

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

НАУЧНЫЕ  
ДОКЛАДЫ  
ВЫСШЕЙ  
ШКОЛЫ

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

10 (58)

1968                    ГОД  
                          ИЗДАНИЯ  
                          ОДИННАДЦАТЫЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫСШАЯ ШКОЛА» · МОСКВА

УДК 599.32

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ЖИВОТНЫХ

## О ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВАХ НАРУЖНЫХ ПОКРОВОВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ГОРНЫХ ГРЫЗУНОВ

*В. Н. Большаков, Е. С. Некрасов*

С помощью медного термодатчика, имеющего тепловую изоляцию от окружающей среды и соединенного с электротермометром, определены теплоизоляционные свойства шкурок равнинных и горных видов грызунов. Шкурки горных видов характеризуются более низкой теплопроводностью. По-видимому, адаптация горных видов шла по пути увеличения теплоизоляционных свойств меха. Лесные мыши из высокогорных районов (Тянь-Шань, Кавказ) по теплопроводности шкурок не отличаются от мышей из равнинных районов, что свидетельствует о различных путях адаптации к горным условиям горных видов и горных популяций широко распространенных видов.

Обитание животных в специфических условиях среды требует определенных экологических и морфо-физиологических приспособлений, направленных на сохранение энергетического баланса организма. Среди различных средств приспособления млекопитающих значительное место занимает физическая терморегуляция. Известно, например, что мех животных Крайнего Севера, как правило, характеризуется высокими теплоизоляционными свойствами (P. Scholander et al., 1950). Обитание млекопитающих в условиях высокогорья также связано с определенными приспособительными особенностями, однако свойства покровов, определяющих общую температурную адаптацию у горных видов животных, особенно *Micromammalia*, изучены недостаточно.

Мы исследовали теплоизоляционные свойства шкурок мелких грызунов — обитателей высокогорий.

Материал собран летом на Тянь-Шане, Памиро-Алае и Кавказе. Для сравнения использованы шкурки ряда видов полевок и мышей, обитающих в лесной зоне Среднего Урала и в тундровой зоне полуострова Ямал. Сравнивали теплопроводность шкурок без следов линьки, принадлежащих животным одного возраста, собранных по единой стандартной методике.

Для определения теплоизоляционных свойств наружных покровов используются различные приборы, причем наибольшее распространение получил метод кататермирования (Н. И. Калабухов, 1951; И. А. Шилов, 1961; А. А. Синичкина, 1962; M. Gebczynski, I. Olszewski, 1963). К недостаткам этого метода следует отнести нарушение естественного расположения перьев и волос при подготовке мешочков, в известной мере искажающее данные, невозможность измерения теплоизоляционных свойств шкурок очень мелких животных и, наконец, повреждение шкурок при работе этим методом, что затрудняет использование коллекционных материалов.

Мы использовали методику и прибор Е. С. Некрасова и Н. Н. Данилова \*, разработанные ими для определения теплоизоляционных свойств шкурок. Эта методика в значительной степени устраняет указанные недостатки метода кататермирования.

\* Прибор и методические приемы демонстрировались на Всесоюзном методическом семинаре по современным проблемам экологии наземных позвоночных животных в Свердловске в январе 1967 г.

Основная часть прибора — термодатчик. Он представляет собой медный диск с известной удельной теплоемкостью; диаметр термодатчика 15—20 мм, толщина 2—3 мм (для мелких животных). Размеры термодатчика могут быть любые, но чем крупнее животное, тем он должен быть массивней. Термодатчик изолирован от окружающей среды материалом с низкой теплопроводностью (пеностолом, пробкой и т. д.); открытой остается только та часть, которая прикладывается к мездре исследуемой шкурки. Электродатчик соединен с электротермометром марки ТЭМП-60.

