

УДК 599.742.2:591.543.42

## ТЕМПЕРАТУРА ТЕЛА БУРОГО МЕДВЕДЯ (*URSUS ARCTOS* L.) В ПЕРИОД ЗИМНЕЙ СПЯЧКИ

А. И. Ануфриев<sup>1</sup>, В. Ф. Ядрихинский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск

E-mail: anufry@ibpc.ysn.ru

<sup>2</sup>Факультет ветеринарной медицины Якутской государственной сельскохозяйственной академии,  
г. Якутск

Молодому медведю в октябре в полость тела, между мышцами и брюшиной, был имплантирован температурный накопитель DS 1922 L-F5. В течение 6 мес выполнено 4094 измерения «глубинной» температуры тела. На протяжении зимы температура тела постепенно снижалась, достигнув минимальных значений в декабре-январе. С конца января она постепенно увеличивалась. Усредненная температура тела в декабре составляла  $30,34 \pm 0,10^\circ\text{C}$ , в январе –  $29,75 \pm 0,066^\circ\text{C}$ . У бурого медведя в период зимней спячки «глубинная» температура тела достигает минимума  $-25,5^\circ\text{C}$ , это для крупных животных необычайно низкое значение, а усредненная температура тела в декабре поддерживается на уровне  $29-30^\circ\text{C}$ . С середины декабря и по февраль температура тела регулярно опускается до  $28^\circ\text{C}$  и ниже.

**Ключевые слова:** бурый медведь, зимовка, зимняя спячка, Якутия, температура тела, гипотермия.

Зимняя спячка мелких млекопитающих (массой менее 5 кг), таких как сурки, суслики, летучие мыши, характеризуется сильным снижением температуры тела и уровня метаболизма (Geiser, 2004). В периоды оцепенений эти животные способны снижать температуру тела на десятки градусов, а зимоспящие белочки северных широт – черношапочный сурок, арктический и длиннохвостый суслики, в состоянии гипотермии во время спячки могут иметь температуру тела около и даже ниже  $0^\circ\text{C}$  (Barnes, 1989; Buck, Barnes, 2000; Ануфриев, Охлопков, 2015). Оцепенения периодически прерываются, пробуждения в основном не превышают суток. Во время спячки скорость обмена веществ мелких зимоспящих животных снижается до 2–5% от внеспячного уровня (Ануфриев, 2008; Barnes, 1989; Ruf, Geiser, 2015). Столь сильное снижение метаболизма связано с температурным механизмом подавления скорости метаболических реакций, размерами и массой тела животных и стадии вступления в оцепенение. Из хищных млекопитающих «зимой спят» барсуки, бурые и черные медведи. У этих животных наблюдается более крепкий, чем обычный суточный, «зимний сон». Н. И. Калабухов (1985) отмечал, что температура тела у них при этом почти не понижается. Ранние исследования с использованием телеметрических методик зимней

спячки у медвежат черного медведя на Аляске и в Канаде не выявили существенных изменений температуры тела животных. Во время спячки она изменялась в основном в пределах суточных колебаний во внеспячный период, исследования проводились в условиях вивария при относительно высоких температурах среды (Носк, 1960; Folk et al., 1974).

Недавно на Аляске в искусственных берлогах исследована зимняя спячка черного медведя (*Ursus americanus*), при этом проведены телеметрические наблюдения за температурой тела, уровнем метаболизма и частотой сердечных сокращений (ЧСС). Показано, что во время спячки температура тела снижается в среднем до  $30,4^\circ\text{C}$  (от  $29,4$  до  $32,5^\circ\text{C}$ ,  $n = 4$ ), интенсивность обмена веществ составляет 0,069 (от 0,056 до 0,086)  $\text{мл} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ , а ЧСС – с 55 (от 44,5 до 63,7) уд. в мин понижалась до 14,4 (от 8,9 до 20,1), минимальные температуры внешней среды во время зимовки опускались до  $-40^\circ\text{C}$  (Tøien и et al., 2011). Снижение уровня метаболизма до такого уровня по абсолютной величине сопоставимо с уровнем метаболизма мелких зимоспящих млекопитающих в состоянии зимней спячки (Слоим, 1982).

