

## ПОПЫТКА ОЦЕНКИ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ И СТРУКТУРЫ ГНЕЗДОВЫХ КАМЕР БОЛЬШОГО ПЕСТРОГО ДЯТЛА (*DENDROCOPOS MAJOR*) С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОВИЗОРА

С.А. Симонов, М.В. Матанцева

Институт биологии Карельского научного центра РАН; ул. Пушкинская, 11, г. Петрозаводск, респ. Карелия, 185610, Россия  
Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences; Pushkinskaya Str., 11, Pertozavodsk, 185610, Russia  
✉ С.А. Симонов (S.A. Simonov), e-mail: ssaves@gmail.com

**An attempt to estimate the heat losses and structure of nest chambers of the Great Spotted Woodpecker (*Dendrocopos major*) with a thermal imager.** - S.A. Simonov, M.V. Matantseva. - *Berkut*. 24 (2). 2015. - The present work is based on a relatively new technology in the investigation of the bird biology, thermography and thermal imaging, and aimed at analyzing of heat losses and energy efficiency of cavity nests as well as to assess the possibility of using the thermal imaging equipment in the process of finding nests. Beside that, because the specifics of location of the cavity nests and their potential re-use, often it does not allow obtaining data on the spatial and dimensional characteristics of the nest chambers without the violation of the integrity of the construction. On this account, the additional task was to investigate the possibility of studying the spatial structure of nest chambers of cavity-nesting birds without destroying the trunk of the tree. We developed models of the cavity nests using the serial shots of the surface of the tree trunk with the thermo imager at the stage of feeding the nestlings. A series of infrared images obtained from various angles at a constant distance from the observer to the object covered the entire surface of the trunk in the area of the nest chamber. We have made the thermo pictures of 8 nests; identified and compared the temperature profile performed along the line of the horizontal section of the tree trunk in the middle part of the nest chamber. This temperature profile can be an indicator of the magnitude of heat losses. On the basis of a set of thermo images the theoretical three-dimensional models of the nest chambers were constructed. [Russian].

**Key words:** breeding ecology, thermography, energy efficiency, cavity-nesting birds, nest chamber, finding of nests.

Настоящее исследование основано на сравнительно новой технологии в изучении биологии птиц – термографии и тепловидении – и направлено на анализ характера теплопотерь и энергоэффективности замкнутых долбленных гнезд, а также на оценку возможности использования тепловизионной аппаратуры в процессе поиска гнезд. В качестве исходного материала при построении модели гнездовой камеры использована серийная съемка поверхности ствола дерева тепловизором, произведенная на этапе выкармливания птенцов. Серия инфракрасных изображений, полученных с различных позиций при неизменном расстоянии от наблюдателя до объекта, охватывала всю поверхность ствола в районе гнездовой камеры. Произведена серийная съемка 8 построек; определены и сопоставлены показатели температурного профиля, построенного по линии горизонтального сечения ствола дерева в средней части гнездовой камеры и являющегося показателем величины теплопотерь. На основании совокупности снимков построены теоретические трехмерные модели гнездовой камеры.

**Ключевые слова:** гнездовая экология, термография, энергоэффективность, птицы-дуплогнезники, гнездовая камера, поиск гнезд.

Изучение теплопотерь и энергоэффективности гнездовых построек птиц – явление достаточно новое (Deeming et al., 2012; Mainwaring et al., 2012, 2014a, 2014b). Вероятно, во многом это связано с методическими трудностями подобных исследований. Гнездовые постройки птиц-дуплогнезников занимают особое положение, поскольку подробное исследование пространственной структуры требует вскрытия гнездовой камеры, а спектр стандартных промеров без вскрытия постройки достаточно ограничен. Вскрытие ствола дерева зачастую затруднено, а в ряде случаев недопустимо, поскольку может привести к обрушению несущей конструкции. Тем не менее, параметры гнездовых камер и характер размещения построек описаны достаточно хорошо (Бутьев, Фридман, 2005; Тиунов и др., 2016 и др.). При этом отдельных исследований, посвященных анализу теплоизоляционных характеристик построек большого пестрого дятла (*Dendrocopos major*) с оценкой теплопотерь при помощи современного тепловизионного оборудования, насколько нам известно, до настоящего времени не проводили.