Измерение производится следующим образом. Термодатчик нагревается от любого источника тепла до температуры 42° С (предел ТЭМП-60) и прижимается к мездре. После укрепления шкурки прибор помещают в условия, при которых должна измеряться теплопроводность. Когда стрелка электротермометра доходит до отметки 38° С, пускают секундомер. В тот момент, когда электротермометр покажет температуру 35° С, секундомер останавливают. Время, за которое прибор охладится на 3° С (от 38 до 35°), умножают на разность средней температуры прибора ( $\frac{38-35}{2}=36,5^\circ$ ) и среды и на это про-

изведение делят величину фактора прибора: 
$$h = \frac{F}{T(t_1 - t_2)}$$
 [F — фактор прибора; T — время, в течение которого термодатчик охладится на 3° (38—35° С);  $t_1$  — средняя температура прибора (36,5° С);  $t_2$  — температура среды]. Частное от деления является показателем теплопроводности шкурки в милликалориях в секунду на 1° разницы температуры прибора и среды на 1 см<sup>2</sup> поверхности шкурки при данных условиях влажности и движения воздуха.

Фактор прибора рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{3cm}{S},$$

где  $c$  — удельная теплоемкость материала, из которого изготовлен термодатчик;  $m$  — вес термодатчика;  $S$  — площадь термодатчика, которая прикладывается к шкурке. Полный вывод этих формул приводится в сводках экологических методик (Н. И. Калабухов, 1951).

Описанная методика, примененная Н. Н. Даниловым (1965) для определения теплоизоляционных свойств перового покрова птиц, дала хорошие результаты.

Результаты проведенного нами исследования представлены в таблице 1. Данные таблицы показывают, что мех всех лесных видов мелких грызунов (*Clethrionomys glareolus*, *C. rutilus*, *Microtus oeconomus*, *M. arvalis*, *Apodemus agrarius*, *A. sylvaticus*) имеет примерно одинаковую теплопроводность. По сравнению с этой группой все изученные

Таблица 1

Теплоизоляционные свойства шкурок некоторых видов грызунов

Вид	Число шкурок	Теплопроводность шкурок, кал/сек·град·см <sup>2</sup>	
		средняя	пределы колебаний
<i>Lemmus obensis</i> . . . . .	15	0,188	0,183—0,190
<i>Microtus juldaschi</i> . . . . .	25	0,191	0,190—0,192
<i>Prometheomys schaposchnikovi</i> . . . . .	5	0,185	0,185—0,186
<i>Microtus nivalis</i> . . . . .	20	0,200	0,198—0,203
<i>Alticola argentatus</i> . . . . .	15	0,197	0,195—0,198
<i>Alticola strelzovi</i> . . . . .	15	0,199	0,198—0,199
<i>Clethrionomys flater</i> . . . . .	20	0,204	0,202—0,204
<i>Clethrionomys glareolus</i>			
Летние . . . . .	25	0,218	0,216—0,220
Зимние . . . . .	35	0,197	0,195—0,199
<i>Clethrionomys rutilus</i>			
Летние . . . . .	25	0,209	0,205—0,216
Зимние . . . . .	20	0,201	0,201—0,203
<i>Microtus arvalis</i>			
Летние . . . . .	20	0,215	0,211—0,217
Зимние . . . . .	5	0,198	0,196—0,200
<i>Microtus oeconomus</i> . . . . .	5	0,214	—
<i>Apodemus sylvaticus</i>			
Тянь-Шань . . . . .	10	0,211	0,209—0,213
Кавказ . . . . .	10	0,213	0,210—0,217
Урал . . . . .	10	0,211	0,207—0,214

типичные горные виды (*Alticola argentatus*, *A. strelzovi*, *Microtus nivalis*, *M. juldaschi*, *Clethrionomys frater*, *Prometheomys schaposchnikovi*) имеют покровы с более высокими теплоизоляционными свойствами. Наши материалы показывают, что по теплоизоляционным свойствам летние покровы горных видов сходны с зимними шкурками лесных грызунов.