До настоящего времени по разным причинам в литературе отсутствовали сведения о ходе зимней спячки бурого медведя, изменениях температуры его тела на протяжении процесса, наличии

либо отсутствию гипотермии. В представленном сообщении приведены материалы о динамике температуры тела бурого медведя на протяжении зимовки и в состоянии зимней спячки в условиях естественного температурного фона Центральной Якутии.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКИ

Температурный накопитель DS 1922 L-F5\* был имплантирован медведю (самец-сеголеток, масса тела на момент вживления 37,8 кг, извлечения – 31,2 кг) под общим наркозом в полость тела, между брюшными мышцами и брюшиной. Глубина нахождения измерителя внутри тела примерно 3–4 см. После извлечения была отчетливо заметна соединительнотканная капсула, в которой находился прибор. Методика хирургического вживления, дезинфекции и подготовки прибора к имплантации (покрытие его поверхности слоем медицинского клея БФ-6) подробно описана ранее (Ануфриев, 2013). Режим измерения – одно измерение в час. На протяжении 6 мес (с 3 октября 2014 г. по 23 марта 2015 г.) выполнено 4094 измерения «глубинной» температуры тела. В организме животных физиологи условно различают гетеротермную «оболочку» и гомойотермное «ядро» тела. К «оболочке» относят волосяной покров, кожу, подкожный слой жира, мышцы. Остальная часть – «ядро» (Иванов, 1986). Таким образом, проводилось измерение «глубинной» температуры, или температуры «ядра» тела.

После извлечения прибора выполнена компьютерная обработка данных с использованием стандартных статистических методов. В течение эксперимента медведя содержали в вольере в условиях естественного температурного фона (в Республиканском зоопарке «Орто-Дойду», 50 км южнее г. Якутска). В вольере было установлено утепленное убежище, изготовленное из бруса (объем около 1 м<sup>3</sup>), в котором медведь устроил берлогу, утеплив ее сеном, ветошью и паклей, которые подкладывались в вольер. Животное получало достаточное количество пищи; с середины октября медведь прекратил питаться и перестал выходить из берлоги. Одновременно с помощью термографа\*\* проводилась регистрация наружной температуры на высоте 50 см у наружной стенки берлоги.

\* Представляет собой плоский цилиндр диаметром 17,4 мм, толщиной 6 мм, массой менее 3 г (продукция компании «Dallas semiconductor Corp.»). Подробное описание прибора и его основные характеристики можно найти на сайте [www.elin.ru](http://www.elin.ru).

\*\* В зимовальную берлогу (в дальний верхний угол) изначально был установлен еще один термограф (для измерения температуры внутри берлоги), помещенный в дюралевый бокс (диаметр 5 см), который просверлили насквозь и прибили гвоздем. Медведь его разгрыз, остались остатки бокса, термограф весной не найден.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Бурый медведь (*Ursus arctos* L.) в Якутии заселяет всю подзону тайги и регулярно заходит в полосу кустарниковых и осоково-пушицевых тундр. В горно-таежных районах распространен во всех растительных поясах, но наиболее многочислен в пойменных угодьях и зарослях кедрового стланика в подлеске и в открытом прорастании. В природных биотопах Якутии бурый медведь готовит берлогу и залегает в спячку в сентябре-октябре, выходит из спячки в апреле (Тавровский и др., 1971). Сроки пребывания в спячке приурочены к конкретным погодно-климатическим условиям территории обитания животных, их продолжительность в основном около 6,5–7,0 мес. Эти сроки как правило совпадают с продолжительностью зимнего периода в Центральной Якутии, с середины октября до середины апреля – устойчивый снежный покров, отрицательные среднесуточные температуры (Гаврилова, 1973).

