

УДК 597.833(470.44)

**МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *BOMBINA BOMBINA*
(DISCOGLOSSIDAE, ANURA) В ДОЛИНЕ р. МЕДВЕДИЦА (САРАТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)
И НЕИНВАЗИВНАЯ ДИАГНОСТИКА ПОЛА
ПО РАЗМЕРНО-ВЕСОВЫМ ПРИЗНАКАМ**

М. В. Ермохин¹, В. Г. Табачишин²

¹ *Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н. Г. Чернышевского
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
E-mail: ecoton@rambler.ru*

² *Саратовский филиал Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН
Россия, 410028, Саратов, Рабочая, 24
E-mail: tabachishinvg@sevin.ru*

Поступила в редакцию 17.10.2017 г., принята 11.12.2017 г.

Дана морфометрическая характеристика самцов и самок жерлянки краснобрюхой. Были измерены 10 признаков и рассчитаны 10 индексов для выборки *Bombina bombina* из популяции оз. Черепашье (долина р. Медведица, Лысогорский район, Саратовская область). Только некоторые признаки демонстрируют значимые различия между полами *B. bombina*. Показано, что в условиях деградации сети нерестовых водоёмов в долинах рек в популяциях вида произошло существенное увеличение роли особей, обладающих относительно большими размерами задних конечностей (в основном бедра). Надежное определение пола *B. bombina* в полевых условиях представляет существенные затруднения. Предлагается метод неинвазивного определения пола *B. bombina* на основании анализа метрических и весовых признаков. Определены параметры уравнения дискриминирующей функции, которая позволяет верно диагностировать пол у 95% особей. Рекомендуется использовать этот метод для анализа половой структуры популяций *B. bombina* в полевых условиях.

Ключевые слова: *Bombina bombina*, размерно-весовые признаки, диагностика пола, дискриминантный анализ.

DOI: 10.18500/1814-6090-2018-16-1-2-27-34

ВВЕДЕНИЕ

Анализ структуры популяций бесхвостых амфибий в ходе многолетних исследований требует надежного определения пола особей. В большинстве случаев для диагностики пола взрослых бесхвостых амфибий требуется изучение вторичных половых признаков (брачные мозоли, резонаторы и т. п.). Однако далеко не у всех видов такие особенности проявляются в высокой степени и доступны для наблюдения, особенно в полевых условиях. К числу видов с серьезными трудностями, возникающими в процессе определения пола, очевидно, относится краснобрюхая жерлянка. Надежная диагностика пола возможна только при использовании оптических инструментов, поскольку размеры брачных мозолей на первом и втором пальцах передних лап и на внутренней стороне предплечья самцов весьма незначительны (Щербак, Щербань, 1980). Такие сложности возникали не только для жерлянки краснобрюхой, но и для представителей других видов и родов семейства Discoglossidae (Bosch, Marquez, 1996). Поэтому ранее предпринимались неоднократные попытки применения неинвазивных методов диагностики пола у данного вида с использованием более простых в измерении стандартных морфометрических

признаков (Radojicic et al., 2002; Cerbo Di, Biancardi, 2006; Biancardi, Cerbo Di, 2012). Обычно для решения такой проблемы применялся дискриминантный анализ, который, впрочем, далеко не всегда давал приемлемый уровень качества результатов диагностики для представителей семейства Discoglossidae (Bosch, Marquez, 1996). Однако этот метод приводил к вполне удовлетворительным результатам для неинвазивного определения пола сеголетков бесхвостых амфибий других семейств, например для *Pelobates fuscus* (Ермохин и др., 2012 а).

Современные погодно-климатические изменения на юго-востоке Европы привели к серьезному разрежению сети нерестовых водоёмов в поймах рек бассейна Дона. Значительно уменьшилось общее количество пойменных озёр, сократилась продолжительность гидропериода оставшихся водоёмов. Перечисленные события оказали негативное воздействие на популяции многих видов бесхвостых амфибий региона (Шляхтин и др., 2014, 2015, 2016; Ермохин и др., 2017). Особенно уязвимыми приходится признавать виды с относительно небольшой продолжительностью жизни, формирующие популяции с небольшим числом размерно-возрастных групп. В долине р. Медве-

дица на территории Саратовской области к таким видам относится жерлянка краснобрюхая. Проведение многолетних исследований в регионе с деградирующими на фоне аридизации климата популяциями амфибий требует предпочтительного применения неинвазивных методов, не приводящих к гибели особей. Данное обстоятельство определяет актуальность создания неинвазивных методов определения пола.

