

П. В. Озерский

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕРНЕТ-КОНТЕНТА В МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (НА ПРИМЕРЕ ИНДЕКСА БЕДРА У САРАНЧОВЫХ (ORTHOPTERA, ACRIDOIDEA))

Предложен новый метод морфометрического изучения насекомых — компьютерный анализ фотографий, доступных в интернете. С использованием этого метода у пяти видов саранчовых (*Psophus stridulus*, *Stethophyma grossum*, *Chrysochraon dispar*, *Chorthippus apricarius*, *Gomphoceris sibiricus*) был определен индекс бедра — морфометрический показатель, используемый в характеристике жизненных форм прямокрылых насекомых. Половой диморфизм по этому признаку был подтвержден только для одного вида — *Ps. stridulus*. Полученные результаты сопоставлены с литературными данными. В целом они согласуются с данными, опубликованными в работах М. Е. Черныховского (1970) и Ф. Н. Правдина (1978), но отличаются от таковых И. В. Стебаева (1970). В указанной работе Стебаева выявлены ошибки. Библиогр. 10 назв. Ил. 1. Табл. 1.

Ключевые слова: саранчовые, Acridoidea, жизненные формы, индекс бедра, интернет-контент.

P. V. Ozerski

PROSPECTS FOR USE OF INTERNET CONTENT IN MORPHOMETRIC RESEARCH (ILLUSTRATED BY FEMORAL INDEX OF GRASSHOPPERS (ORTHOPTERA, ACRIDOIDEA))

Herzen State Pedagogical University of Russia, 48, nab. reki Moika, St. Petersburg, 191186, Russian Federation; ozerski@list.ru

A novel method of morphometric studying of insects, a computer analysis of photos available in internet, is proposed. Using this method, in five species of acridid grasshoppers (*Psophus stridulus*, *Stethophyma grossum*, *Chrysochraon dispar*, *Chorthippus apricarius*, *Gomphoceris sibiricus*) femoral index, a morphometric feature used in description of life-forms of Orthopteran insects, has been determined. Sexual dimorphism of this feature was confirmed only for one species, *Ps. stridulus*. Our findings were compared with the published data. Generally, obtained data matches the data published in works of M. E. Chernyakhovsky (1970) and F. N. Pravdin (1978) but differs from those published by I. V. Stebaev (1970). Some errors in Stebaev's work have been detected. Refs 10. Fig 1. Table 1.

Keywords: grasshoppers, Acridoidea, life-forms, femoral index, internet content.

Введение

Измерение морфологических структур имеет большое значение при решении целого ряда биологических задач, в частности это определение видов и других таксонов, а также исследование внутри- и межвидовой изменчивости. Еще одной подобной задачей является описание жизненных форм. Так, системы жизненных форм, разработанные для саранчовых и других прямокрылых насекомых [1–9], в значительной мере основаны на морфометрических показателях, таких как угол наклона лба, индекс Ш/В (отношение ширины тела к его высоте), индекс заднего бедра (отношение его длины к наибольшей ширине) и т. д. Заслуживает внимания то, что системы, разработанные разными авторами, не всегда совместимы друг с другом. Особенно сильно выделяются в этом отношении работы И. В. Стебаева [3, 5, 6] как нестандартностью многих использованных признаков, так и необыч-

П. В. Озерский (ozerski@list.ru): Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Российская Федерация, Санкт-Петербург, 191186, наб. р. Мойки, д. 48.

© Санкт-Петербургский государственный университет, 2016

ностью состава описанных классов жизненных форм. Поскольку анализ спектров жизненных форм — эффективный инструмент в синэкологических и эколого-географических исследованиях, представляется целесообразным унифицировать систему жизненных форм саранчовых. Такая унификация подразумевает, в том числе, проверку корректности и информативности соответствующих морфометрических индексов с привлечением данных по многим видам этих насекомых.

