

УДК 591.134.5:599.426

## Применение индекса упитанности в изучении экологии рукокрылых (Mammalia, Chiroptera)

Д.А. Васеньков, М.А. Потапов

Рассматривается простая методика оценки физического состояния животных в приложении к рукокрылым. Методика основана на определении соотношения между весом тела и показателем объема тела (кубом длины предплечья). Индекс упитанности представляет собой отношение реального веса тела к ожидаемому (базовому). Проиллюстрировано применение этого индекса в анализе состояния популяций *Myotis brandtii* и *M. daubentonii*. Приводятся коэффициенты регрессии для расчета индекса упитанности для большинства видов летучих мышей, обитающих на юго-востоке Западной Сибири.

Ключевые слова: рукокрылые, индекс упитанности, биоиндикация.

### ВВЕДЕНИЕ

Для оценки общего состояния организма используется индекс упитанности, или индекс состояния тела (*body condition index, BCI*). В простейшем случае он определяется как отношение веса животного к какому-либо показателю линейных размеров тела – у летучих мышей это длина предплечья (Speakman, Racey 1986).

Стремление нивелировать зависимость индекса от линейных размеров привело исследователей к следующему, пожалуй, наиболее популярному варианту расчета: индекс упитанности считается равным разнице (*residual*) между реальным весом тела животного и теоретическим, вычисленным из регрессии массы тела на линейный промер (Torkild et al. 1998; Flynn 2000; Godfrey, Bryant 2000; Merilä et al. 2001; Tourenq et al. 2001; Barbraud et al. 2003; Geslin et al. 2004; Schlaepfer 2006). Иногда вес и линейные размеры тела предварительно переводят в логарифмы (Aubret et al. 2002; Willemsen, Hailey 2002). Индексы, вычисляемые подобным образом, не совсем корректно отражают упитанность животных – прежде всего из-за исходного предположения о линейном увеличении веса по мере увеличения размеров тела (Green 2001).

Некоторые исследователи при вычислении индексов состояния тела опираются на формулу, предложенную в середине XX века (Le Cren 1951):  $W=b \times L^n$ , где  $W$  – вес тела,  $L$  – показатель линейных размеров тела,  $b$  – некая константа,  $n$  – показатель степени, подбираемый исследователями эмпирическим путем. На наш взгляд, подбор показателя степени  $n$  для каждого ви-

да животных затрудняет сравнение индексов упитанности между разными видами.

Более разумно основываться на пропорциональности веса животного объему его тела. Индекс, или коэффициент, упитанности, рассчитанный как отношение массы к показателю объема, т.е. кубу линейного промера, был использован еще в первой половине XX века при анализе состояния популяций песцов (Перелешин 1943). Аналогичные исследования проделаны на нутриях (Willner et al. 1979), енотах (Hungerford et al. 1999), куропатках (Alvarez et al. 2006) и черепахах (Bjorndal et al. 2000; Seminoff et al. 2003; Work et al. 2005).

К сожалению, при изучении рукокрылых продолжается применение самого простого и при этом не самого корректного показателя упитанности как отношения веса тела к длине предплечья (Kokurewicz, Bartmanska 1992; Herr 1998; Duvergé et al. 2000; Kokurewicz 2004; Zahn, Rupp 2004; Lučan 2006).

Мы предлагаем модифицированный индекс состояния тела, который был опробован нами на летучих мышах юго-востока Западной Сибири.

Ниже приведены данные для самцов *Myotis brandtii* (Eversmann, 1845) из летних местообитаний и зимующих особей *M. daubentonii* (Kuhl, 1817). Следует попутно заметить, что таксономический статус "водяной ночницы", обитающей на Алтае и прилегающих территориях, спорен и, вероятно, ее следует относить к *M. petax* Hollister, 1912 (Matveev et al. 2005; Павлинов 2006). Однако в данной работе мы употребляем прежнее название.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Точки взятия морфометрического материала для анализа представлены на рис. 1.