Цель настоящего исследования – разработка методических подходов, позволяющих определять пол взрослых особей *Bombina bombina* в полевых условиях на основании анализа небольшого числа основных морфометрических и весовых признаков.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследованы 41 экз. *B. bombina* из популяции оз. Черепашье (51°21'52" с. ш., 44°49'05" в. д.), расположенного в пойме р. Медведица (Саратовская область, Лысогорский район, окрестности с. Урицкое). Амфибии были отловлены в период нерестовых миграций в апреле – мае 2015 г. Использовали метод линейных заборчиков с ловчими цилиндрами (Корн, 2003) в модификации, подразумевавшей неполное огораживание нерестового водоёма (Ермохин, Табачишин, 2011; Ермохин и др., 2012 б). Все использованные для анализа особи были половозрелыми. По результатам вскрытия в исследование включены 20 самцов и 21 самка *B. bombina*.

Для определения особенностей морфологической вариации были исследованы 10 признаков (SVL – длина тела от кончика морды до края клоаки, W_{live} – живой вес, W_{dry} – сухой вес, F – длина бедра, T – длина голени, $L.c.$ – длина головы, $Lt.c.$ – ширина головы, $D.r.o.$ – расстояние от кончика морды до переднего края глаза, $D.n.o.$ – расстояние от ноздри до переднего края глаза, $Sp.n.$ – расстояние между ноздрями), а также 7 производных от них индексов (L/F , F/T , $L/L.c.$, $2T/L$, $L.c./Lt.c.$, $D.r.o./D.n.o.$, $Lt.c./Sp.n.$) (Руководство по изучению..., 1989). Измерения признаков, выраженных билатерально, производили с правой стороны. Кроме того, были рассчитаны значения трех вариантов индексов упитанности (W/L (Bell, 2004; Levey, 2003), индекс массы тела W/L^2 (Qu t elet body mass index: Jelliffe, Jelliffe, 1979) и W/L^3 (индекс Фултона: Fulton, 1904)), ранее апробированные нами на других видах бесхвостых амфибий в долине р. Медведица (Ермохин и др., 2014, 2015).

Морфометрические признаки определены с использованием штангенциркуля с точностью до 0.1 мм. Живой вес устанавливали с помощью элек-

тронных весов KERN CM60-2N (KERN and Sohn GmbH, Германия) с точностью до 0.01 г, а сухой вес рассчитан исходя из среднего содержания воды в теле данного вида по данным, полученным ранее (Ермохин и др., 2017).

Статистическая обработка материала включала методы описательной статистики (средняя арифметическая, стандартное отклонение, размах варьирования ($min - max$)). Нормальность выборок проверяли с помощью критерия Колмогорова – Смирнова (для всех исследованных выборок и переменных гипотеза о нормальности распределения не отклоняется при $P > 0.47$). При равенстве дисперсий (one-way ANOVA, F -критерий Фишера) для сравнения средних использован t -критерий Стьюдента, при неравных дисперсиях – t -критерий Саттерзвайта. Различия признавали значимыми при $P \leq 0.05$.

Дифференциацию полов проводили с применением дискриминантного анализа с пошаговым включением. Данные, включенные в дискриминантный анализ, прошли проверку условий соответствия применимости этого метода (McGarigal et al., 2000): многомерную нормальность проверяли по критериям Мардии (для всех выборок $P < 0.05$) (Mardia, 1970); различия между матрицами ковариации полов – по M -критерию Бокса (различия отсутствовали для всех выборок $P > 0.12$); коэффициенты корреляции Пирсона между параметрами особей разных полов во всех выборках были относительно низкими и не превышали 0.55, т. е. имели относительно небольшую коллинеарность.

Для обработки материала использованы пакеты программ MS Excel, PAST 2.17 (Hammer, Harper, 1996) и Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сравнительный анализ 20 морфометрических признаков и индексов показал наличие значимых различий между самцами и самками только по 8 переменным (таблица). В число таких признаков включены размерно-весовые параметры (SVL , W_{live} , W_{dry} , F), один производный индекс $Lt.c./Sp.n.$, а также три варианта индексов упитанности (W/L , W/L^2 и W/L^3). Однако, несмотря на статистическую значимость различий между средними значениями этих параметров, наблюдается достаточно высокий уровень трансгрессии между выборками. Поэтому использование одиночных показателей для неинвазивной диагностики пола в полевых условиях можно признать весьма затруднительным.

МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *BOMBINA BOMBINA*

Морфометрическая характеристика самцов и самок *Bombina bombina* в долине р. Медведица

Table. Morphometric characteristics of males and females *Bombina bombina* in the valley of the Medveditsa river

Показатель	Пол		t P
	Самцы	Самки	
L , мм	<u>38.3±1.2</u> 36.6–41.1	<u>39.9±2.0</u> 36.5–44.4	<u>3.05*</u> 0.004
W , г	<u>4.26±0.45</u> 3.29–5.18	<u>5.06±0.9</u> 3.65–7.16	<u>3.66</u> 0.001
W_{dry} , мг	<u>1021±109</u> 790–1243	<u>1216±216</u> 876–1718	<u>3.66</u> 0.001
F , мм	<u>14.7±0.9</u> 13.7–16.9	<u>15.7±1.5</u> 14.0–19.4	<u>2.48</u> 0.02
T , мм	<u>13.3±0.6</u> 12.4–14.2	<u>13.6±0.7</u> 11.8–15.5	<u>1.43</u> 0.16
$L.c.$, мм	<u>11.9±1.2</u> 9.9–14.8	<u>12.1±1.3</u> 10.6–15.5	<u>0.20</u> 0.84
$Lt.c.$, мм	<u>12.3±0.7</u> 10.8–13.3	<u>12.2±1.1</u> 10.9–14.5	<u>0.20</u> 0.84
$D.r.o.$, мм	<u>5.6±0.4</u> 5.0–6.5	<u>5.8±0.6</u> 4.6–7.2	<u>1.27</u> 0.21
$D.n.o.$, мм	<u>2.9±0.4</u> 2.2–3.6	<u>3.0±0.5</u> 2.1–4.1	<u>0.66</u> 0.52
$Sp.n.$, мм	<u>2.2±0.2</u> 1.9–2.7	<u>2.4±0.3</u> 2.0–2.9	<u>0.66</u> 0.52
L/F	<u>2.83±0.22</u> 2.42–3.20	<u>2.70±0.21</u> 2.33–3.19	<u>1.94</u> 0.06
F/T	<u>1.25±0.14</u> 0.98–1.49	<u>1.31±0.14</u> 1.08–1.61	<u>1.40</u> 0.17
$L/L.c.$	<u>3.51±0.33</u> 2.87–4.37	<u>3.51±0.27</u> 2.91–3.88	<u>0.04</u> 0.97
$2T/L$	<u>0.64±0.04</u> 0.59–0.71	<u>0.65±0.03</u> 0.58–0.68	<u>0.54</u> 0.59
$L.c./Lt.c.$	<u>0.98±0.11</u> 0.85–1.21	<u>0.99±0.09</u> 0.81–1.14	<u>0.45</u> 0.65
$D.r.o./D.n.o.$	<u>1.95±0.25</u> 1.53–2.45	<u>1.95±0.26</u> 1.56–2.58	<u>0.12</u> 0.91
$Lt.c./Sp.n.$	<u>5.50±0.54</u> 4.70–6.63	<u>5.16±0.54</u> 4.04–6.00	<u>2.01</u> 0.05
W/L	<u>94.9±8.4</u> 76.4–109.5	<u>110.0±16.3</u> 86.3–153.8	<u>3.76</u> 0.001
W/L^2	<u>2.29±0.22</u> 1.86–2.67	<u>2.61±0.30</u> 2.23–3.37	<u>3.89</u> <0.001
W/L^3	<u>0.055±0.007</u> 0.044–0.065	<u>0.062±0.007</u> 0.050–0.074	<u>3.17</u> 0.003

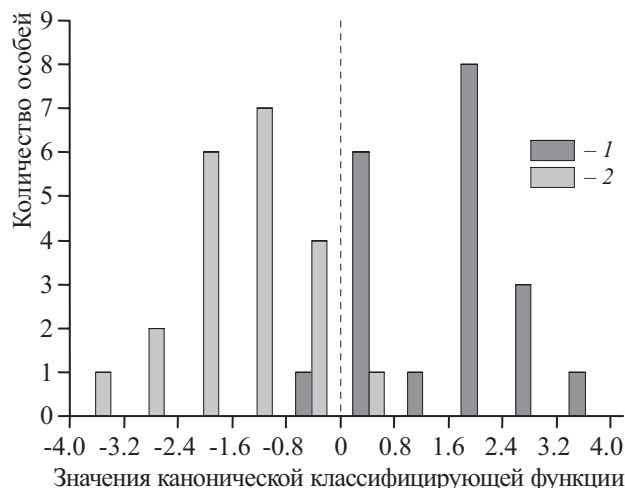
Примечание. В числителе – средняя арифметическая и стандартное отклонение, в знаменателе – *min – max*; * – полужирным выделен уровень значимости $P \leq 0.05$, прямым шрифтом показаны значения критерия Стьюдента, курсивом – критерия Саттерзвайта (применен при неоднородных дисперсиях)

Note. In the numerator – the arithmetic mean and standard deviation, in the denominator – *min – max*; * – the level of significance $P \leq 0.05$ is highlighted in bold, the values of the Student's test are shown in straightforward type, in italics – the Satterthwaite's test (applied for non-homogeneous variances).

