

УДК 591.128.4:598.8(571.56)

ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ И УРОВЕНЬ МЕТАБОЛИЗМА У МЕЛКИХ ВОРОБЬИНЫХ ПТИЦ ЯКУТИИ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Ануфриев А. И.¹, Мордосова Н. И.²

¹Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск

E-mail: anufry@ibpc.ysn.ru

²Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова, г. Якутск

E-mail: sparrow_passer@rambler.ru

Проанализированы данные об уровне метаболизма и терморегуляторные реакции у мелких воробьиных птиц в зимний период в диапазоне естественных для г. Якутска температур. Исследования проводили на представителях трех видов: чечетке обыкновенной (*Acanthis flammea* (Linnaeus, 1758)), полевом воробье (*Passer montanus* (Linnaeus, 1758)) и снегире (*Pyrrhula pyrrhula* (Linnaeus, 1758)). У чечетки минимальный уровень метаболизма отмечен при температурах среды 10–20 °С, около 3.0 млО₂/г · ч. При снижении температуры среды от 20 °С до -30 °С потребление кислорода увеличивалось в 2 раза со скоростью 0.06 млО₂/г · ч на 1 °С. У полевого воробья рост метаболизма начинался при снижении температуры до 10 °С и продолжался до температур -25–30 °С. При снижении температуры среды от 20 до -30 °С интенсивность роста уровня метаболизма составляла 0.06 млО₂/г · ч на 1 °С. У снегиря уровень минимального обмена был значительно выше, чем у полевого воробья, в то время как максимальные уровни метаболизма близки по абсолютным значениям. Скорость роста метаболизма у снегиря была в 2 раза ниже, чем у чечетки и воробья.

Ключевые слова: чечетка, полевой воробей, снегирь, потребление кислорода, терморегуляция.

DOI: 10.34078/1814-0998-2022-1-77-81

Хорошо развитая у птиц система терморегуляции обеспечивает высокое постоянство «внутренней среды» организма этих животных и, в известной степени, выводит их из состояния прямой зависимости от температурных условий среды обитания (Шилов, 1968). Изменение теплопродукции у птиц происходит в тесном взаимодействии с экологическими условиями жизни вида и представляет собой одну из форм приспособления к сезонным изменениям факторов среды (Дольник, 1965; Шилов, 1968; Гаврилов, 1972). Для северных видов первостепенное значение имеют адаптивные особенности приспособительного поведения, сокращающие теплотери (Шварц, 1963; Шилов, 1968; Андреев, 1980). Для воробьиных птиц Якутии в зимний период характерны увеличение уровня базального метаболизма, более широкая термонейтральная зона, смещение нижней критической точки в область более низких температур, уменьшение времени активности, изменение суточного ритма активности и способность длительно поддерживать суточный бюджет энергии на уровне 3.4–4.1 базального метаболизма (Находкин, 1988).

В представленном сообщении проанализированы данные об уровне метаболизма и терморегуляторные реакции у мелких воробьиных птиц в зимний период в диапазоне температур, естественных для Центральной Якутии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на следующих видах: обыкновенная чечетка *Acanthis flammea* (Linnaeus, 1758), полевой воробей *Passer montanus* (Linnaeus, 1758) и снегирь *Pyrrhula pyrrhula* (Linnaeus, 1758). Птиц отлавливали в осенне-зимний период ловчими сетями, по 5–10 особей каждого вида, в окрестностях г. Якутска. В период исследований содержали группами в уличных вольерах в окрестностях города. Кормили зерновой смесью (толченые семена подсолнечника, пшено), также птицы охотно выклевывали куриный комбикорм. Корм в вольерах находился постоянно, подновляли в утренние часы. Изучение показателей газообмена у снегиря, полевого воробья и чечетки выполняли с использованием методики «открытой системы» (Ануфриев и др., 2008). Эксперименты проводили в вечерние часы, после наступления темноты. Газовую смесь анализировали с помощью автоматического газоанализатора ПГА-12. Стабилизацию