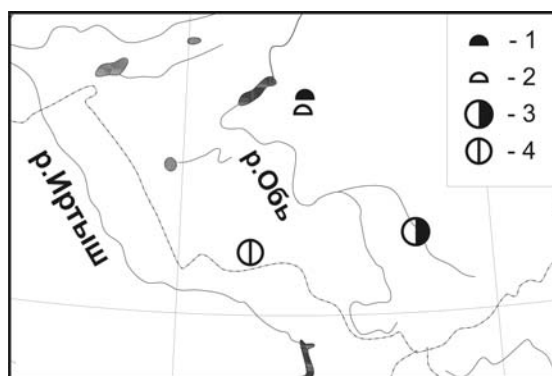
Ночниц Брандта отлавливали в июле 2004 и 2005 гг. на северо-западном (Тигирекский заповедник) и северо-восточном (окрестности Телецкого озера) Алтае. Отлов производили паутинными сетями (5×12 м с ячейей 2 см) на путях пролета и/или охоты рукокрылых над небольшими реками.

Состояние зимующих водяных ночниц из наиболее крупных в Западной Сибири зимовочных колоний, расположенных в Верх-Икской и Барсуковской пещерах (Томиленко 2002), исследовано в 2004–2006 гг.

У отловленных зверьков определяли пол, измеряли массу тела и длину предплечья. При летних исследованиях, для исключения ошибки измерения веса тела за счет разного содержимого пищеварительного тракта, животных перед взвешиванием передерживали 12–18 часов в затененном прохладном месте (Webb et al. 1993, 1994). После проведения измерений летучих мышей выпускали в местах поимки.

По результатам измерения веса тела и длины предплечья рассчитывали индекс упитанности *BCI* (*body condition index*) как отношение наблюдаемого веса тела  $W$  (г) к ожидаемому  $W_0$ :  $BCI = W/W_0$ . Ожидаемый (базовый) вес тела  $W_0$  рассчитывали исходя из пропорциональности веса тела показателю

объема, т.е. длине предплечья  $R$  (см), возведенной в куб:  $W_0 = b \times R^3$ , где  $b$  – коэффициент регрессии (с размерностью  $г/см^3$ ).



**Рис. 1.** Места сбора рукокрылых на юго-востоке Западной Сибири. Зимние отловы (предгорья Салаирского кряжа): 1 – Верх-Икская пещера, 2 – Барсуковская пещера. Летние отловы: 3 – окрестности Телецкого озера (северо-восточный Алтай), 4 – Тигирекский заповедник (северо-западный Алтай).

**Fig. 1.** Capture localities of bats in the south-east of Western Siberia. Winter localities (foothills of Salair Ridge): 1 – Verkh-Iki cave, 2 – Barsukovskaya cave. Summer localities: 3 – vicinity of the Teletskoe Lake (north-east Altai), 4 – Tigiretsky Reserve (north-west Altai).

Коэффициент  $b$  для разных видов определяли по выборкам взрослых самцов в июне–июле. В это время вес тела у них наиболее стабилен: они не тратят, в отличие от самок, энергию на размножение и еще не начинают накапливать жир в преддверии зимовки (Encarnação et al. 2004, 2006).

Статистический анализ проводили с использованием непараметрического теста Манна–Уитни и  $t$ -критерия Стьюдента. На всех графиках средних значений признака в виде погрешности показана ошибка среднего.

**Пример расчета индекса упитанности:** самец *M. daubentonii*,  $W = 7.4$  г,  $R = 3.85$  см. Для этого вида  $b = 0.12$  (табл. 1), отсюда ожидаемый вес тела будет  $W_0 = 0.12 \times (3.85)^3 \approx 6.9$  г. Тогда  $BCI = 7.4/6.9 \approx 1.07$ . Значит, упитанность данной особи на 7% превышает базовый уровень.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Коэффициенты регрессии  $b$ , необходимые для расчета индекса упитанности, определены нами для 10 видов летучих мышей, обитающих на юго-востоке Западной Сибири (табл. 1). Так как разные виды в разной степени были представлены в наших отловах, то значения коэффициента  $b$  для малочисленных требуют уточнения.