Для разработки способа неинвазивной диагностики пола *B. bombina* был проведен дискриминантный анализ, по результатам которого выявлены переменные, имеющие наибольшее значение для его определения. В дискриминантное уравнение после выполнения канонического анализа включены 12 переменных, основанных на измерении 8 размерно-весовых признаков. Для всех таких переменных установлены соответствующие коэффициенты. Каноническое уравнение имеет следующий вид:

$$121.00 W/L^2 + 4.04Lt.c/Sp.n + 42.72L/F + 393.78*2T/L + 9.62Sp.n - 0.01W_{dry} - 3782.77W/L^3 - 18.15T + 5.52F + 5.66F/T + 1.67D.r.o. - 0.73W/L - 258.76.$$

Поскольку объем выборок особей каждого пола *B. bombina* был практически одинаков, пороговое значение канонической функции, рассчитанное как средняя взвешенная, равно 0 (истинное значение = 0.00000049) (рисунок).



Классификация самцов (1) и самок (2) *Bombina bombina* в долине р. Медведица; пунктирной линией показано пороговое значение классифицирующей функции **Figure.** Classification of males (1) and females (2) *Bombina bombina* in the valley of the Medveditsa river; the dotted line shows the threshold value of the classifying function

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По результатам исследования различий между самцами и самками *B. bombina* установлено, что самцы в целом несколько мельче самок. Более значительны отличия по живому и сухому весу тела, а также по индексам упитанности, производным от этих показателей. Другие морфометрические признаки не позволяют утверждать наличие значимых различий. По большинству этих параметров популяция вида мономорфна. Поэтому неинвазивное определение пола представляется возможным в основном только по резуль-

татам сочетания различных признаков в рамках применения дискриминантного анализа.

Следует отметить, что жерлянки из популяции долины р. Медведица имеют относительно большую степень развития бедра (F , L/F) по сравнению с популяциями юго-западных и южных (Предкавказье (Высотин, Тертышников, 1988; Пескова, Желев, 2010), Прикарпатье и Закарпатье (Щербак, Щербань, 1980), Румыния (Стугрев, Попович, 1961)) и сопоставима с таковой в северо-западных и северных частях ареала (Польша, Дания (Пескова и др., 2007; Пескова, Желев, 2010)).

Ранее, в середине 1990-х гг., относительная степень развития бедра *B. bombina*, обитающих на севере Нижнего Поволжья, была значительно меньшей (Сторожилова и др., 1998) по сравнению с 2015 г. Так, в популяциях вида в долинах рек Хопёр и Еруслан индекс L/F составлял 3.09 и 3.05, а в популяциях Калмыкии – 2.89 (Сторожилова и др., 1998). Следует отметить, что относительное развитие бедра в настоящее время в популяциях жерлянок в долине р. Медведица (см. таблицу) вполне сопоставимо с таковым на аридных территориях Калмыкии в конце XX в. Кроме того, относительная роль бедра в задних конечностях жерлянок в настоящее время в среднем на 25 – 27% больше по сравнению с периодом в конце XX в. Индекс F/T тогда составлял около 0.94 – 0.97 (Сторожилова и др., 1998), а в настоящее время – в среднем около 1.30 (см. таблицу).

Произошедшие изменения данной морфометрической характеристики сопряжены с резким сокращением количества пойменных водоёмов, пригодных для нереста амфибий. В 2009 – 2015 гг. сохранилось только 10 – 15% пойменных озёр по сравнению с периодом высокой водности в долинах левобережных притоков Дона в 1990-х – начале 2000-х гг.

В регионах с меньшей обводненностью территории, водоёмы которые потенциально могут использоваться жерлянками в качестве нерестовых встречаются реже, а дистанции между такими водоёмами больше. В таких условиях для особей бесхвостых амфибий, не обладающих репродуктивным консерватизмом, требуются значительно большие перемещения в период нерестовых миграций для поиска подходящего нерестового водоёма. Особи, имеющие более развитые конечности, получают очевидные селективные преимущества, которые могут обеспечивать большую вероятность участия в процессе репро-

дукции в условиях большей разреженности сети нерестовых водоёмов в долинах рек в течение современного периода малой водности, переживаемого популяциями вида.

Отмечено уменьшение выраженности полового диморфизма по длине и весу тела в течение ряда лет. Средние размеры самцов в популяциях долины р. Медведица становятся большими, тогда как сходные характеристики самок сохраняются относительно стабильными (Ермохин и др., 2017). Возможно, наблюдаемая тенденция связана с дифференциальной выживаемостью только относительно более крупных особей мужского пола. Сокращение размерно-веса полового диморфизма делает задачу определения пола по этим показателям все более сложной.