В условиях эксперимента медведь отказался от пищи и прекратил выходы из берлоги во второй половине октября с установлением отрицательных температур (-15°C и ниже). С декабря по начало марта суточные температуры опускались до -40°C и ниже. С третьей декады декабря до конца января минимальные суточные температуры понижались до -50°C. Пробуждение и выход из берлоги произошли 18–20 марта, во время редкой в данной местности оттепели. Медведь вышел из убежища, когда максимальные суточные температуры достигли 5°C. В те же сроки из спячки вышли два взрослых медведя, зимовавших в зоопарке, хотя в предыдущие годы они выходили из спячки в основном в первую декаду апреля при таких же дневных температурах.

У молодого бурого медведя в спячке усредненная температура тела в декабре составляла 30,34±0,10°C, в январе – 29,75±0,066°C. В то же время минимальная температура тела доходила до 25,5° (см. таблицу, рис. 1). У мелких зимоспящих млекопитающих (сусликов и сурков) температура периферических частей тела как правило ниже «ядра» тела, вероятно, и у медведя температура «оболочки тела» была ниже 25,5°C. На протяжении зимы температура его тела постепенно снижалась, достигнув минимальных значений в декабре-январе. Стабильно низкие температуры поддерживались на протяжении января, min-max 26,0–34,5°C. С конца января начался постепенный подъем температуры тела. Сходные ее изменения в зимний период отмечены у нескольких видов хищных животных (Ануфриев, 2013). У енотовидной собаки (*Nyctereutes procyonoides* G.) минимальная температура тела (31,5–32,5°C) отмечена с ноября по январь в ночное время суток. У барсука (*Meles leucurus*) в Якутии температура тела на протяжении зимней спячки

была ниже, чем у бурого медведя. Уже в октябре усредненная температура тела характеризовалась более низкими значениями:  $32,46 \pm 0,13^\circ\text{C}$ , min-max  $25,31-37,38^\circ\text{C}$ , в январе –  $27,45 \pm 0,23^\circ\text{C}$ , min-max  $18,19-35,93^\circ\text{C}$ . Абсолютный минимум –  $16,31^\circ\text{C}$  – был отмечен в декабре. В феврале среднесуточная температура тела барсука достигала минимума и начинала плавно повышаться, в мае она была  $33,76 \pm 0,16^\circ\text{C}$ , min-max  $31,0-37,0^\circ\text{C}$  (Ануфриев и др., 2016). У черного медведя минимальные температуры тела зарегистрированы также в декабре-январе, при температуре внешней среды около  $-40^\circ\text{C}$ , в феврале начался подъем температуры тела (Tøien et al., 2011). Вместе с тем присутствовали отличия в динамике температуры тела бурого и черного медведей. Так, у бурого медведя температура тела в январе не поднималась выше  $34,5^\circ\text{C}$  минимальная была ниже  $26^\circ\text{C}$ , у черного – доходила до  $35^\circ\text{C}$  и даже чуть выше, минимальная не опускалась ниже  $30^\circ\text{C}$ .

Для ряда зимоспящих и незимоспящих животных Якутии (бурундук, черношапочный сурок, арктический и длиннохвостый суслики, соболь, светлый хорь, енотовидная собака, лисица обыкновенная, песец, северный олень, овцебык, якутская лошадь, врановые птицы, тетеревиные птицы и др.) в последние годы показано, что годовая динамика температуры тела имеет характерную особенность: повышение в первом полугодии и снижение во втором. Исключением был только заяц-беляк (Ануфриев, 2013). Полученные за шесть месяцев наблюдений данные показывают, что у медведя повышение температуры