Следует подчеркнуть, что теплопроводность меха всех лесных видов примерно одинакова, в то время как у горных полевок этот показатель существенно различается. Анализ показывает, что особенно велики эти различия у горных животных, приуроченных к различным биотопам. Так, снежная полевка (*M. nivalis*), серебристая полевка (*A. argentatus*) и плоскочерепная полевка (*A. strelzovi*) — виды, обитающие в каменистых россыпях, характеризуются близкими показателями теплопроводности, несмотря на значительное различие их мест обитания по высоте (соответственно 1980, 2500, около 500 м над уровнем моря). Тянь-шанская полевка (*Cl. frater*) — горный вид, приуроченный к лесному поясу Заилийского Алатау. На высотах 1900—2300 м по признаку теплопроводности наружных покровов она занимает промежуточное положение между грызунами, обитающими в лесах на равнине, и горными обитателями каменистых биотопов. Наиболее высокие теплоизоляционные свойства шкурок отмечены у двух обитателей альпийских и субальпийских лугов горных систем Памиро-Алая и Кавказа — памирской (*M. juldaschi*) и прометеевой (*P. schaposchnikovi*) полевок: показатели теплопроводности их меха сходны между собой и близки к показателям теплопроводности меха обского лемминга (*Lemmus obensis*) — субаркта, шкурка которого характеризуется очень высокими теплоизоляционными свойствами.

Известно, что теплоизоляционные свойства наружных покровов в значительной степени зависят от густоты шерсти, длины и толщины волос. Результаты проведенного нами изучения густоты шерсти у ряда горных видов грызунов и сравнение их с имеющимися литературными данными (табл. 2) свидетельствуют о том, что по густоте шерстного покрова так же, как и по теплопроводности шкурок, исследованные горные виды занимают промежуточное положение между субарктическими и лесными грызунами. По сравнению с лесными мышами снежные, плоскочерепные и памирские полевки отличаются также более длинной шерстью, а первые два вида — большей толщиной волос (табл. 3).

Все сказанное свидетельствует о том, что адаптация горных видов мелких млекопитающих в условиях высокогорья шла по пути отбора животных, обладающих наружными покровами с высокими теплоизоляционными свойствами (по сравнению с равнинными видами). В этом

Т а б л и ц а 2

Густота шерсти у горных видов грызунов

Вид	Число волос на 25 мм <sup>2</sup>	Автор
<i>Lemmus obensis</i> . . . . .	5800	С. Шварц (1963)
<i>Microtus gregalis major</i> . . . . .	4850	То же
<i>Clethrionomys rutilus</i> . . . . .	2700	М. Я. Марвин (1959, 1966)
<i>Clethrionomys glareolus</i> . . . . .	2450	То же
<i>Microtus agrestis</i> . . . . .	2240	»
<i>Apodemus sylvaticus</i> (Кавказ) . . . . .	2390	Наши данные
<i>Apodemus sylvaticus</i> (Урал) . . . . .	2410	То же
<i>Alticola strelzovi</i> . . . . .	3460	»
<i>Microtus nivalis</i> . . . . .	3570	»
<i>Microtus juldaschi</i> . . . . .	4490	»

Морфологические показатели волосяного покрова грызунов

Вид	Длина волос, мм (n=25)	Толщина волос, мк (n=25)	
		широкая часть	узкая часть
<i>Apodemus sylvaticus</i> . . . . .	10,5±0,2	38,8±2,9	12,2±0,7
<i>Apodemus strelzovi</i> . . . . .	13,0±0,3	46,2±2,1	15,0±0,4
<i>Microtus nivalis</i> . . . . .	13,2±0,3	43,7±1,6	11,6±0,5
<i>Microtus juldaschi</i> . . . . .	14,8±0,4	32,2±2,9	9,5±0,7

отношении можно провести известную параллель с типичными обитателями Субарктики — обским леммингом, полевкой Миддендорфа. Совершенные теплоизоляционные свойства наружных покровов позволяют этим видам переносить влияние низких температур без существенного повышения интенсивности обмена веществ и, следовательно, без добавочного потребления энергии (А. Д. Слоним, 1952; С. С. Шварц, 1963), что в условиях высокогорья, очевидно, не менее важно, чем на Севере.

В последнее время появляется все больше данных, свидетельствующих о том, что у специализированных горных видов в процессе адаптации к горным условиям выработались определенные тканевые приспособления (Н. И. Калабухов, 1954; С. С. Шварц, 1959; R. Reunafarie, P. Morrison, 1962; С. С. Шварц, В. Н. Большаков, О. А. Пястолова, 1964), позволяющие животным обитать в специфических условиях среды без заметной интенсификации обмена. В частности, это хорошо заметно при изучении у горных видов морфо-физиологических особенностей, отражающих напряженность энергетического баланса. Высокие теплоизоляционные свойства наружных покровов в этом случае должны рассматриваться как один из механизмов, снижающих энергетические затраты.