Применение уравнения, параметры которого установлены в данной статье, позволяет выполнять верное определение пола с одинаковой точностью: у 95% самцов и 95% самок. Оно требует значительно меньших исследовательских усилий, поскольку базируется на анализе относительно небольшого количества легко определяемых метрических и весовых признаков. Одинаковая вероятность ошибки в диагностике пола у самцов и самок *B. bombina* может свести к минимуму возможные ошибки при анализе половой структуры популяций этого вида, что следует считать дополнительным преимуществом предлагаемого способа определения пола. Поэтому предлагаемые методические подходы по неинвазивному определению пола жерлянок в условиях, способствующих деградации их популяций, представляются весьма своевременными и могут обеспечивать приемлемый уровень точности результатов с наименьшим ущербом для численности вида.

Благодарности

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-04-01248).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Высотин А. Г., Тертышников М. Ф. 1988. Земноводные Ставропольского края // Животный мир Предкавказья и сопредельных территорий. Ставрополь: Изд-во Ставроп. гос. пед. ин-та. С. 87 – 121.
- Ермохин М. В., Табачишин В. Г. 2011. Сходимость результатов учета численности мигрирующих сеголеток чесночницы обыкновенной, *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768), при полном и частичном огора-

живании нерестового водоёма заборчиками с ловчими цилиндрами // Современная герпетология. Т. 11, вып. 3/4. С. 121 – 131.

Ермохин М. В., Табачишин В. Г., Богословский Д. С., Иванов Г. А. 2012 а. Неинвазивная диагностика пола сеголеток чесночницы обыкновенной (*Pelobates fuscus*) по размерно-весовым характеристикам // Современная герпетология. Т. 12, вып. 1/2. С. 40 – 48.

Ермохин М. В., Табачишин В. Г., Иванов Г. А. 2012 б. Оптимизация методики учета земноводных заборчиками с ловчими цилиндрами // Проблемы изучения краевых структур биоценозов : материалы 3-й междунар. науч. конф. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та. С. 157 – 163.

Ермохин М. В., Табачишин В. Г., Иванов Г. А. 2014. Сравнительный анализ эффективности индексов упитанности сеголеток *Pelobates fuscus* // Современная герпетология. Т. 14, вып. 3/4. С. 92 – 102.

Ермохин М. В., Табачишин В. Г., Иванов Г. А. 2015. Динамика упитанности сеголеток чесночницы обыкновенной – *Pelobates fuscus* (Pelobatidae, Anura) в период расселения из нерестовых водоёмов // Современная герпетология. Т. 15, вып. 1/2. С. 39 – 54.

Ермохин М. В., Табачишин В. Г., Иванов Г. А. 2017. Размерно-весовая и половая структура популяций *Pelophilax ridibundus* и *Bombina bombina* (Amphibia, Anura) в пойме р. Медведица (Саратовская область) // Современная герпетология. Т. 17, вып. 1/2. С. 10 – 20.

Корн П. С. 2003. Прямолинейные заборчики с ловушками // Измерение и мониторинг биологического разнообразия : стандартные методы для земноводных. М. : Т-во науч. изд. КМК. С. 117 – 127.

Пескова Т. Ю., Желев Ж. М. 2010. Размеры краснобрюхой жерлянки *Bombina bombina* Linnaeus, 1761 (Amphibia, Anura, Discoglossidae) у южной границы ареала вида // Поволж. экол. журн. № 4. С. 447 – 451.

Пескова Т. Ю., Бобровский В. В., Бахарев В. А. 2007. Сравнительно-географический анализ краснобрюхой и дальневосточной жерлянок из разных частей ареала // Современные экологические проблемы устойчивого развития Полесского региона и сопредельных территорий: наука, образование, культура : материалы III междунар. науч.-практ. конф. Мозырь: Изд-во Мозыр. гос. пед. ун-та. Ч. 1. С. 190 – 193.

Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся / Ин-т зоологии им. И. И. Шмальгаузен на АН УССР. Киев, 1989. 172 с.

Сторожилова Д. А., Шляхтин Г. В., Табачишин В. Г., Завьялов Е. В. 1998. Эколого-морфологические особенности краснобрюхой жерлянки (*Bombina bombina* L.) северной части Нижнего Поволжья // Вопросы биоценологии. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та. С. 104 – 109.

Стугрен В., Попович Н. 1961. Анализ изменчивости внешних признаков жерлянок Румынии // Зоол. журн. Т. 60, вып. 4. С. 568 – 575.