### Температура тела бурого медведя в период зимней спячки и температура внешней среды

#### Body temperature of a brown bear within the winter period

Месяц	Температура тела, $^\circ\text{C}$		Температура среды, $^\circ\text{C}$
	$M \pm m(n)$	min-max	
Октябрь	$36,11 \pm 0,06 (673)$	29,5–38,5	$-8,44 \pm 0,27$
Ноябрь	$34,15 \pm 0,06 (720)$	29,5–37,5	$-25,97 \pm 0,19$
Декабрь	$30,34 \pm 0,10 (744)$	25,5–36,5	$-38,01 \pm 0,19$
Январь	$29,75 \pm 0,07 (744)$	26,0–34,5	$-40,10 \pm 0,24$
Февраль	$33,58 \pm 0,072 (672)$	28,0–37,0	$-36,05 \pm 0,22$
Март	$35,47 \pm 0,05 (541)$	33,0–38,0	$-14,27 \pm 0,33$

Примечание. n – количество измерений.

тела, как и у других видов животных Якутии, также начинается в первой половине года (с января), в октябре – декабре она снижается.

Для анализа суточной динамики температуры тела были усреднены данные трех десятидневков: с 5 по 15 октября, с 1 по 10 января и с 10 до 20 марта. Были охвачены следующие периоды: предшествующий началу спячки, глубокой спячки и окончания спячки (рис. 2). В январе отмечены самые низкие среднесуточные температуры, и в отличие от начала и конца спячки отсутствовал выраженный суточный периодизм изменений температуры тела, точно так же, как и у мелких зимоспящих млекопитающих в состоянии гипотермии (Ануфриев, 2008). Суточная динамика температуры тела бурого медведя в разные периоды зимнего сезона отражает изменения температуры внешней среды, при которой проходят зимовка и спячка. До начала сезона зимней спячки и после ее окончания температура тела повышена в дневное время. В январе с общим снижением температуры уменьшалось количество времени, на протяжении которого температура тела была повышена. Вместе с тем во всех случаях в дневное время температура тела повышалась на  $1-3^\circ\text{C}$ .