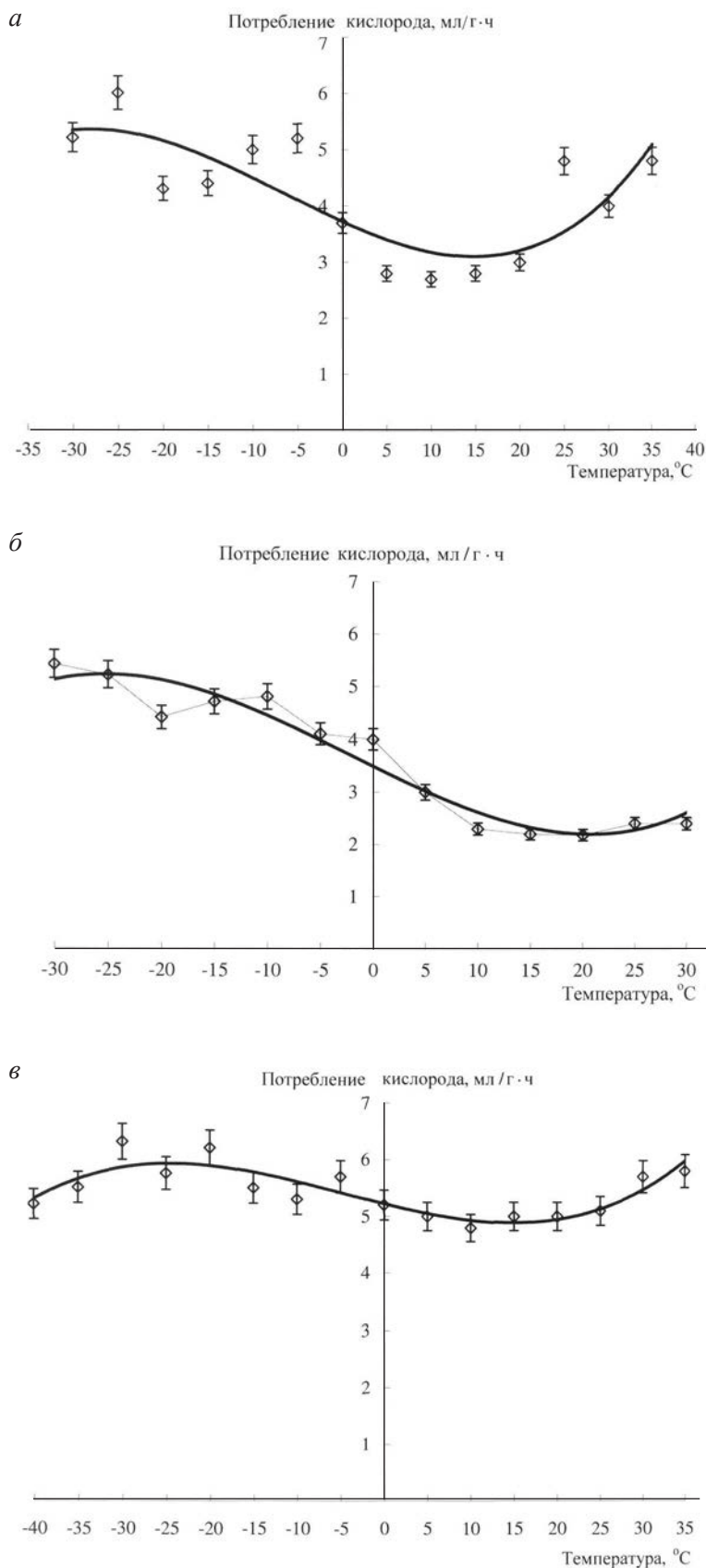


Рисунок. Температурная регуляция потребления кислорода в зимний период у чечетки (а), у полевого воробья (б), у снегиря (в)

Figure. Temperature regulation of oxygen consumption in Common redpoll (a), Eurasian tree sparrow (б), and bullfinch (в) in the winter

температуры внешней среды достигали с применением термостатируемой камеры, которая находилась во время работы на улице и работала на нагрев. Так, при температуре среды на улице -40°C минимальная температура в камере для газообмена была на $3-5^{\circ}\text{C}$ выше, чем на улице. При околонулевых температурах среды получали положительные значения в респираторной камере. Измерение потребления кислорода у птиц в эксперименте проводили с шагом температуры 5°C . Контроль температуры среды осуществляли непосредственно в респираторной камере. При каждой заданной температуре птица находилась в камере не менее 1 ч. Через каждые 10 мин проводили анализ газа из респираторной камеры объемом 4 л. Когда данные анализа газовой смеси не менее 3 раз подряд показывали аналогичный результат, их считали одним измерением.