Шляхтин Г. В., Табачишин В. Г., Ермохин М. В. 2014. История и основные направления изучения герпетофауны севера Нижнего Поволжья (к 105-летию кафедры морфологии и экологии животных Саратовского государственного университета) // Современная герпетология. 2014. Т. 14, вып. 3 – 4. С. 137 – 146.

Шляхтин Г. В., Табачишин В. Г., Кайбелева Э. И., Мосолова Е. Ю., Ермохин М. В. 2015. Современное состояние батрахологической коллекции Зоологического музея Саратовского университета // Современная герпетология. Т. 15, вып. 3/4. С. 153 – 159.

Шляхтин Г. В., Табачишин В. Г., Ермохин М. В. 2016. Природоохранный статус амфибий и рептилий Саратовской области // Современная герпетология. Т. 16, вып. 3/4. С. 171 – 175.

Щербак Н. Н., Щербань М. И. 1980. Земноводные и пресмыкающиеся Украинских Карпат. Киев : Наук. думка. 268 с.

Bell B. 2004. The recent decline of a New Zealand endemic : how and why did populations of Archey's frog *Leiopelma archeyi* crash over 1996 – 2001? // Biological Conservation. Vol. 120, iss. 2. P. 189 – 199.

Biancardi C. M., Di Cerbo A. R. 2012. Are there real sexual morphometric differences in yellow-bellied toads (*Bombina* spp.; Bombinatoridae)? // Amphibia – Reptilia. Vol. 33, iss. 2. P. 171 – 183.

Bosch J., Marquez R. 1996. Discriminant functions for sex identification in two midwife toads (*Alytes obstetricans* and *A. cisternasi*) // Herpetological J. Vol. 6, № 2. P. 105 – 109.

Di Cerbo A. R., Biancardi M. 2006. Sexual dimorphism in *Bombina v. variegata* : a biometric multivariate approach // Riassunti VI Congresso Nazionale Societas Herpetologica Italica / Museo Civico di Zoologia. Roma : Stilgrafica. P. 68.

Fulton T. W. 1904. The rate of growth of fishes // Fish Board of Scotland. Annual Report. Vol. 22, № 3. P. 141 – 241.

Hammer O., Harper D. A. T. 2006. Paleontological data analysis. Malden ; Carlton ; Oxford : Blackwell Publ. 368 p.

Jelliffe D. B., Jelliffe E. F. 1979. Under appreciated pioneers. Quetelet: man and index // American J. of Clinical Nutrition. Vol. 32, iss. 12. P. 2519 – 2521.

Levey R. 2003. Investigation into the causes of amphibian malformations in the Lake Champlain basin of New England / Vermont Department of Environmental Conservation. Waterbury. 239 p.

Mardia K. V. 1970. Measures of multivariate skewness and kurtosis with applications // Biometrika. Vol. 57, iss. 3. P. 519 – 530.

McGarigal K., Cushman S., Stafford S. 2000. Multivariate statistics for wildlife and ecology research. New York : Springer. 283 p.

Radojicic J. M., Cvetkovic D. D., Tomovic L. M., Dzukic G. V., Kalezic M. 2002. Sexual dimorphism in fire-bellied toads *Bombina* spp. from the central Balkans // *Folia Zoologica*. Vol. 51, № 2. P. 129 – 140.

Образец для цитирования:

Ермохин М. В., Табачишин В. Г. 2018. Морфометрическая характеристика *Bombina bombina* (Discoglossidae, Anura) в долине р. Медведица (Саратовская область) и неинвазивная диагностика пола по размерно-весовым признакам // Современная герпетология. Т. 18, вып. 1/2. С. 27 – 34. DOI: 10.18500/1814-6090-2018-18-1-2-27-34.

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS
OF *BOMBINA BOMBINA* (DISCOGLOSSIDAE, ANURA)
IN THE MEDVEDITSA RIVER VALLEY (SARATOV REGION)
AND NONINVASIVE SEX DIAGNOSTICS
BY SIZE AND WEIGHT TRAITS

Mikhail V. Yermokhin ¹ and Vasily G. Tabachishin ²

¹ Saratov State University
83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia
E-mail: ecoton@rambler.ru

² Saratov branch of A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences
24 Rabochaya Str., Saratov 410028, Russia
E-mail: tabachishinvg@sevin.ru

Received 17 October 2017, accepted 11 December 2017

Morphometric characteristics of *Bombina bombina* males and females were done. 10 traits were measured and 10 indices were calculated for a sample of *B. bombina* from the population of the lake Cherepashie (the Medveditsa river valley, Lysogorsky district, Saratov region). Only some traits show significant sexual differences in *B. bombina*. It is shown that in the conditions of degradation of the spawning reservoir network in river valleys, a significant increase in the role of individuals with relatively large dimensions of their hind limbs (mainly femur) occurred in the *B. bombina* populations. A reliable sex determination of *B. bombina* in field conditions presents significant difficulties. A method of noninvasive sex determination of *B. bombina* is proposed, based on analysis of metric and weight traits. The parameters of the discriminating function equation have been determined, which makes it possible to correctly diagnose sex in 95% of individuals. It is recommended to use this method to analyze the sexual structure of *B. bombina* populations in field conditions.