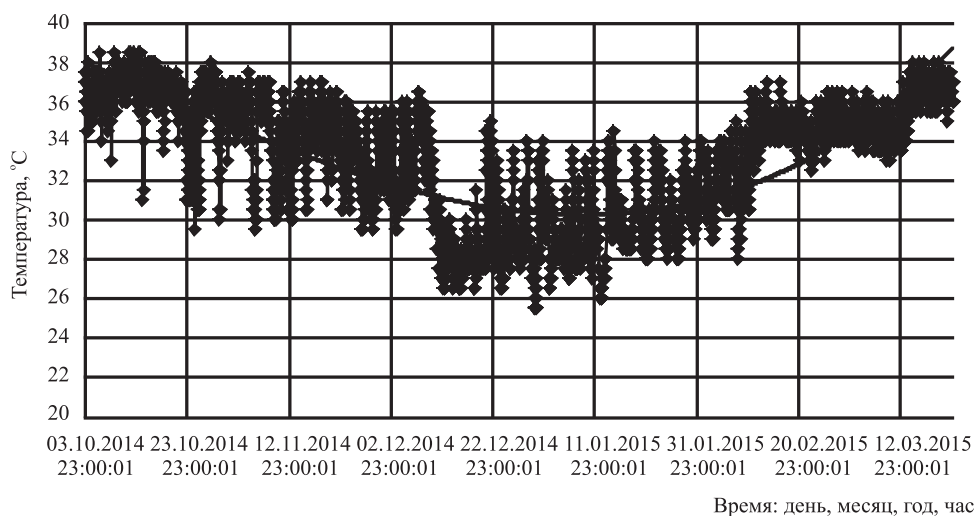


Рис. 1. Динамика температуры тела бурого медведя на протяжении зимней спячки

Fig. 1. Dynamics of a brown bear's body temperature throughout hibernating

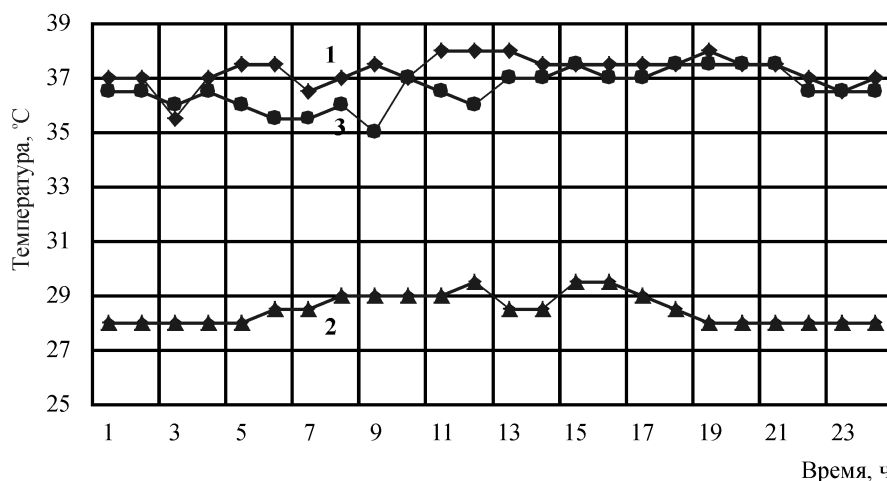


Рис. 2. Усредненная температура тела бурого медведя в течение суток: 1 – 5–15 октября; 2 – 1–10 января; 3 – 10–20 марта

Fig. 2. Average body temperatures at a brown bear within a day: 1 – October 5 through 15; 2 – January 1 through 10; 3 – March 10 through 20

Сердце мелких зимоспящих млекопитающих нормально функционирует при температурах, близких к точке замерзания воды, в то время как снижение температуры тела у человека и крупных животных до  $27^{\circ}\text{C}$  вызывает остановку сердца, связанную с фибрилляцией желудочков, отсутствующей у мелких зимоспящих. У бурого медведя в период зимней спячки «глубинная» температура тела достигает минимума –  $25,5^{\circ}\text{C}$ , это для крупных животных необычайно низкое значение, а средняя температура тела в декабре поддерживается на уровне  $29\text{--}30^{\circ}\text{C}$ . С середины декабря и по февраль температура тела регулярно опускается до  $28^{\circ}\text{C}$  и ниже. Столь значительное снижение температуры в полости тела бурого медведя, по сравнению со снижением температуры тела черного медведя, несомненно, связано с адаптацией к условиям обитания. Можно предположить, что у взрослых, достигших полной видовой массы тела бурых медведей температура тела в спячке может быть еще ниже, т. к. с увеличением размеров и массы тела животных снижается относительный уровень метаболизма, соответственно – и температура тела.

У американского (черного) медведя при температуре тела около  $30^{\circ}\text{C}$  уровень метаболизма составлял 25% от внеспячного уровня. Естественно, что у бурого медведя при более низких температурах тела уровень метаболизма должен снижаться еще сильнее. После завершения сезона зимней спячки животные возвращаются в нормотермное состояние без каких-либо видимых последствий.

Из приведенных материалов следует, что зимовка и спячка бурого медведя в условиях, когда температура внешней среды может опускаться ниже  $-50^{\circ}\text{C}$ , проходит примерно так же, как и у черного

медведя, температурные условия зимовки которого на Аляске несколько мягче, чем у бурого медведя в Якутии. Состояние гипотермии у бурого медведя более выражено, чем у черного. У бурого температура тела, а, следовательно, и метаболизм, в первые месяцы зимовки снижаются и в течение большей части января поддерживаются на постоянно низком уровне, затем начинается повышение.

Исследования выполнены в рамках базового проекта № 0376-2014-0001, тема № 51.1.4, направление № 51 «Экология организмов и сообществ» программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2017 годы».