Расчет полученных данных проводили по программе, разработанной инженером Института, Г. Г. Архиповым. Статистические расчеты выполняли с использованием стандартного пакета программ MsExcel. В сообщении обобщены результаты более 500 измерений потребления кислорода у представителей трех видов птиц в диапазоне температуры среды от $-30-35$ до $20-25^{\circ}\text{C}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Якутия входит в число наиболее холодных регионов России. Годовая амплитуда температуры воздуха превышает 100°C (Гаврилова, 1973). В условиях непродолжительного, менее 90 сут безморозного периода, и в зимние холода, 100 сут и более, температура воздуха поддерживается на уровне -40°C и ниже, животные наиболее ярко демонстрируют генетически заложенный в них адаптационный потенциал.

Исследование терморегуляторных реакций у чечетки в диапазоне от -30 до $30-35^{\circ}\text{C}$ показало выраженный ответ на изменение температуры окружающей среды. Минимальный уровень метаболизма отмечен при температурах среды $5-10^{\circ}\text{C}$, около $3.0\text{ мл/г}\cdot\text{ч}$. При снижении температуры среды до -30°C потребление кислорода увеличивалось почти в 2 раза со скоростью $0.06\text{ мл/г}\cdot\text{ч}$ на 1°C (см. рис., а).

При более низких температурах чечетки начинали двигаться, вероятно, для согревания, потребление кислорода увеличивалось.

Динамика суточных изменений метаболизма у чечетки в зимнее время совпадает с изменениями температуры тела у мелких воробьиных (Мордосова, 2009). Повышенный уровень метаболизма и температуры тела отмечены в утренние и дневные часы с понижением в ночное время. Летом, в диапазоне внешних температур от 15 до 30 °C потребление кислорода у чечеток существенно не менялось (Мордосова, 2009). Имея относительно мелкие размеры и массу тела, чечетка в период зимних холодов демонстрирует сходные с остальными исследованными зимующими видами воробьиных птиц реакции на изменение окружающей температуры, с понижением температуры среды – рост потребления кислорода.

У полевого воробья в зимнее время в эксперименте при температурах выше 10 °C отмечен минимальный уровень метаболизма, потребление кислорода 2.0–2.5 мл/г·ч. При снижении температуры среды до -20–25 °C потребление кислорода увеличивалось более чем в 2 раза (см. рис., б). Рост метаболизма начинался с температуры 10 °C и продолжался до температуры -25–30 °C. Максимальный уровень потребления кислорода у неподвижно сидящей птицы около 5–6 мл/г·ч. При снижении температуры среды от 20 до -30 °C интенсивность роста уровня метаболизма составляла 0.06–0.07 млO₂/г·ч на 1 °C.

У воробья и снегиря максимальные уровни метаболизма при низких температурах близки по абсолютному значению, у снегиря минимальный уровень обмена был значительно выше, чем у полевого воробья. В ночное время (декабрь) у воробьев при температуре среды -20–30 °C уровень метаболизма был относительно стабилен. Увеличение потребления кислорода зарегистрировано лишь в ранние утренние часы, за 1–2 ч до рассвета (Мордосова, 2009). В летнее время у полевого воробья в пределах термонеutralной зоны до 26–29 °C уровень метаболизма изменялся незначительно, далее отмечен рост потребления кислорода (Мордосова, 2009).

Изучение температурной зависимости метаболизма у снегирей показало, что в зимнее время нижняя граница термонеutralной зоны находится в диапазоне температур 5–6 °C, верхняя – выше 25 °C (см. рис., в). При снижении температуры среды до -35 °C потребление кислорода возрастало на 20 % со скоростью 0.02–0.03 млO₂/г·ч на 1 °C. Рост метаболизма у неподвижной птицы происходил до температур -30–35 °C, при более низких температурах происходила либо стабили-

зация роста, либо снижение потребления кислорода. У снегиря в зимний период минимальный обмен был выше, чем у чечетки и воробья, а скорость роста метаболизма при снижении температуры среды ниже, чем у сравниваемых видов.