Key words: *Bombina bombina*, size and weight characteristics, sex diagnostics, discriminant analysis.

DOI: 10.18500/1814-6090-2018-18-1-2-27-34

Acknowledgments: This work was partially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 16-04-01248).

REFERENCES

- Vysotin A. G., Tertyshnikov M. F. Amphibians of the Stavropol Region. In: *Animal World of Ciscaucasia and Adjacent Territories*. Stavropol', Stavropol' State Pedagogical Institute Publ., 1988. pp. 87 – 121 (in Russian).
- Yermokhin M. V., Tabachishin V. G. Abundance Accounting Result Convergence of *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768) Migrating Toadlets at full and Partial Enclosing of Spawning Waterbody by Drift Fences with Pitfalls. *Current Studies in Herpetology*, 2011, vol. 11, iss. 3–4, pp. 121–131 (in Russian).
- Yermokhin M. V., Tabachishin V. G., Bogoslovsky D. S., Ivanov G. A. Noninvasive Sex Determination of Spadefoot Toad (*Pelobates fuscus*) Toadlets by Morphometric and Weigh Characteristics. *Current Studies in Herpetology*, 2012, vol. 12, iss. 1–2, pp. 40–48 (in Russian).
- Yermokhin M. V., Tabachishin V. G., Ivanov G. A. Optimisation of Method of Amphibians Accounting by Drift Fences With Pitfalls. In: *Problems of Marginal Structures of Biocenoses Investigations*. Saratov, Izdatel'stvo Saratovskogo universiteta, 2012 b, pp. 157–163 (in Russian).
- Yermokhin M. V., Tabachishin V. G., Ivanov G. A. Comparative Analysis of Body Condition Indexes Efficiency of *Pelobates fuscus* Toadlets. *Current Studies in Herpetology*, 2014, vol. 14, iss. 3–4, pp. 92–102 (in Russian).
- Yermokhin M. V., Tabachishin V. G., Ivanov G. A. Body Condition Dynamics of *Pelobates fuscus* (Pelobatidae, Anura) Toadlets During Their Migration from Spawning Waterbodies. *Current Studies in Herpetology*, 2015, vol. 15, iss. 1–2, pp. 39–54 (in Russian).
- Yermokhin M. V., Tabachishin V. G., Ivanov G. A. Size-weight and Sexual Structure of *Pelophilax ridibundus* and *Bombina bombina* (Amphibia, Anura) Populations in the Floodplane of the Medveditsa River (Saratov Region). *Current Studies in Herpetology*, 2017, vol. 17, iss. 1–2, pp. 10–20 (in Russian). DOI: 10.18500/1814-6090-2017-17-1-2-10-20.
- Korn P. S. Prjamolinejnye zaborchiki s lovushkami [Straight Fences With Traps]. In: *Izmerenie i monitoring biologicheskogo raznoobraziya: standartnye metody*