Таблица 1. Коэффициенты регрессии  $b$  (г/см<sup>3</sup>) для расчета индекса упитанности.  
 Table 1. Coefficients of regression  $b$  (g/cm<sup>3</sup>) for calculation of body condition index.

Вид / Species	$b$	n
<i>Myotis daubentonii</i>	0.14	375
<i>Myotis brandtii</i>	0.12	65
<i>Vespertilio murinus</i>	0.14	48
<i>Myotis dasycneme</i>	0.14	22
<i>Myotis ikonnikovi</i>	0.15	18
<i>Myotis frater</i>	0.12	14
<i>Plecotus auritus</i>	0.12	14
<i>Eptesicus nilssonii</i>	0.15	12
<i>Myotis blythii</i>	0.14	7
<i>Murina leucogaster</i>	0.18	4

Полученные летом данные для ночницы Брандта с северо-восточного и северо-западного Алтая показывают, что линейные размеры самцов различаются незначительно (рис. 2) и небольшой объем выборок не позволяет говорить о достоверных различиях. Тем не менее суммарный эффект несколько меньших линейных размеров на фоне большего веса тела проявляется в виде большей упитанности зверьков с северо-западного Алтая, что отражается в достоверных отличиях по *BCI*. Поэтому можно предполагать, что условия на северо-западе Алтая больше соответствуют экологическим требованиям рукокрылых, чем на северо-востоке.

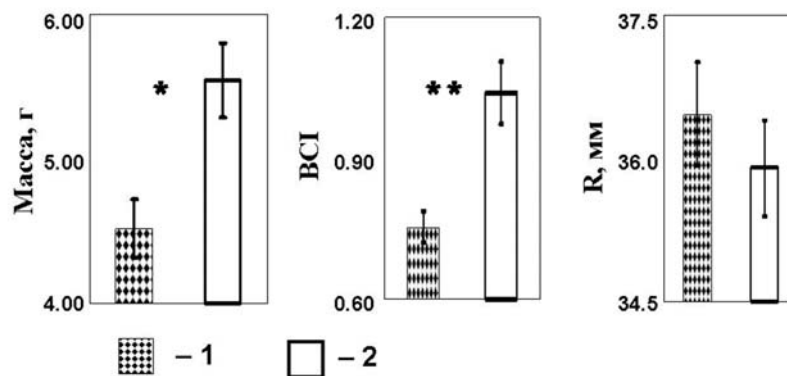
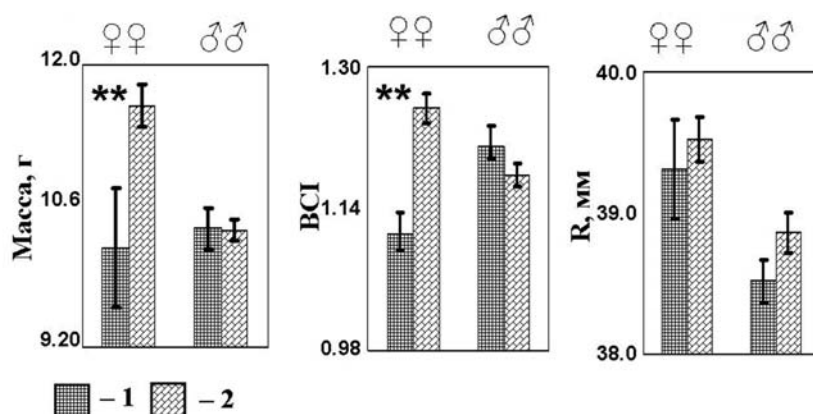


Рис. 2. Параметры самцов ночницы Брандта: 1 – с северо-восточного (n=13) и 2 – северо-западного (n=9) Алтая. \* –  $p < 0.05$ ; \*\* –  $p < 0.01$ .