Сравнительно недавно в арсенале технических средств для полевых исследований появились мобильные тепловизоры. Точность определения температурного градиента на термограмме, достигающая десятой доли градуса, открывает широкую перспективу визуализации и поиска животных и их построек в массиве леса. Предыдущие исследования показали, что для открытогнездящихся и наземногнездящихся птиц тепловизионные изображения позволяют, помимо процесса поиска и обнаружения,

фиксировать и проводить сравнительный анализ энергоэффективности построек (Симонов, Матанцева, 2015; Simonov, Matantseva, 2015). Настоящее исследование направлено на анализ возможности использования тепловизионной аппаратуры в качестве инструмента поиска гнездовых камер птиц-дуплогнезников, регистрации распределения тепловых полей по поверхности ствола и оценке перспектив программной обработки тепловизионных изображений.

### Материал и методика

В течение полевого сезона 2015 г. в Карелии на территории Государственного природного заповедника «Костомукшский» (64° 27' N, 30° 17' E) проводили поиск с привлечением тепловизионной аппаратуры и термографическую съемку жилых гнезд большого пестрого дятла. Требования, предъявляемые к гнездам, включали визуальную доступность (высота расположения постройки не более 10 м, отсутствие преград для проведения съемки) и наличие в гнезде птенцов на этапе выкармливания. Соответствие предъявляемым требованиям ограничило итоговое количество материала. В результате всего было снято 8 однотипно расположенных гнезд. Съемку проводили с использованием тепловизора Testo 875i с 4 позиций со смещением 90° в горизонтальной плоскости относительно оси гнезда с целью получения картины распределения тепловых полей по поверхности дерева, в котором птицей выполнена гнездовая камера. Съемку



Основные характеристики температурного профиля, °С

Main characteristics of the temperature profile, °С

Параметр	Гнездо 1	Гнездо 2	Гнездо 3	Гнездо 4	Гнездо 5	Гнездо 6	Гнездо 7	Гнездо 8
Среднее	1,56	0,73	2,49	2,04	1,85	0,61	2,55	2,70
Медиана	1,5	0,7	2,3	1,8	1,9	0,7	2,6	1,35
Мода	1,4	0,3	2,2	1,5	1,9	0,8	1,6	0,7
Стандартное отклонение	0,60	0,50	0,60	0,73	0,19	0,30	0,95	3,23
Интервал	2,9	1,7	2,3	2,3	0,9	1,4	3	9,8
Минимум	0	0	1,5	1,1	1,3	0	1,3	0
Максимум	2,9	1,7	3,8	3,4	2,2	1,1	4,3	8,8
Число измерений	108	88	51	76	109	112	43	38

каждого гнезда проводили с фиксированного и равного расстояния от ствола дерева до объективов тепловизора.

На этапе камеральной обработки полученных инфракрасных изображений проводили анализ распределения тепловых полей и закладывали температурный профиль в виде горизонтальной линии на фиксированной высоте, проходящей по центру гнездовой камеры. По итогам анализа четырех снимков формировали замкнутый температурный профиль, охватывающий ствол в виде непрерывной линии по центру гнездовой камеры, а также формировали цельное тепловое изображение ствола дерева и дупла. На основе теплового изображения принята попытка виртуальной реконструкции гнездовой камеры в среде Meshmixer © Autodesk, а показатели температурного профиля использованы при проведении анализа теплопотерь в обследованных гнездах. Итоговое число точек каждого температурного профиля варьировало в зависимости от высоты расположения постройки относительно наблюдателя и толщины ствола дерева в месте расположения гнездовой камеры от 38 до 112. В качестве показателя теплопотерь по итогам анализа распределения тепловых полей был выбран температурный профиль, построенный в горизонтальной плоскости, проходящей через центр гнездовой камеры. Этот показатель охватывает всю постройку в целом и позволяет точно суммировать данные нескольких измерений.

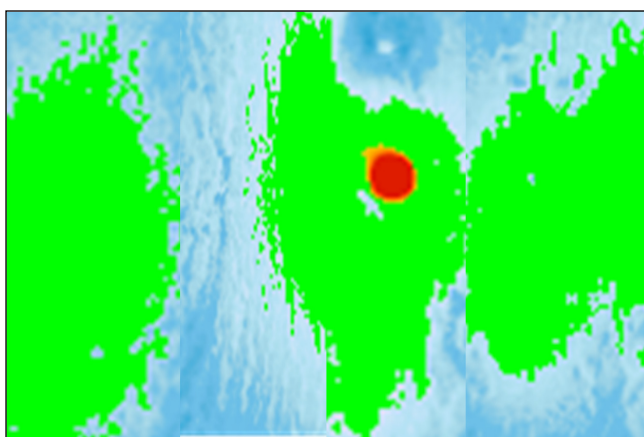


Рис. 1. Склеенная из нескольких изображений развернутая термограмма поверхности ствола дерева в месте расположения гнездовой камеры.