Настоящая работа представляет собой попытку включить в круг объектов морфометрических исследований саранчовых цифровые фотоматериалы и обосновать их пригодность для данной цели, сопоставив результаты их анализа с опубликованными в научной литературе результатами измерений коллекционного материала.

Характерной особенностью этих показателей, представляющих собой либо угловые величины, либо безразмерные соотношения, является их независимость от линейных размеров объектов измерений. Данное обстоятельство заслуживает внимания, помимо всего прочего, по следующей причине. Если для определения линейных размеров морфологических структур необходимо иметь в распоряжении непосредственно сам объект измерения либо, по меньшей мере, его фотографическое изображение, снабженное масштабной линейкой или какой-либо другой информацией о масштабе, то для измерения угловых величин и расчета безразмерных индексов достаточно иметь фотографические изображения, полученные в соответствующем ракурсе и имеющие достаточное для измерений качество (хорошую резкость, неискаженные пропорции и высокое разрешение и др.).

Материал и методика

В настоящее время в интернете в общем доступе находится огромное количество фотографий биологических объектов. Несмотря на то что они имеют разные лицензии, среди которых встречаются также и запрещающие воспроизведение материалов без согласия правообладателей, ни одного примера прямого запрета на измерение представленных на фотографиях объектов и на дальнейшее использование результатов этих измерений нам не известно (очевидно, что публикация численных показателей, полученных в результате измерения объекта, а тем более — результатов их статистической обработки, его воспроизведением считаться не может). В то же время при соблюдении ряда требований к этим изображениям они вполне могут служить материалом для морфометрических исследований.

Рассмотрим подробнее эти требования. Помимо высокого качества и более или менее стандартного ракурса съемки, существуют также и более частные требования, отчасти зависящие от специфики конкретных исследований. Общим правилом, по-видимому, следует считать избегание художественно обработанных фотографий, так как они могут иметь измененные по сравнению с оригиналом пропорции и прочие искажения. В ряде случаев необходимым следует считать присутствие на фотографии специфических диагностических признаков, позволяющих надежно определить таксономическую принадлежность объекта. При наличии географической, сезонной и прочей изменчивости важной может быть также информация о месте и времени сбора или фотосъемки. Нередко (в том числе, это относится также и к прямокрылым насекомым) пропорции тела у живых объектов

отличаются от таковых у фиксированных или смонтированных коллекционных экземпляров, что также необходимо учитывать. Что касается ракурса съемки, то абсолютно идеального совпадения положения тела относительно камеры на разных кадрах трудно достигнуть, даже если специально ставить перед собой такую задачу в ходе фотосъемки. Поэтому при выборе изображений, пригодных для морфометрического анализа, по-видимому, невозможно избежать привлечения экспертных («глазомерных») оценок. Нетрудно, однако, оценить и выбрать допустимые пределы угловых отклонений в положении сравниваемых объектов. Так, ошибка в оценке длины тела животного, заснятого почти в профиль, но отклоняющегося от перпендикуляра к оптической оси объектива в латеральном направлении, зависит от величины этого угла и от характеристик оптической системы объектива. Поскольку у обычных объективов дисторсия пренебрежимо мала, то приемлемый угол этого отклонения, исходя только из законов тригонометрии, можно приближенно определить по следующей формуле: $\alpha = \arccos \frac{100\%}{100\% + p}$, где α — искомый угол; p — процент укорочения видимой длины объекта относительно реальной. Например, согласно данной формуле, укорочению на 1% соответствует угол, равный $8,07^\circ$, а укорочению на 2% — $11,36^\circ$. При этом, например, погрешность при определении соотношений между длиной и высотой, фактически лежащих в диапазоне от 0,1 до 2,0, у объекта, рассматриваемого сбоку (в профиль), в случае его поворота на $1-2^\circ$ относительно вертикальной оси будет затрагивать, само большое, второй знак после запятой. В то же время точность определения подобных индексов в перечисленных выше работах, посвященных жизненным формам прямокрылых, была меньше на один-два порядка.