Fig. 2. Measurements of male *Myotis brandtii*: 1 – from north-east Altai (n=13) and 2 – from north-west Altai (n=9). \* –  $p < 0.05$ ; \*\* –  $p < 0.01$ .

В начале зимовочного периода (октябрь) для самцов водяной ночницы Барсуковской и Верх-Икской пещер в предгорьях Салаирского кряжа не выявлено различий по весу тела и линейным размерам (рис. 3). Соответственно и индекс упитанности у них не различается. Однако у самок при близких значениях линейных размеров больший вес тела отмечен в Верх-Икской пещере. В результате упитанность самок из этой пещеры достоверно выше.



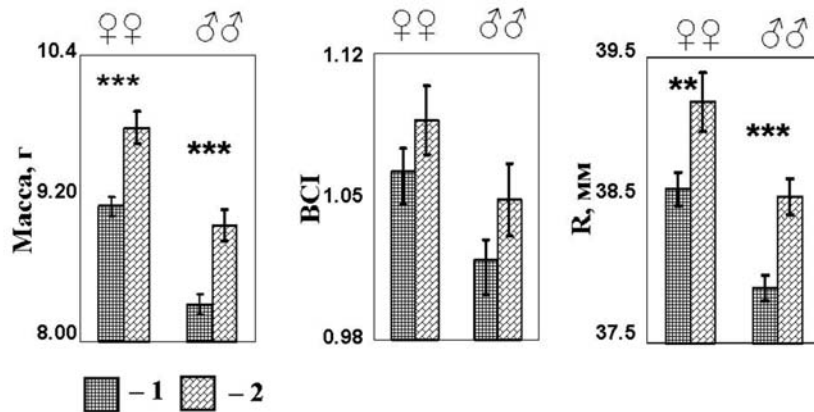
**Рис. 3. Параметры водяной ночницы в начале зимовки (октябрь): 1 – из Барсуковской (♂♂ n=25, ♀♀ n=8) и 2 – Верх-Икской (♂♂ n=47, ♀♀ n=24) пещер. \*\* –  $p < 0.01$ .**

**Fig. 3. Measurements of *Myotis daubentonii* at the beginning of hibernation (October): 1 – from Barsukovskaya cave (♂♂ n=25, ♀♀ n=8) and 2 – from Verkh-Iki cave (♂♂ n=47, ♀♀ n=24). \*\* –  $p < 0.01$ .**

В конце зимовки (начало апреля), исследованные водяные ночницы из Верх-Икской пещеры имели достоверно больший вес тела, чем животные из Барсуковской пещеры (рис. 4). Сравнение индексов упитанности не показало достоверных различий между популяциями водяной ночницы из разных мест. Как видно из графиков, больший вес животных в Верх-Икской пещере соответствует и их большему линейному размеру. То есть упитанность водяных ночниц в сравниваемых пещерах в весенний период не различается, несмотря на разницу в весе тела. Иными словами, различия в среднем весе животных обусловлены не их лучшим или худшим физическим состоянием, а разницей их линейных размеров в проанализированных выборках.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения упитанности летучих мышей длина тела в качестве линейного показателя размеров не годится: слишком велики должны быть выборки для компенсации значительной ошибки измерения, вызываемой



**Рис. 4.** Параметры водяной ночницы в конце зимовки (апрель): 1 – из Барсуковской (♂♂ n=79, ♀♀ n=66) и 2 – Верх-Икской (♂♂ n=37, ♀♀ n=32) пещер. \*\* –  $p < 0.01$ ; \*\*\* –  $p < 0.001$ .

**Fig. 4.** Measurements of *Myotis daubentonii* at the end of hibernation (April): 1 – from Barsukovskaya cave (♂♂ n=79, ♀♀ n=66) and 2 – from Verkh-Iki cave (♂♂ n=37, ♀♀ n=32). \*\* –  $p < 0.01$ ; \*\*\* –  $p < 0.001$ .