Fig. 1. Combined thermogram of surface of the tree trunk in the area of the nest chamber.

Перед проведением сравнительного анализа фиксировали минимальную температуру поверхности дерева ниже гнездовой камеры, далее использовали этот параметр для расчета прироста температуры в результате деятельности птицы в каждой отдельной точке температурного профиля.

Для оценки эффекта влияния условий окружающей среды, определяющих фоновую температуру поверхности ствола дерева вне гнездовой камеры, на результаты измерений проводили регистрацию метеорологических параметров с применением цифрового комплексного измерительного прибора Testo 410-2, оценивающего скорость ветра, температуру и относительную влажность воздуха с точностью 0,1 м/с, 0,1°C, 0,1% гН, соответственно.

### Результаты и обсуждение

Показатели горизонтального температурного профиля варьировали в достаточно широких пределах (табл.). При этом температурный максимум во всех гнездах менялся в пределах от 1,1 °С до 8,8 °С, что позволяло без осложнений обнаружить гнездовую камеру на стволе с расстояния, составляющего в среднем 10 метров от наблюдателя до основания ствола.

В некоторых случаях характер распределения тепловых полей и особенности размещения гнездовой камеры позволили провести детальную съемку всей поверхности ствола (рис. 1). На основе этих данных произведено теоретическое построение модели гнездовой камеры без разрушения постройки (рис. 2). Однако для окончательных выводов о возможности применения термографических изображений при трехмерных построениях гнездовой камеры необходимо проведение дальнейших детальных исследований, включающих вскрытие и подробное измерение внутреннего пространства дупла. Настоящее исследование исключало такую возможность ввиду охранного статуса территории и на данный момент такая задача не ставилась.

Относительные показатели прироста температуры на линии температурного профиля составили  $13,4 \pm 6,5\%$ . Сопоставление показателей температурного профиля с данными минимальной температуры ствола дерева, измеренной на термограмме с применением отдельной функции, не позволили выявить определенных связей между температурой окружающего воздуха, температурой поверхности дерева за пределами гнездовой камеры и приростом температуры, регистрируемым на поверхности



дерева вокруг гнездовой камеры (ранговая корреляция Спирмена, во всех случаях  $p > 0,05$ ).

Значительный разброс показателей прироста температуры на линии температурного профиля свидетельствует о высокой степени индивидуальности характера теплопотерь в гнездовых постройках разных представителей вида. Это может быть результатом различий в толщине стенок, геометрии гнездовой камеры и особенностей субстрата. Кроме того, неоднородность показателей может быть результатом различий в возрасте птенцов. На данный момент особенности работы на охраняемой территории не позволили оценить практическое значение перечисленных факторов. При этом отсутствие связи между показателями прироста температуры в результате жизнедеятельности птенцов и температурой поверхности ствола за пределами гнездовой камеры и температурой воздуха может свидетельствовать о том, что характер теплопотерь – величина динамическая, отражающая текущее состояние активности животных в гнезде. Это также может свидетельствовать в пользу возможности использования показателя температурного профиля при оценке теплопотерь в гнездах дуплогнездников, поскольку распределение тепловых полей по поверхности ствола относительно равномерно.

### Заключение

Результаты предварительного исследования теплопотерь в гнездах большого пестрого дятла позволили установить, что характер распределения тепловых полей по поверхности ствола относительно однородный. Оптимальным показателем для проведения сравнительного анализа теплопотерь может служить температурный профиль, заложенный в горизонтальной плоскости, проходящей через середину гнездовой камеры.