Как отмечал А. В. Андреев (1980), условия с очень низкими температурами окружающей среды не являются экстремальными для видов птиц, обитающих в холодных регионах. Вместе с тем период зимних холодов с низкой продолжительностью светового дня для зимующих мелких воробьиных птиц – это наиболее напряженная часть годового жизненного цикла. Птицы используют свой адаптационный потенциал, что отражается на экологии, поведении и энергетике видов. Температура тела и уровень обмена веществ варьируют в более широких пределах, чем в безморозный период, возрастают общие энергозатраты. Измерения ректальной температуры тела у зимующих птиц Якутии выполнены Н. А. Находкиным (1988). У снегирей зарегистрирована температура до 36 °C. У чечеток минимальная температура тела была 33.9–35.7 °C. Полевые и домовые воробьи во время ночевки имели температуру тела не ниже 40.2–40.6 °C. Проведенные в последние годы измерения ректальной температуры у зимующих птиц показали, что у снегиря в январе в дневное время при температурах окружающей среды -40–42 °C температура тела изменялась в диапазоне 39.4–41.3 °C, в оптимальной температурной зоне (20 °C) у тех же птиц температура тела изменялась в пределах 41.8–43.9 °C, в среднем была на 1.8 °C выше. У полевого воробья температура тела в зимнее время (декабрь–январь) при температурах внешней среды -40–45 °C изменялась в пределах 38.9–40.7 °C (Мордосова, 2009). Получается, что, несмотря на рост уровня метаболизма у небольших по размерам и массе тела воробьиных птиц, при температурах среды ниже -25–30 °C наблюдаются признаки гипотермии.

В. А. Калдер и И. Р. Кинг (Calder, King, 1974), проанализировав большое количество наблюдений за метаболизмом и температурой тела птиц, пришли к выводу, что у мелких птиц гипотермией следует считать любое, даже кратковременное понижение температуры тела ниже 40.0 ± 1.5 °C. Чем сильнее ограничение в пище и меньше вечерняя масса птиц, тем больше снижение температуры тела при гипотермии (Reinertsen, Haftorn, 1984; Reinertsen, 1985).

Терморегуляционная система организмов мелких птиц при зимних температурах среды находится в напряженном состоянии: метаболизм (химическая терморегуляция) показывает рост в основном до -30 °C. Исследование терморегуляторных реакций у снегиря, чечетки обыкновенной и полевого воробья показало, что, несмотря

на рост метаболизма при снижении температуры среды, во время ночевки температура тела птиц снижается. Существенное значение в выживании мелких птиц в условиях зимних температур Севера приобретает приспособительное поведение: групповые ночевки, использование снежного покрова как убежища от холода, все формы поведения, направленные на сохранение теплового баланса организма.

Работа выполнена в рамках темы Государственного задания ИБПК ЯНЦ СО РАН: «Структура и динамика популяций и сообществ животных холодного региона Северо-Востока России в современных условиях глобального изменения климата и антропогенной трансформации, северных экосистем: факторы, механизмы, адаптации, сохранение». АААА-А17-117020110058-4».

ЛИТЕРАТУРА

- Андреев А. В. Адаптации птиц к зимним условиям Субарктики. Москва : Наука, 1980. 175 с.
- Ануфриев А. И., Мордосова Н. И., Соломонов Н. Г., Исаев А. П. Две стратегии адаптации крупных зимующих птиц Якутии к низким температурам // Вестник ЯГУ. 2008. Т. 5, № 4. С. 10–15.
- Гаврилов В. М. Зависимость метаболизма от поведения мелких воробьиных птиц // Поведение животных. Москва : Наука, 1972. С. 241–243.
- Гаврилова М. К. Климат Центральной Якутии. Якутск, 1973. 118 с.
- Дольник В. Р. Биоэнергетическая адаптация воробьиных птиц к зимовкам в высоких широтах : тезисы докл. совещ. по физиологии птиц. Таллин, 1965. С. 28–29.
- Мордосова Н. И. Экология и биоэнергетика некоторых зимующих видов птиц Якутии : дис. ... канд. биол. наук. Якутск, 2009. 186 с.
- Находкин Н. А. Эколого-физиологические аспекты адаптации зимующих воробьиных птиц Центральной Якутии : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 1988. 18 с.
- Шварц С. С. Пути приспособления наземных позвоночных животных к условиям существования в Субарктике. Ч. 1. Млекопитающие. Свердловск, 1963. Вып. 33. 132 с.
- Шилов И. А. Регуляция теплообмена у птиц. Москва : МГУ, 1968. 251 с.
- Calder W. A., King I. R. Thermal and caloric relations of birds // Avian Biology. New York, London, 1974. Vol. 4. P. 259–413.
- Reinertsen R. E. Hypothermia in northern passerine birds // Living in the cold : International Symposium Materials. California : Stanford University, 1985. P. 123.
- Reinertsen R. E., Haftorn S. The effect of short-time fasting on metabolism and nocturnal hypothermia in the willow tit *Parus montanus* // Journal of Comparative Physiology. 1984. (B). 154. No. 1. P. 432.

