

**Чурсина Мария Александровна**

канд. биол. наук, доцент

**Маслова Ольга Олеговна**

канд. биол. наук, заведующая кафедрой

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный

педагогический университет»

г. Воронеж, Воронежская область

**ФОРМА КРЫЛА КАК ПРИЗНАК ДЛЯ ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ  
ИДЕНТИФИКАЦИИ ВИДОВ GYMNOPTERNUS LOEW,  
1857 (DOLICHOPODIDAE, DIPTERA)**

*Аннотация:* в статье изменчивость формы крыла 150 видов из 3 родов подсемейства *Dolichopodinae* (Diptera, *Dolichopodidae*) изучена с использованием методов геометрической морфометрии. Виды и роды продемонстрировали значимые различия.

*Ключевые слова:* Diptera, *Dolichopodidae*, форма крыла, геометрическая морфометрия, межвидовая изменчивость.

Представители подсемейства *Dolichopodinae* (*Dolichopodidae*, Diptera) широко распространены в Палеарктике, особенно в гигрофильных биоценозах [Brooks, 2005], и составляют около 25% видов семейства. Наиболее крупными родами подсемейства являются *Dolichopus* Latreille, 1796 (около 600 видов), *Hercostomus* Loew, 1857 (более 500 видов), *Gymnopternus* (более 100 видов).

Ранее специалистами по фауне Палеарктики виды *Gymnopternus* включались в род *Hercostomus* [Негробов, 1979], однако исследования на основе морфологических и молекулярных данных показали, что *Gymnopternus* представляет собой отдельный род [Brooks, 2005]. Хотя однозначные филогенетические взаимоотношений между родами выявлены не были, однако, большинство исследователей поддерживают гипотезу о том, что виды *Gymnopternus* ближе к видам *Dolichopus*, чем *Hercostomus* [Bernasconi, 2007].

Значительное видовое разнообразие приводит к сложностям с идентификацией и систематикой группы [Grichanov, 2015]. Большую часть информации о видовой принадлежности двукрылых подсемейства предоставляют строение гениталий самца [Негробов с соавт., 2016], а также вторичные половые признаки. Эти признаки чаще всего используются для видовой идентификации, в то время как идентификация самок осложнена. Трудности возникают также из-за использования сложных для изучения признаков (наличие тонких волосков на лице), субъективных или относительных признаков («слегка вогнутые», «несколько сходящиеся жилки») либо признаков окраски ног, внутривидовая изменчивость которых недостаточно изучена.

Признаки морфологии крыла широко используются в таксономии и систематике семейства Dolichopodidae. Так, значительную изменчивость демонстрирует взаимное расположение апикальных отрезков  $R_{4+5}$  и  $M_{1+2}$ : они обычно параллельны у видов *Hercostomus* и слегка сходящиеся у видов *Dolichopus* и *Gymnopternus*. Для видов *Dolichopus* характерен изогнутый апикальный отрезок  $M_{1+2}$ , иногда с рудиментарной  $M_2$ , тогда как у большинства видов *Gymnopternus*  $M_{1+2}$  прямая, а вершина  $R_{4+5}$  несколько искривлена по направлению к заднему краю крыла, однако ряд видов *Gymnopternus* характеризуется прямыми апикальными отрезками  $R_{4+5}$  и  $M_{1+2}$ .

В настоящее время показано, что методы геометрической морфометрии могут быть успешно использованы для идентификации видов, трудно различимых по традиционным морфологическим признакам [например, Schutze et al., 2012]. Рассмотрение изменчивости формы крыла важно как с точки зрения таксономии, так и для оценки эволюционных тенденций в семействе. Используя данные о форме крыла, мы оценили межвидовую изменчивость формы крыла и ответили на вопрос, являются ли признаки формы эффективными для видовой идентификации.

Материалом для настоящего исследования послужили экземпляры из коллекции кафедры экологии и систематики беспозвоночных животных ВГУ, а

также личные сборы автора: 150 видов, принадлежащих 3 родам. Всего было изучено 3876 экземпляров (только самцы): *Dolichopus* (114 видов, 2556 экз.), *Hercostomus* (31 вид, 864 экз.) и *Gymnopternus* (5 видов, 456 экз.).

Для изучения изменчивости формы крыла использовались методы геометрической морфометрии. Все препараты крыльев были сфотографированы с помощью микроскопической камеры Levenhuk C NG и оцифрованы. Форма крыла были описана 9 ландмарками, расположенными на пересечении жилок друг с другом и с крыла краем. Двумерные декартовы координаты ландмарок были оцифрованы по фотографиям с помощью программы tpsDig-2.32.