эластичными сочленениями позвонков (Green 2001). Традиционное использование длины предплечья как показателя размеров тела рукокрылых существенно снижает ошибку измерения и, следовательно, не требует больших выборок.

На весе тела, также используемом для расчета индекса упитанности, сказывается не только масса органов и тканей животного, но и наполненность его пищеварительного тракта (Schulte-Hostedde et al. 2001; Encarnaçao et al. 2004). Питающиеся насекомыми рукокрылые умеренных широт способны поглощать большие объемы пищи относительно собственного веса (Geiger 1992; Hargje 1994; Encarnaçao et al. 2004). Взвешивание животных непосредственно после отлова в ночные часы кормежки искажает "истинный" вес тела и сильно затрудняет сопоставление данных, полученных разными исследователями. Проще всего нивелировать данный эффект можно, взвешивая животных с минимально наполненным пищеварительным трактом. Переваривание пищи у летучих мышей осуществляется достаточно быстро (Kovtun, Zhukova 1994). У бурого ушана (*Plecotus auritus*) через 4 часа после приема пищи выделяется 50% экскрементов, а через 12 часов – 95% (Webb et al. 1993), т.е. остается менее 5% остатков пищи. Учитывая физиологическое сходство рукокрылых умеренной зоны, которые все являются энтомофагами, можно предполагать близкие скорости переваривания ими пищи и выделения непереваренных остатков. Выделение поглощенной воды происходит похожим образом, преимущественно вскоре после пита-

ния: в первый час выделяется 46% мочи у водяной нощницы и 20% – у бурого ушана (Webb et al. 1994).

Таким образом, свести к минимуму ошибку измерения веса тела за счет содержимого пищеварительного тракта можно взвешиванием животных не менее чем через 12 часов после последнего кормления. Передерживать животных лучше в прохладном влажном месте с низким уровнем беспокойства, чтобы минимизировать потери массы тела, связанные с испарением воды (Webb et al. 1995) и стрессом.

Ограничения в применении предлагаемого индекса упитанности включают оценку упитанности самок на последних стадиях беременности, когда значительную часть веса тела составляет вес плода.

Предложенный индекс упитанности относится к прижизненным методам и позволяет оценивать состояние популяций летучих мышей в полевых условиях без привлечения специального оборудования. С его помощью можно анализировать обширный материал, собранный разными исследователями при соблюдении корректной методики измерения веса тела (минимальная наполненность пищеварительного тракта, отсутствие беременности у самок). Описанный индекс упитанности лишен искажений, связанных с нелинейной зависимостью между линейными промерами и весом тела.

Исследователям рукокрылых из разных регионов необходимо выработать единую систему коэффициентов регрессии  $b$  (см. табл. 1) для расчета индекса упитанности. Это позволит унифицировать данные для каждого вида рукокрылых в пределах его ареала и получать сопоставимые результаты.

К положительным сторонам предлагаемого варианта расчета индекса упитанности относится также стандартизация его значений относительно базового уровня, принимаемого как  $BCI = 1$ . Такая стандартизация открывает широкие возможности для сравнения как на популяционном, так и на межвидовом уровне. Отклонения индекса упитанности особей или их групп от базового значения, выражаемые в долях единицы (или, если угодно, в процентах), оказываются унифицированными, легко воспринимаются и имеют несомненную содержательность. Это выгодно отличает их от отклонений (*residuals*), выражаемых в условных единицах, варьирующих в зависимости от видовой специфики объектов, подбора формы зависимости между исходными параметрами и т.д.

Следовательно, можно использовать  $BCI$  для целей "биоиндикации" в смысле оценки состояния популяций по упитанности животных, населяющих определенные территории. Упитанность животных будет отражать результат воздействия на них местных экологических условий (кормовых, микроклиматических и проч.).

Предлагаемый индекс упитанности является доступным и удобным инструментом анализа с большими возможностями применения в работах по широкому кругу вопросов биологии рукокрылых и других животных.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем благодарность к.б.н. С.А. Абрамову за ценные советы при обработке графических изображений, к.б.н. Р.Ю. Дудко за возможность использовать составленную им карту, а также всем, оказавшим посильную помощь при сборе полевого материала.