В связи с изложенным большой интерес представляет тот факт, что лесные мыши с высокогорья (Тянь-Шань — 2500 м, Кавказ — 2700 м) по теплопроводности шкурок не отличаются от лесных мышей, живущих на равнине, и имеют меховой покров со слабыми теплоизоляционными свойствами (табл. 1). Обитание лесной мыши в высокогорье связано с интенсификацией обмена веществ. Это находит свое выражение, в частности, в увеличении многих важных морфо-физиологических показателей, по сравнению с показателями равнинных мышей (Н. И. Калабухов, 1935; В. Н. Большаков, 1967). В этом случае высокие теплоизоляционные качества меха, очевидно, имеют меньшее значение, чем у типичных горных видов. Сказанное подтверждает очень важный в теоретическом и практическом отношении вывод: пути приспособления к горным условиям типичных горных видов и горных популяций широко распространенных видов имеют существенные различия.

#### Литература

- Большаков В. Н. 1967. К вопросу об адаптации млекопитающих к горным условиям. Журн. общей биологии, т. 28, вып. 3.  
 Данилов Н. Н. 1965. Теплоизоляционные свойства перового покрова и адаптация птиц к температурным условиям. В сб.: Новости орнитологии. Алма-Ата.  
 Калабухов Н. И. 1935. Физиологические особенности горных и равнинных подвидов лесной мыши (*Apodemus sylvaticus ciscaucasicus* Ognev и *A. s. mosguensis* Ognev). Докл. АН СССР, нов. сер., т. 2, вып. 1.  
 Калабухов Н. И. 1951. Методика экспериментальных исследований по экологии наземных позвоночных. Изд-во «Сов. наука», М.

- Калабухов Н. И. 1954. Эколого-физиологические особенности географических форм «существования вида» и близких видов животных. Бюлл. МОИП, т. 59, вып. 1.
- Марвин М. Я. 1959. Млекопитающие Карелии. Петрозаводск.
- Марвин М. Я. 1966. Строение волосяного покрова полевок рода *Microtus* Среднего Урала. Уч. зап. Уральск. гос. ун-та, № 47, сер. биол., вып. 3.
- Синичкина А. А. 1962. Сезонные изменения термозоляции меха и предпочитаемой температуры у серых крыс (*Rattus norvegicus* Berkehn). Зоол. журн. т. 41, вып. 11.
- Слоним А. Д. 1952. Животная теплота и ее регуляция в организме млекопитающих. Изд-во АН СССР, М. — Л.
- Шварц С. С. 1959. Некоторые вопросы проблемы вида у наземных позвоночных. Тр. Ин-та биологии Уральск. филиала АН СССР, вып. 11. Свердловск.
- Шварц С. С. 1963. Пути приспособления наземных позвоночных животных к условиям существования в Субарктике (Т. I. Млекопитающие). Тр. Ин-та биологии Уральск. филиала АН СССР, вып. 33. Свердловск.
- Шварц С. С., Большаков В. Н., Пястолова О. А. 1964. Новые данные о путях приспособления животных к среде обитания. Зоол. журн., т. 43, вып. 4.
- Шилов И. А. 1961. Практикум по экологии наземных позвоночных животных. Изд-во «Высшая школа», М.
- Gebszunski M. and Olszewski I. 1963. Katathermometric measurements of insulating properties of the fur in small mammals. Acta theriologica, vol. VII, № 19.
- Reynafarje B. and Morrison P. 1962. Myoglobin levels in some tissues from wild Peruvian Rodents native to high altitude. Journ. Biol. Chem., vol. 237, № 9.
- Scholander P. F., Walters V., Hock R., Johnson L., Irving L. 1950. Body insulation of some arctic and tropical mammals and birds. Biol. Bull., vol. 90.

Рекомендована Институтом экологии  
растений и животных Уральского фи-  
лиала АН СССР

Поступила  
24 апреля 1967 г.