#### ЛИТЕРАТУРА

- Ануфриев А. И., Охлопков И. М. Зимняя спячка трех видов *Sciuridae* с температурой тела ниже нуля // Экология. – 2015. – № 2. – С. 125–133.
- Ануфриев А. И. Механизмы зимней спячки мелких млекопитающих Якутии. – Новосибирск : СО РАН, 2008. – 158 с.
- Ануфриев А. И., Соломонов Н. Г., Ядрихинский В. Ф. Температура тела барсука (*Meles leucurus*) в период зимней спячки // Наука и образование. – 2016. – № 1. – С. 43–47.
- Ануфриев А. И. Экологические механизмы температурных адаптаций млекопитающих и зимующих птиц Якутии. – Новосибирск : СО РАН, 2013. – 220 с.
- Гаврилова М. К. Климат Центральной Якутии. – Якутск. – 1973. – 118 с.
- Иванов К. П. Современная теория терморегуляции и зимняя спячка // Эволюционные аспекты гипобоза и зимней спячки. – Л. : Наука. – 1986. – С. 49–55.
- Калабухов Н. И. Спячка млекопитающих. – М. : Наука, 1985. – 264 с.
- Слоним А. Д. Термические адаптации и температурная компенсация у гомойотермных животных // Экологическая физиология животных. – Л. : Наука, 1982. – Ч. 3. – С. 41–47.
- Тавровский В. А. и др. Млекопитающие Якутии. – М. : Наука, 1971. – 660 с.

*Barnes B. M.* Freeze avoidance in a mammal: body temperatures below 0°C in an Arctic hibernator // *Science*. – 1989. – Vol. 244. – P. 1593–1595.

*Buck C. L., Barnes B. M.* Effects of ambient temperature on metabolic rate, respiratory quotient, and torpor in an arctic hibernator // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* – 2000. – Vol. 279, No. 1. – P. 255–262.

*Folk E., Larsen A., Folk M.* Physiology of hibernating bears // *In. Proc. 3<sup>rd</sup>. Intern. conf. on bear res. and manag.* – 1974. – P. 375–379.

*Geiser F.* Metabolic rate and body temperature reduction during hibernation and daily torpor // *Annu. Rev. Physiol.* – 2004. – Vol. 66. – P. 239–244.

*Hock R. J.* Seasonal variation in physiologic function of Arctic ground squirrel and black bears // *Bull. Mus. Compar. Zool.* – 1960. – Vol. 124. – P. 155–169.

*Ruf T., Geiser F.* Daily torpor and hibernation in birds and mammals // *Biological Reviews*. – 2015. – Vol. 90. – P. 891–926.

*Tøien Ø., Blake J., Edgar D. M. et al.* Hibernation in Black Bears: Independence of Metabolic Suppression from Body Temperature. – 2011. – Vol. 331. – P. 866–867.

*Поступила в редакцию 13.05.2016 г.*

## **THE BODY TEMPERATURE OF THE BROWN BEAR (*URSUS ARCTOS* L.) DURING HIBERNATION**

*A. I. Anufriev, V. F. Yadrikhinski*

In October, the DS 1922 L-F5 temperature logger was implanted into a young bear's body cavity, between the abdominal muscles and the peritoneum. Within 6 months, 4094 measurements of the «internal» body temperature have been taken. The body temperature gradually declined over the winter period and reached its minimal values in December-January. A gradual increase in the body temperature began in February. The average body temperature was  $30.34 \pm 0.102^\circ\text{C}$  in December and  $29.75 \pm 0.066^\circ\text{C}$  in. The lowest body temperature ( $25.5^\circ\text{C}$ ) was observed, which is unusually low for large animals, but the average body temperature in December is maintained at  $29\text{--}30^\circ\text{C}$ . From mid-December through February, the body temperature of the brown bear regularly drops to  $28^\circ\text{C}$  and below.

**Key words:** Brown bear, wintering, hibernation, Yakutia, body temperature, hypothermia.