Исследования выполнены при поддержке грантов РФФИ 05-04-49257, Президента РФ НШ-1038.2006.4, программ №№ 11.10 и 18.12 Президиума РАН.

## ЛИТЕРАТУРА

- Павлинов И.Я. 2006. Систематика современных млекопитающих (2-е изд.). – В кн.: Сб. тр. Зоол. музея МГУ. Том XLVII. М., изд-во МГУ: 1–297.
- Перелешин С.Д. 1943. Зимнее питание песка в Ямальском округе. – Зоол. журн. **22** (5): 299–313.
- Томиленко А.А. 2002. Зимовка рукокрылых (Vespertilionidae) в Новосибирской области. – *Plecotus et al., pars spec.*: 99–106.
- Alvarez F., Sanchez C., Angulo S. 2006. Relationships between tail-flicking, morphology, and body condition in Moorhens. – *J. Field Ornithology* **77**(1): 1–6.
- Aubret F., Bonnet X., Shine R., Lourdais O. 2002. Fat is sexy for females but not males: the influence of body reserves on reproduction in snakes (*Vipera aspis*). – *Hormones and Behavior* **42**: 135–147.
- Barbraud C., Johnson A.R., Bertault G. 2003. Phenotypic correlates of post-fledging dispersal in a population of greater flamingos: the importance of body condition. – *J. Animal Ecology* **72**: 246–257.
- Bjorndal K.A., Bolten A.B., Chaloupka M.Y. 2000. Green turtle somatic growth model: evidence for density dependence. – *Ecological Applications* **10**(1): 269–282.
- Duvergé P.L., Jones G., Rydell J., Ransome R.D. 2000. Functional significance of emergence timing in bats. – *Ecography* **23**: 32–40.
- Encarnação J.A., Dietz M., Kierdorf U., Wolters V. 2004. Body mass changes in male Daubenton's bats *Myotis daubentonii* (Chiroptera, Vespertilionidae) during the seasonal activity period. – *Mammalia* **68**(4): 291–297.
- Encarnação J.A., Kierdorf U., Wolters V. 2006. Effects of age and season on body mass and reproductive condition in male Daubenton's bats (*Myotis daubentonii*). – *Veterinarski Arhiv* **76**: 239–249.
- Flynn R. W. 2000. Ecology of martens in Southeast Alaska. Alaska Dep. Fish and Game. Fed Aid in Wildl Rest. Prog Rep. Grant W-27-3. Study 7.16. Juneau, 14 pp.
- Geiger H. 1992. Untersuchungen zur Populationsdichte der Wasserfledermaus (*Myotis daubentoni* Kuhl, 1819) im mittelfränkischen Teichgebiet. Diploma Thesis, Universität Erlangen (цит. по: Encarnação et al. 2004).
- Geslin T., Chastel O., Eybert M.-C. 2004. Sex-specific patterns in body condition and testosterone level changes in a territorial migratory bird: the Bluethroat *Luscinia svecica*. – *Ibis* **146**(4): 632–641.
- Godfrey J.D., Bryant D.M. 2000. State-dependent behaviour and energy expenditure: an experimental study of European robins on winter territories. – *J. Animal Ecology* **69**: 301–313.
- Green A.J. 2001. Mass/length residuals: measures of body condition or generators of spurious results? – *Ecology* **82**(5): 1473–1483.