Границы гнездовой камеры на термограмме отчетливо видны. В некоторых случаях серия инфракрасных снимков позволяет построить ее предположительную трехмерную модель без вскрытия ствола дерева. При этом оценка применимости термографии для подобных построений требует проведения отдельных исследований, включающих вскрытие дупел, что было недопустимо в рамках настоящей работы. На данном этапе показано, что тепловизор позволяет в считанные секунды локализовать гнездовую камеру, а также получить данные для сравнительного анализа теплопотерь в гнездах.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность руководству и сотрудникам Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный заповедник «Костомукшский» за возможность проведения исследований на охраняемой территории и всестороннюю поддержку при организации и осуществлении полевых исследований, руководству и сотрудникам Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук» за содействие на всех этапах проведения исследований. Работа выполнена по гранту Президента РФ по государ-

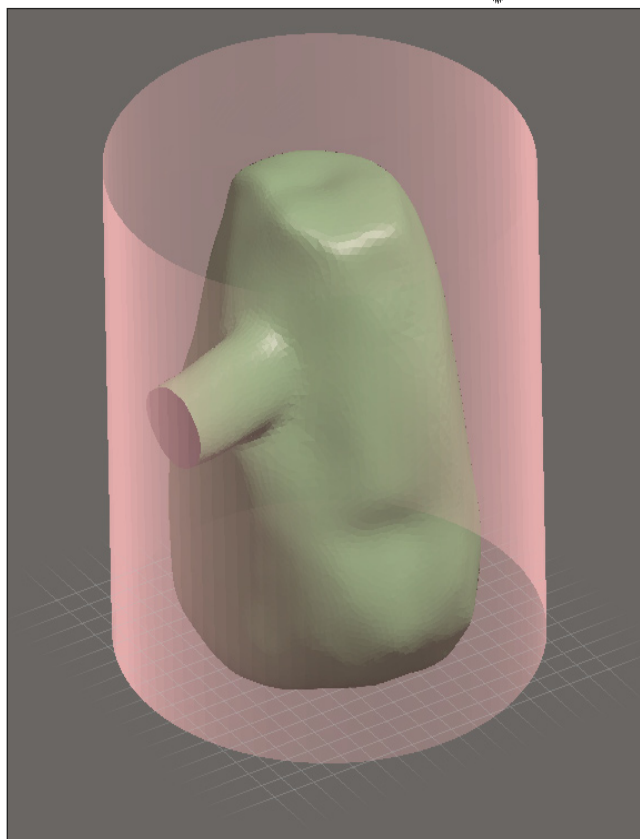


Рис. 2. Теоретическая трехмерная модель гнездовой камеры, построенная на основе данных термограмм в среде Meshmixer © Autodesk.

Fig. 2. Theoretical 3D model of the nest chamber made on the basis of a set of thermo images in Meshmixer © Autodesk.

ственной поддержке молодых российских ученых – кандидатов наук (проект № МК-3599.2015.4).

### ЛИТЕРАТУРА

- Бутьев В.Т., Фридман В.С. (2005): Большой пестрый дятел *Dendrocopos major* (Linnaeus, 1758). - Птицы России и сопредельных регионов. Москва: КМК. 328-353.
- Симонов С.А., Матанцева М.В. (2015): Анализ теплоизоляционных качеств гнезд птиц с использованием тепловизионной аппаратуры. - Современные проблемы науки и образования. 5. URL: <http://www.science-education.ru/128-22166>.
- Тиунов И.М., Бурковский О.А., Сотников В.Н., Глушенко Ю.Н. (2016): Особенности размещения гнездовых дупел большого пестрого дятла *Dendrocopos major* в условиях Юго-Западного Приморья. - Рус. орн. журн. 25 (1267): 1105-1109.
- Deeming D.C., Mainwaring M.C., Hartley I.R., Reynolds S.J. (2012): Local temperature and not latitude determines the design of Blue Tit and Great Tit nests. - Avian Biology Research. 5 (4): 203-208.
- Mainwaring M.C., Deeming D.C., Jones C.I., Hartley I.R. (2014a): Adaptive latitudinal variation in Common Blackbird *Turdus merula* nest characteristics. - Ecology and Evolution. 4 (6): 851-861.
- Mainwaring M.C., Hartley I.R., Bearhop S., Brulez K., du Feu C.R., Murphy G., Plummer K.E., Webber S.L., Reynolds S.J., Deeming D.C. (2012): Latitudinal variation in blue tit and great tit nest characteristics indicates environmental adjustment. - J. Biogeogr. 39 (9): 1669-1677.
- Mainwaring M.C., Hartley I.R., Lambrechts M.M., Deeming D.C. (2014b): The design and function of birds' nests. - Ecology and Evolution. 20 (4): 3909-3928.
- Simonov S.A., Matantseva M.V. (2015): The study of thermal insulation in bird nests: justification of used parameters. - Science Almanac. 9 (11): 1051-1055.