- dlja zemnovodnykh* [Biodiversity Measurement and Monitoring: Standard Methods for Amphibians]. Moscow, KMK Scientific Press, 2003, pp. 117–127 (in Russian).
- Peskova T. Yu., Zhelev Zh. M. Body size of *Bombina bombina* Linnaeus, 1761 (Amphibia, Anura, Discoglossidae) near its habitat's southern border. *Povolzhskiy J. of Ecology*, 2010, no. 4, pp. 447–451 (in Russian).
- Peskova T. Yu., Bobrovsky V. V., Bakharev V. A. Comparative-geographical analysis of Common Fire-bellied and Far Eastern Fire-bellied Toads from Different Parts of the Range. *Modern Ecological Problems of Sustainable Development of the Polesie Region and Adjacent Territories: Science, Education, Culture: Materials III Intern. Scientific-Practical Conf. Mozyr'*, Izdatel'stvo Mozyr'skogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta, 2007, part 1, pp. 190–193 (in Russian).
- Rukovodstvo po izucheniiu zemnovodnykh i presmykaiushchikhsia* [Guide to the Study of Amphibians and Reptiles]. Kiev, I. I. Schmalhausen Institute of Zoology of AN USSR Publ., 1989. 172 p. (in Russian).
- Storozhilova D. A., Shlyakhtin G. V., Tabachishin V. G., Zavialov E. V. Ecological and Morphological Features of the Fire-Bellied toad (*Bombina bombina* L.) of the Northern part of the Lower Volga Region. In: *Questions of Biocenology*. Saratov, Izdatel'stvo Saratovskogo universiteta, 1998, pp. 104–109 (in Russian).
- Stugren V., Popovich N. Analysis of the Variability of the External traits of Fire-bellied toads in Romania. *Zoologicheskii zhurnal*, 1961, vol. 40, iss. 4, pp. 568–575 (in Russian).
- Shlyakhtin G. V., Tabachishin V. G., Yermokhin M. V. History and Main Directions of Herpetofauna Investigations at Northern Part of Lower Volga Region (to 105-year of Department of Animal Morphology and Ecology of Saratov State University). *Current Studies in Herpetology*, 2014, vol. 14, iss. 3–4, pp. 137–146 (in Russian).
- Shlyakhtin G. V., Tabachishin V. G., Kaybeleva E. I., Mosolova E. Yu., Yermokhin M. V. Current Status of the Batrachological Collection of the Zoological Museum of Saratov University. *Current Studies in Herpetology*, 2015, vol. 15, iss. 3–4, pp. 153–159 (in Russian).
- Shlyakhtin G. V., Tabachishin V. G., Yermokhin M. V. Nature Protection Status of Amphibians and Reptiles in Saratov Region. *Current Studies in Herpetology*, 2016, vol. 16, iss. 3–4, pp. 171–175 (in Russian). DOI: 10.18500/1814-6090-2016-16-3-4-171-175.
- Shcherbak N. N., Shcherban M. I. *Amphibians and Reptiles of Ukrainian Carpathians*. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1980. 268 p. (in Russian).
- Bell B. The recent decline of a New Zealand endemic: how and why did populations of Archey's frog *Leiopelma archeyi* crash over 1996 – 2001? *Biological Conservation*, 2004, vol. 120, iss. 2, pp. 189–199.
- Biancardi C. M., Di Cerbo A. R. Are there real sexual morphometric differences in yellow-bellied toads (*Bombina* spp.; Bombinatoridae)? *Amphibia–Reptilia*, 2012, vol. 33, iss. 2, pp. 171–183.
- Bosch J., Marquez R. Discriminant functions for sex identification in two midwife toads (*Alytes obstetricans* and *A. cisternasi*). *Herpetological J.*, 1996, vol. 6, no. 2, pp. 105–109.
- Di Cerbo A. R., Biancardi M. Sexual Dimorphism in *Bombina v. variegata*: a Biometric Multivariate Approach. *Riassunti VI Congresso Nazionale Societas Herpetologica Italica*. Roma, Stilgrafica, 2006, pp. 68.
- Fulton T. W. The Rate of Growth of Fishes. *Fish Board of Scotland. Annual Report*, 1904, vol. 22, no. 3, pp. 141–241.
- Hammer O., Harper D. A. T. *Paleontological Data Analysis*. Malden, Carlton, Oxford, Blackwell Publ., 2006. 368 p.
- Jelliffe D. B., Jelliffe E. F. Under appreciated pioneers. Quetelet: man and index. *American J. of Clinical Nutrition*, 1979, vol. 32, iss. 12, pp. 2519–2521.
- Levey R. *Investigation into the Causes of Amphibian Malformations in the Lake Champlain basin of New England*. Waterbury, Vermont Department of Environmental Conservation, 2003. 239 p.
- Mardia K. V. Measures of multivariate skewness and kurtosis with applications. *Biometrika*, 1970, vol. 57, iss. 3, pp. 519–530.
- McGarigal K., Cushman S., Stafford S. *Multivariate Statistics for Wildlife and Ecology Research*. New York, Springer, 2000. 283 p.
- Radojicic J. M., Cvetkovic D. D., Tomovic L. M., Dzukic G. V., Kalezic M. Sexual Dimorphism in Fire-bellied Toads *Bombina* spp. from the Central Balkans. *Folia Zoologica*, 2002, vol. 51, no. 2, pp. 129–140.

Cite this article as:

Yermokhin M. V., Tabachishin V. G. Morphometric Characteristics of *Bombina bombina* (Discoglossidae, Anura) in the Medveditsa River Valley (Saratov Region) and Noninvasive Sex Diagnostics by Size and Weight Traits. *Current Studies in Herpetology*, 2018, vol. 18, iss. 1–2, pp. 27–34 (in Russian). DOI: 10.18500/1814-6090-2018-18-1-2-27-34.