- Harrje C. 1994. Zur ökologischen Bedeutung von Stollenquartieren für Wasserfledermäuse (*Myotis daubentonii*, Kuhl 1819), eine Studie zur ganzjährigen Aktivität am Winterquartier. Diploma Thesis, Universität Kiel (цит. по: Encarnaçao et al. 2004).
- Herr A. 1998. Aspects of the ecology of insectivorous forest-dwelling bats (Microchiroptera) in the western slopes of the Australian alps. Thesis submitted to Charles Sturt University for the degree of Doctor of Philosophy, 251 pp.
- Hungerford L.L., Mitchell M.A., Nixon C.M. et al. 1999. Periodontal and dental lesions in raccoons from a farming and a recreational area in Illinois. – J. Wildlife Diseases **35(4)**: 728–734.
- Kokurewicz T. 2004. Sex and age related habitat selection and mass dynamics of Daubenton's bats *Myotis daubentonii* (Kuhl, 1817) hibernating in natural conditions. – Acta Chiropterologica **6(1)**: 121–144.
- Kokurewicz T., Bartmanska J. 1992. Early sexual maturity in male Daubenton's bats (*Myotis daubentonii* (Kuhl, 1819) (Chiroptera: Vespertilionidae): field observations and histological studies on the genitalia. – Myotis **30**: 95–107.
- Kovtun M.F., Zhukova N.F. 1994. Feeding and digestion intensity in Chiropterans of different trophic groups. – Folia Zoologica **43(3)**: 377.
- Le Cren E.D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). – J. Animal Ecology **20**: 201–219.
- Lučan R.K. 2006. Relationships between the parasitic mite *Spinturnix andegavinus* (Acari: Spinturnicidae) and its bat host, *Myotis daubentonii* (Chiroptera: Vespertilionidae): seasonal, sex- and age-related variation in infestation and possible impact of the parasite on the host condition and roosting behaviour. – Folia Parasitologica **53**: 147–152.
- Matveev V.A., Kruskop S.V., Kramerov D.A. 2005. Revalidation of *Myotis petax* Hollister, 1912 and its new status in connection with *M. daubentonii* (Kuhl, 1817) (Vespertilionidae, Chiroptera). – Acta Chiropterologica **7(1)**: 23–37.
- Merilä J., Kruuk L.E.B., Sheldon B.C. 2001. Natural selection on the genetical component of variance in body condition in a wild bird population. – J. Evolution Biology **14**: 918–929.
- Schlaepfer M.A. 2006. Growth rates and body condition in *Norops polylepis* (Polychrotidae) vary with respect to sex but not mite load. – Biotropica **38(3)**: 414–418.
- Schulte-Hostedde A.I., Millar J.S., Hickling G.J. 2001. Evaluating body condition in small mammals. – Canadian J. Zoology **79**: 1021–1029.
- Schulte-Hostedde A.I., Zinner B., Millar J.S., Hickling G.J. 2005. Restitution of mass-size residuals: validating body condition indices. – Ecology **86(1)**: 155–163.
- Seminoff J.A., Jones T.T., Resendiz A. et al. 2003. Monitoring green turtles (*Chelonia mydas*) at a coastal foraging area in Baja California, Mexico: multiple indices describe population status. – J. Marine Biological Association UK **83**: 1355–1362.
- Speakman J.R., Racey P.A. 1986. The influence of body condition on sexual development of male Brown long-eared bats (*Plecotus auritus*) in the wild. – J. Zool., Lond. **210**: 515–525.
- Torkild T., Sæther B.-E., Aanes R., Erikstad K.E. 1998. Regulation of food provisioning in the Antarctic petrel; the importance of parental body condition and chick body mass. – J. Animal Ecology **67**: 699–704.
- Tourenq C., Barbraud C., Sadoul N. et al. 2001. Does foraging habitat quality affect reproductive performance in the Little Egret, *Egretta garzetta*? – Animal Biodiversity and Conservation **24(1)**: 107–116.