Поступила в редакцию 30.09.2021 г.

Поступила после доработки 03.12.2021 г.

THERMOREGULATION AND METABOLIC RATES IN YAKUTIA'S SMALL-SIZE PASSERINES IN THE WINTER

A. I. Anufriev¹, N. I. Mordosova²

¹Institute for Biological Problems of Cryolithozone, SB RAS, Yakutsk

²North-Eastern Federal University in Yakutsk

The data on basal metabolism and thermoregulatory responses in small passerine birds in the winter, in the temperature range natural for Yakutsk, have been analysed. Common redpoll *Acanthis flammea* (Linnaeus, 1758), Eurasian tree sparrow *Passer montanus* (Linnaeus, 1758), and Eurasian bullfinch *Pyrrhula pyrrhula* (Linnaeus, 1758) were researched. In Common redpoll, the minimal metabolism rates (about 3.1 mlO₂/g · h) were reported in ambient temperatures between 10 °C and 20 °C. At temperatures going down from 20 °C to -30 °C, oxygen consumption doubled at a rate of 0.06 mlO₂/g · h per 1 °C. In the Eurasian tree sparrow, the growth of metabolism began at the temperature decreasing to 10°C and continued to temperatures going down to -25 °C – -30 °C. With the ambient temperature from decreasing from -20 °C to -30 °C, the metabolic rate was increasing by 0.06 mlO₂/g · h per 1 °C. The Eurasian bullfinch had a significantly higher level of minimal metabolism than the Eurasian tree sparrow, while the maximum metabolic levels were close in absolute values. The rate of metabolic growth in bullfinch was half as high as in Common redpoll and Eurasian tree sparrow.

Keywords: Common redpoll, Eurasian tree sparrow, Eurasian bullfinch, oxygen consumption, thermoregulation.

REFERENCES

- Andreev, A. V., 1980. Bird Adaptations to the Winter Conditions in Subarctic. Moscow, Nauka [In Russian].
- Anufriev, A. I., Mordosova, N. I., Solomonov, N. G., Isaev, A. P., 2008. Two Strategies for the Adaptation of Large Birds, Wintering in Yakutia, to Low Temperatures, Vestnik YaSU. 5, 4, 10–15 [In Russian].
- Calder, W. A., King, I. R., 1974. Thermal and Caloric Relations of Birds', *Avian Biology*. New York, London. 4, 259–413.
- Gavrilov, V. M., 1972. Metabolism Dependence on the Behavior of Smaller Passerine Birds, *Animal Behavior*. Moscow, Nauka. 241–243 [In Russian].
- Gavrilova, M. K., 1973. Climate in Central Yakutia. Yakutsk [In Russian].
- Dol'nik, V. R., 1965. Passerine Bioenergetic Adaptation to High Latitude Wintering, *Abstracts of the Session on Bird Physiology*. Tallin. 28–29 [In Russian].
- Mordosova, N. I., 2009. Ecology and Bioenergetics of Some Wintering Bird Species in Yakutia. Avtoref. Dis. ... Kandidata Biol. Nauk. Yakutsk [In Russian].
- Nakhodkin, N. A., 1988. Ecological and Physiological Aspects of Adaptation of Wintering Passerines in Central Yakutia. Avtoref. Dis... Kandidata Biol. Nauk. Moscow [In Russian].
- Reinertsen, R. E., 1985. Hypothermia in Northern Passerine Birds. *Living in the Cold. International Symposium Materials*. California, Stanford University. 123.
- Reinertsen, R. E., Haftorn, S., 1984. The Effect of Short-Time Fasting on Metabolism and Nocturnal Hypothermia in the Willow Tit *Parus montanus*, *Journal of Comparative Physiology B*. 154, 1, 432.
- Shilov, I. A., 1968. Heat Exchange Regulation in Birds. Moscow, Lomonosov Moscow State University [In Russian].
- Shvarts, S. S., 1963. Ways of Terrestrial Vertebrates Adaptation to the Subarctic Conditions. Part 1. Mammals. Sverdlovsk. Iss. 3 [In Russian].