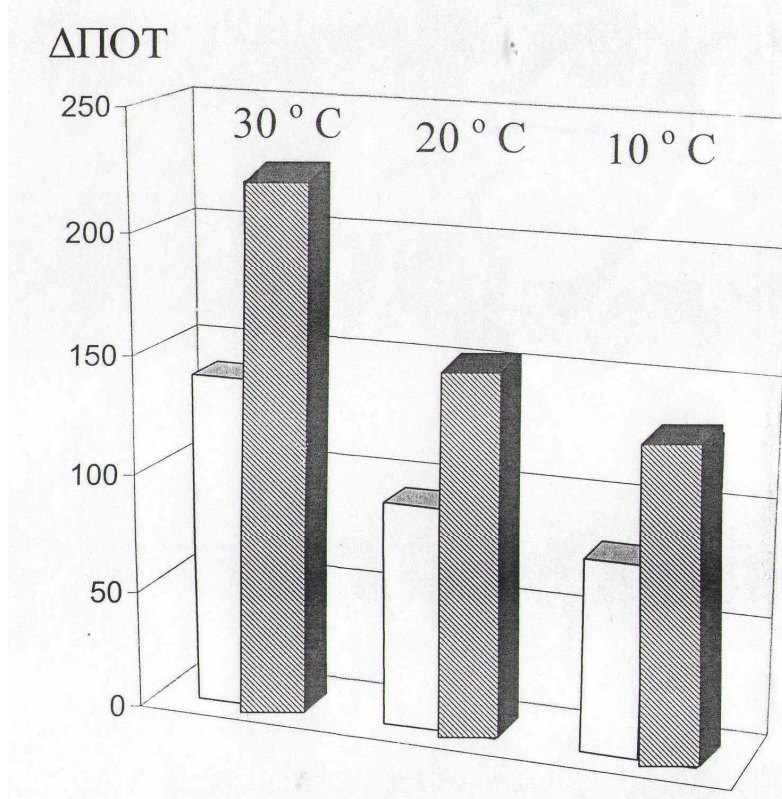


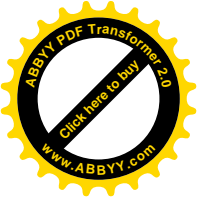


Рис.6 Количество потоотделений при мышечной работе

-  - жители равнины
-  - жители высокогорья



Подтверждением последнего являются данные по ЧСС, которые показывают, что у высокогорцев прирост ЧСС ниже, чем у равнинников. По-видимому меньшая циркуляция крови и приводит к меньшей ее доставке и следовательно теплоотдачи к оболочке тела.

В условиях 10°C в покое уровень теплопродукции существенно выше в группе высокогорцев, что находит свое подтверждение со стороны температуры тела и средневзвешенной температуры кожи.

Следовательно, у высокогорцев уровень химической терморегуляции при холоде выражается в большей мере, чем у равнинников. Мышечная работа выполняемая, в этих условиях вызывает, увеличение теплопродукции в большей мере в группе равнинников, чем у высокогорцев. Причем в группе высокогорцев энергозатратность работы ниже, чем при 30°C. Это очевидно связано с угнетением химической терморегуляции при холоде и снижением тепловой эффективности работы, которое убедительно было показано опытами на животных (Баженов, Сооданбекова, 1977; Баженов, Лелеков, 1978). Это находит свое подтверждение со стороны температуры тела, которая в меньшей мере повышается у жителей высокогорья. При этом со стороны ректальной температуры отмечается гипотермический эффект, в большей мере выражается у высокогорцев, чем у равнинников. Большее снижение СВТк у высокогорцев при мышечной работе в условиях 10°C очевидно не позволяет снизить уровень теплоотдачи до такого уровня. Чтобы компенсировать гипотермию температуры тела.

Как показано, результатами исследования абсолютный уровень потоотделения в большей мере выражен у высокогорцев, чем у равнинников. Следовательно, теплоотдача испарением при мышечной работе в условиях 10°C у жителей высокогорья выражена в большей мере, чем у равнинников, что является дополнительным фактором, в понижении рабочей температуры тела, судя по ректальной температуре (рис. 6).

Таким образом на основании полученных данных можно заключить, что жители высокогорья и равнины существенно отличаются по приспособительным реакциям системы терморегуляции к низким и высоким температурам среды.

### Литература

1. Бочаров М.И. терморегуляция и физическая работоспособность в условиях высокогорной гипоксии // Общие вопросы экологич. физиол.: Тез. докладов V Всесоюз. конф. по экологии и морфологии. – Фрунзе, 1977.
2. Баженов Ю. И., Сооданбекова А.С. Химическая терморегуляция и мышечный термогенез при адаптации к высокогорью // Физиол. ж. СССР. – 1977. – Т. 63. - №2.
3. Мейгал А.Ю. и др. Утомление и восстановление мышц при физической нагрузке в условиях охлаждения и согревания организма. - Иваново, 2002.
4. Миррахимов М.М., Гольдберг П.Н. Горная медицина. - Фрунзе, 1978
5. Филатова Л.Г. Исследования по физиологии высотной акклиматизации животных и человека. - Фрунзе, 1961