- Webb P.I., Speakman J.R., Racey P.A. 1993. Defecation, apparent absorption efficiency, and the importance of water obtained in the food for water-balance in captive brown long-eared (*Plecotus auritus*) and Daubenton's (*Myotis daubentoni*) bats. – J. Zool., Lond. **230(4)**: 619–628.
- Webb P.I., Speakman J.R., Racey P.A. 1994. Post-prandial urine loss and its relation to ecology in brown long-eared (*Plecotus auritus*) and Daubenton's (*Myotis daubentoni*) bats (Chiroptera, Vespertilionidae). – J. Zool., Lond. **233(1)**: 165–173.
- Webb P.I., Speakman J.R., Racey P.A. 1995. Evaporative water-loss in 2 sympatric species of vespertilionid bat, *Plecotus auritus* and *Myotis daubentoni* – relation to foraging mode and implications for roost site selection. – J. Zool., Lond. **233(2)**: 269–278.
- Willemsen R.E., Hailey A. 2002. Body mass condition in greek tortoises: regional and interspecific variation. – Herpetological Journal **12**: 105–114.
- Willner G.R., Chapman J.A., Pursley D. 1979. Reproduction, physiological responses, food habits, and abundance of nutria on Maryland marshes. – Wildl. Monogr. **65**.
- Work T.M., Balazs G.H., Schumacher J.L., Marie A. 2005. Epizootiology of spirorchiid infection in green turtles (*Chelonia mydas*) in Hawaii. – J. Parasitology **91(4)**: 871–876.
- Zahn A., Rupp D. 2004. Ectoparasite load in European vespertilionid bats. – J. Zool., Lond. **262**: 383–391.

#### SUMMARY

Vasenkov D.A., Potapov M.A. 2007. Application of body condition index to the ecological study of bats (Mammalia, Chiroptera). – *Plecotus et al.* **10**: 21–31.

To estimate general physical state of individuals, a body condition index (*BCI*) is used. It is calculated by different ways, and in simplest case it is defined as ratio of the body weight (*W*) to some linear measurement of the body. Speakman and Racey (1986) proposed for bats  $BCI = W/R$ , where *R* is forearm length. Many bat researchers go on using this index, which is not quite correct, because relationship between body weight and any one-dimensional parameter is not linear (Green 2001). Body weight is proportional to body volume, i.e. the cube of linear size (Pereleshin 1943).

We propose to consider *BCI* as ratio of observed body weight to expected (basic) one:  $BCI = W/W_0$ . The latter should be derived from body weight of adult males in June–July according to equation  $W_0 = b \times R^3$ . The modified index has been tested on bats from the south-east of Western Siberia. Fig. 1 shows capture localities, and in Table 1 the regression coefficients *b* are given for 10 bat species. Values of the coefficient *b* calculated by small samples (*Myotis blythii*, *Murina leucogaster*) need to be refined. Student's *t*-test and non-parametric Mann-Whitney *U*-test were used for statistical analysis.

An example of calculation of *BCI*: *M. daubentonii*, a male, *W* = 7.4 g, *R* = 3.85 cm. For this species *b* = 0.12 (Table 1), hence we expect that  $W_0 = 0.12 \times (3.85)^3 \approx 6.9$  g. Then  $BCI = 7.4/6.9 \approx 1.07$ , i.e. body condition of this individual exceeds the basic level by 7%.

Figs. 2–4 illustrate results of comparing body condition of animals in summer populations of *M. brandtii* from north-east and north-west Altai, and winter populations of *M. daubentonii* from foothills of Salair Ridge (northward of Altai) at the beginning and the end of hibernation.

It would be useful to elaborate a common system of the *b* values for bat species from different regions. Then we will be able to evaluate and compare the state of populations of

the same and even different species. In other words, BCI can be used for bioindication of bat populations.

Key words: bats, body condition index, bioindication.

Адрес авторов:

Денис Алексеевич ВАСЕНЬКОВ (denvas@ngs.ru)  
Михаил Анатольевич ПОТАПОВ (map@ngs.ru)  
Институт систематики и экологии животных СО РАН  
ул. Фрунзе, 11, Новосибирск 630091

Authors' address:

Denis A. Vasenkov (denvas@ngs.ru)  
Mikhail A. Potapov (map@ngs.ru)  
Institute of Systematics and Ecology of Animals, the Siberian Branch of RAS  
Frunze str. 11, Novosibirsk 630091, Russia