Результаты

Для демонстрации эффективности данного метода мы определили с его помощью индекс бедра у 5 видов саранчовых и сопоставили полученные результаты с литературными данными.

Индекс бедра представляет собой отношение длины заднего бедра к его наибольшей ширине. Этот комплексный показатель, отражающий лазательные и прыгательные способности, использовался в системах жизненных форм саранчовых И. В. Стебаевым [3], М. Е. Черняховским [2] и Ф. Н. Правдиным [4]. Нами были выбраны 5 видов саранчовых, соответствующие показатели для которых были представлены на графике в указанной работе Стебаева: кобылка трескучая *Psophus stridulus* (L.); кобылка большая болотная *Stethophyma grossum* (L.); зеленчук непарный *Chrysochraon dispar* (Germ.); конек бурый *Chorthippus apricarius* (L.); кобылка сибирская *Gomphocerus sibiricus* (L.). Еще одним критерием при выборе видов стала их пригодность для достаточно надежной идентификации с использованием только габитуальных признаков.

В исследовании использовались фотоматериалы, обнаруженные при помощи поисковой системы Google (<http://www.google.com>), а также выявленные вручную на энтомологическом форуме биологического интернет-портала <http://molbiol.ru>. В целях стандартизации методики использовались только прижизненные фотографии саранчовых как наиболее часто встречающиеся в интернете (сравнение морфометрических показателей у живых особей и сухих коллекционных экземпляров

представляет отдельный интерес и предполагается в будущем). Проверка правильности определения видовой принадлежности представленных на фотографиях особей осуществлялась автором настоящей публикации. Для каждого вида было подвергнуто измерениям по 50 фотографий имаго (25 самцов и 25 самок). Использовались изображения саранчовых разных размеров: длина заднего бедра на них варьировала в пределах от 71 до 1548 пикселей. Измерения осуществлялись встроенными средствами графического растрового редактора GIMP 2.8.14, по одной повторности на изображение.

Индексы бедра определялись отдельно для каждого пола каждого вида и подвергались статистическому анализу. Проверка нормальности распределения индекса бедра осуществлялась по критерию Шапиро—Уилка в программе Past [10] версии 3.11 (<http://folk.uio.no/ohammer/past>). Поскольку у самок двух видов (*Ps. stridulus* и *G. sibiricus*) это распределение статистически значимо отличалось от нормального ($p < 0,05$), в дальнейшем статистическом анализе использовались только непараметрические показатели и критерии. Определялись медианные значения индекса бедра, а также 25%-е и 75%-е процентиля (для расчетов применялась электронная таблица Calc из пакета LibreOffice 5.0.2). Полученные данные сравнивались с данными, опубликованными Стебаевым [3] в виде графика, без применения методов математической статистики (из-за отсутствия достаточных для этого данных в работе Стебаева). Статистические сравнения оригинальных данных осуществлялись при помощи критериев Манна—Уитни и Колмогорова—Смирнова, также в программе Past.

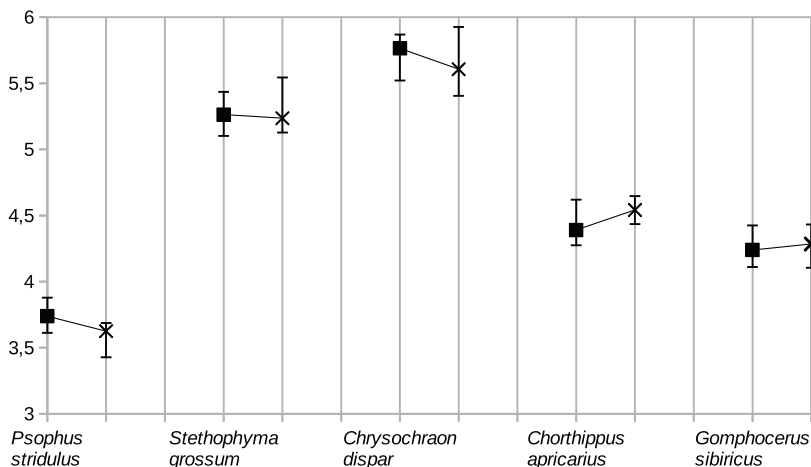
Обсуждение

Результаты измерений (рисунок) свидетельствуют о высоком сходстве индексов бедра у самок и самцов одного вида. И критерий Манна—Уитни, и критерий Колмогорова—Смирнова подтвердили наличие полового диморфизма по этому признаку только у одного вида — *Ps. stridulus* ($p < 0,05$), в то время как у 4 других видов статистически значимых различий между полами выявлено не было (таблица). Выраженные половые различия в индексе бедра у трескучей кобылки представляются вполне закономерными, так как они органично сочетаются у этого вида с другими проявлениями полового диморфизма, в том числе затрагивающими локомоцию. Самцы этого саранчового хорошо летают, тогда как самки не способны к полету. В то же время у прочих исследованных в работе видов в норме либо и самцы, и самки способны к полету (*St. grossum*, *G. sibiricus*), либо оба пола не летают (*Chr. dispar*, *Ch. apricarius*).

Выраженность полового диморфизма по индексу бедра

Вид	Критерий U Манна—Уитни	Критерий D Колмогорова—Смирнова
<i>Psophus stridulus</i>	192 ($p = 0,02$)*	0,44 ($p = 0,01$)*
<i>Stethophyma grossum</i>	306 ($p = 0,91$)	0,16 ($p = 0,88$)
<i>Chrysochraon dispar</i>	268 ($p = 0,39$)	0,32 ($p = 0,12$)
<i>Chorthippus apricarius</i>	236 ($p = 0,14$)	0,36 ($p = 0,06$)
<i>Gomphocerus sibiricus</i>	298 ($p = 0,79$)	0,12 ($p = 0,99$)

Примечание.* — статистически значимые различия между полами.



Индексы бедра у 5 видов саранчовых:

■ — самцы; x — самки. Приведены медианы, 25%- и 75%-е проценти.

Отдельного обсуждения заслуживают результаты сопоставления полученных нами данных по 5 видам саранчовых с данными, приведенными у Стебаева [3]. Сходство опубликованных в указанной работе индексов бедра с медианами значений, полученных в ходе нашего исследования, оказалось бóльшим у самцов *Ps. stridulus* (соответственно 3,7 и 3,8), у обоих полов *Chr. dispar* (самцы: 5,8 и 5,8; самки: 5,5 и 5,6) и *G. sibiricus* (самцы: 4,2 и 4,2; самки: 4,0 и 4,3). Меньшее сходство наблюдалось у самцов *St. grossum* (5,8 и 5,3), а также у обоих полов *Ch. apricarius* (самцы: 6,3 и 4,4; самки: 5,95 и 4,5); в случае второго вида мы полагаем, что в публикации Стебаева была допущена ошибка (скорее всего, бурому коньку были приписаны данные, относящиеся к другому виду). Наконец, несомненной технической ошибкой является указание Стебаевым для самок *Ps. stridulus* неправдоподобно малого значения индекса бедра 1,3, невозможного для прыгательной ноги саранчового (по нашим данным, медианное значение этого индекса у самок трескучей кобылки приблизительно составляет 3,6). Следует также отметить, что наши данные для всех перечисленных видов, кроме *G. sibiricus* и *Ps. stridulus*, соответствуют значениям индекса бедра, характерным для настоящих (злаковых) хортобионтов (4,3–6), как они приведены в работе М.Е. Черняховского [2]; важно также отметить, что именно к этой жизненной форме были отнесены Черняховским соответствующие роды саранчовых (за исключением не рассматривавшегося им рода *Stethophyma* Br.-W.). В свою очередь, наши данные об индексах бедра у *Ps. stridulus* согласуются с диапазоном, указанным Черняховским для открытых геофилов (3,2–4), и именно к открытым геофилам указанным автором был отнесен данный вид. Наконец, индексы бедра, определенные нами для *G. sibiricus*, вполне соответствуют диапазону, указанному Черняховским для факультативных хортобионтов (3,2–4,6). При этом следует заметить, что род *Gomphocerus* Thunb. приводился как пример факультативных хортобионтов в книге Правдина [4], использовавшего несколько модифицированную систему жизненных форм Черняховского.

Таким образом, описанный метод позволил в определенной мере подтвердить принадлежность исследованных видов к тем жизненным формам, которые ука-

зывались для них Черняховским и Правдиным. Кроме того, он позволил выявить ошибки в морфометрических данных, приведенных Стебаевым в его работе 1970 г. [3]. Поэтому этот метод следует считать вполне приемлемым для решения ряда научных задач и (с соблюдением указанных выше мер предосторожности) активно использовать в исследовательской работе.

Литература

1. Бей-Биенко Г.Я., Мищенко Л.Л. Саранчовые фауны СССР и сопредельных стран. Т. 1. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. 378 с.
2. Черняховский М.Е. Морфо-функциональные особенности жизненных форм саранчовых // Учен. зап. МГПИ им. В.И. Ленина. 1970. № 394. С. 47–63.
3. Стебаев И.В. Жизненные формы и половой диморфизм саранчовых Тувы и Юго-Западного Алтая // Зоол. журн. 1970. Т. 49, № 3. С. 325–338.
4. Правдин Ф.Н. Экологическая география насекомых Средней Азии. Ортоптероиды. М.: Наука, 1978. 272 с.
5. Стебаев И.В. Морфоадаптогенез саранчовых и система их жизненных форм // Журн. общ. биол. 1987. Т. 48, № 3. С. 626–639.
6. Стебаев И.В., Омельченко Л.В. Общие особенности морфоадаптационных типов, или жизненных форм, саранчовых Южной Сибири и сопредельных территорий // Вопросы экологии. Поведение и экология насекомых, связанных с агробиогеоценозами. Новосибирск: Изд-во НГУ, 1981. С. 13–39.
7. Горохов А.В. Жизненные формы сверчковых (Orthoptera, Grylloidea) Средней Азии // Энт. мол. обозр. 1979. Т. 5, № 3. С. 506–521.
8. Горохов А.В. Жизненные формы сверчковых (Orthoptera, Grylloidea) Дальнего Востока СССР // Научные доклады высшей школы. Биол. науки. 1983. № 1. С. 49–56.
9. Стороженко С.Ю. Жизненные формы кузнечиковых и ложнокузнечиковых (Orthoptera: Tettigonoidea; Gryllacridoidea) Дальнего Востока СССР // Научные доклады высшей школы. Биол. науки. 1982. № 9. С. 40–52.
10. Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. Past: paleontological statistics software. Package for education and data analysis // Palaeontologia Electronica. 2001. Vol. 4. Iss. 1. Art. 4. 9 pp. URL: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf (дата обращения: 03.03.2016).

Для цитирования: Озерский П.В. О возможности использования интернет-контента в морфометрических исследованиях (на примере индекса бедра у саранчовых (Orthoptera, Acridoidea)) // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 3. Биология. 2016. Вып. 2. С. 31–37. DOI: 10.21638/11701/spbu03.2016.203

References

1. Bey-Bienko G. Ya., Mistshenko L. L. *Saranchovye fauny SSSR i sopredel'nykh stran. T. 1.* [Locusts and grasshoppers of fauna of USSR and contiguous countries. Vol. 1]. Moscow, Leningrad, USSR Acad. Sci. Publ., 1951. 378 p. (In Russian)
2. Chernyakhovskiy M. E. Morfo-funktional'nye osobennosti zhiznennykh form saranchovykh [Morphofunctional features of life-forms of locusts and grasshoppers]. *Uchen. zap. MGPI im. V.I. Lenina* [Proceedings of V.I. Lenin Moscow Pedagogical Institute], 1970, no. 394, pp. 47–63. (In Russian)
3. Stebaev I. V. Zhiznennyye formy i polovoi dimorfizm saranchovykh Tuvy i Iugo-Zapadnogo Altaia [Life-forms and sexual dimorphism of locusts and grasshoppers of Tyva and South-West Altai]. *Zool. zhurn.* [Zoological journal], 1970, vol. 49, no. 3, pp. 325–338. (In Russian)
4. Pravdin F. N. *Ekologicheskaya geografiya nasekomykh Srednei Azii. Ortopteroidy* [Ecological geography of insects of Middle Asia. Orthopteroids]. Moscow, Nauka Publ., 1978. 272 pp. (In Russian)
5. Stebaev I. V. Morfoadaptogenez saranchovykh i sistema ikh zhiznennykh form [Morphoadaptogenesis of locusts and grasshoppers and a system of their life-forms]. *Zhurn. obshch. biol.* [Journal of general biology]. 1987, vol. 48, no. 3, pp. 626–639. (In Russian)
6. Stebaev I. V., Omelchenko L. V. [Common features of morphoadaptational types (life-forms) of locusts and grasshoppers of South Siberia and contiguous territories]. *Voprosy ekologii. Povedenie i ekologiya nasekomykh, svyazannykh s agrobiogeotsenozami* [Problems of Ecology. Behavior and ecology of insects associated with agroecosystems]. Novosibirsk, Novosibirsk State University Publ., 1981, pp. 13–39. (In Russian)

7. Gorochov A. V. Zhiznennyye formy sverchkovykh (Orthoptera, Grylloidea) Srednei Azii [Life-forms of crickets (Orthoptera, Grylloidea) of Middle Asia]. *Entomologicheskoe obozrenie* [Entomological review], 1979, vol. 5, no. 3, pp. 506–521. (In Russian)

8. Gorochov A. V. Zhiznennyye formy sverchkovykh (Orthoptera, Grylloidea) Dal'nego Vostoka SSSR [Life-forms of crickets (Orthoptera, Grylloidea) of Far East of USSR]. *Nauchnye doklady vysshei shkoly. Biol. nauki* [Scientific reports of higher schools. Biological sciences], 1983, no. 1, pp. 49–56. (In Russian)

9. Storozhenko S. Yu. Zhiznennyye formy kuznechikovykh i lozhnokuznechikovykh (Orthoptera: Tettigoniidae; Gryllacridoidea) Dal'nego Vostoka SSSR [Life-forms of bush-crickets and stenopelmatoid crickets (Orthoptera: Tettigoniidae; Gryllacridoidea) of Far East of USSR]. *Nauchnye doklady vysshei shkoly. Biol. nauki* [Scientific reports of higher schools. Biological sciences], 1982, no. 9, pp. 40–52. (In Russian)

10. Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. Past: paleontological statistics software. Package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 2001, vol. 4., issue 1., art. 4., 9 pp. Available at: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf (accessed: 03.03.2016).

For citation: Ozerski P. V. Prospects for use of internet content in morphometric research (illustrated by femoral index of grasshoppers (Orthoptera, Acridoidea)). *Vestnik of Saint-Petersburg University. Series 3. Biology*, 2016, issue 2, pp. 31–37. DOI: 10.21638/11701/spbu03.2016.203

Статья поступила в редакцию 25 января, принята 2 марта 2016 г.

Сведения об авторе:

Озерский Павел Викторович — кандидат биологических наук, доцент

Ozerski Pavel V. — PhD, Associate Professor