Для анализа изменчивости формы были получены Прокрустовы остатки. Дальнейший анализ был выполнен с использованием методов многомерного статистического анализа в программе MorphoJ [Klingenberg, 2011]. Для оценки влияния межвидовой и межпопуляционной изменчивости на размер и форму крыла использовались дисперсионный анализ (ANOVA) и анализ канонических переменных (CVA). Для количественной оценки различий между формами крыла отдельных видов рассчитывалось Прокрустово расстояние [Zelditch, Swiderski, 2004]. Значимость различий была протестирована с помощью перестановочного теста с 10000 интеграций.

Дисперсионный анализ продемонстрировал значимые различия в размере крыльев как между родами ( $F = 69,75$ ,  $P < 0,0001$ ), так и между видами ( $F = 11,87$ ,  $< 0,0001$ ). Также были выявлены достоверные различия в форме крыла между родами ( $F = 379,51$ ,  $P < 0,0001$ ) и между видами ( $F = 76,31$ ,  $< 0,0001$ ).

Прокрустовы расстояния между средними формами крыльев составляли: 0,0303 (*Dolichopus* и *Gymnopternus*), 0,0368 (*Dolichopus* и *Hercostomus*) и 0,0379 (*Gymnopternus* и *Hercostomus*). Первая компонента вариации (CV1) составляла 81,17% от общей изменчивости формы и включала в себя, в основном, такие формы изменчивости крыла, как сближение  $R_{4+5}$  и  $M_{1+2}$ , а также изменение длины апикального отрезка  $M_{3+4}$ . По данной компоненте происходило разделение видов *Dolichopus* и *Gymnopternus* с видами *Hercostomus*. Тогда как разделение видов

*Dolichopus* и *Gymnopternus* происходило при помощи второй компоненты вариации, составляющей 18,83%. В данном случае изменчивость заключалась в смещении задней поперечной жилки, а также изменении относительной длины второй радиальной жилки. Таким образом, разделение видов *Dolichopus* и *Gymnopternus* на основании морфометрических признаков крыла происходило сложнее. Однако следует отметить, что отдельные виды *Hercostomus* в пространстве форм попадали в другие рода, тогда как основная масса видов *Dolichopus* и *Gymnopternus* была близка к средним значениям форм для данных родов.

С помощью дискриминантного анализа было показано, что с помощью переменных формы крыла 95,3% экземпляров *Dolichopus* были верно отделены от *Gymnopternus*, виды *Gymnopternus* правильно идентифицировались в 96,7% случаев. Виды *Hercostomus* были верно идентифицированы по форме крыла и отделены от видов *Dolichopus* в 99,3% случаях. Сложнее всего происходило разделение видов *Gymnopternus* и *Hercostomus*, в данном случае правильная идентификация видов происходила в 94,7% случаев.

Следует сделать вывод, что форма крыла может выступать в качестве видового и родового критерия, однако применять его следует в совокупности с другими признаками внешней морфологии. Таким образом, результаты, полученные с помощью методов геометрической морфометрии, подтверждаются на основе традиционных диагностических критериев, среди которых, как основные, можно выделить следующие признаки: 1) Щетинки на первом членике задних лапок: данный признак характерен только для видов рода *Dolichopus*; 2) Группа волосков перед задним дыхальцем. Данный признак является синапоморфией родов *Dolichopus* и *Gymnopternus* и не встречается у видов *Hercostomus*; 3) Удлиненный седьмой абдоминальный сегмент, образующий «ножку», на которой подвешен гипопигий, и удлиненные церки характерны для представителей рода *Hercostomus*.

### **Список литературы**

1. Негрбов О.П. Система подсемейства Dolichopodinae (Diptera, Dolichopodidae) мировой фауны / О.П. Негрбов // Экологические и морфологические основы систематики двукрылых насекомых. – 1979. – С. 69–72. EDN VFJOSR
2. Негрбов О.П. Морфометрические признаки гипопигия Dolichopodidae (Diptera) и их значение для разработки систематики семейства / О.П. Негрбов, М.А. Чурсина, О.В. Селиванова // Зоологический журнал. – 2016. – Т. 95 (3). – С. 314–326. DOI 10.7868/S0044513416030107. EDN VRZJNT
3. Bernasconi M.V. Molecular systematic of Dolichopodidae (Diptera) inferred from COI and 12S rDNA gene sequences based on European exemplars / M.V. Bernasconi, M. Pollet, M. Varini-Ooijen, P.I. Ward // Invertebrate Systematics. – 2007. – V. 21. – P. 453–470. DOI 10.1071/IS06043. EDN XADMGF
4. Brooks S.E. Systematics and phylogeny of Dolichopodinae (Diptera: Dolichopodidae) / S.E. Brooks // Zootaxa. – 2005. – Vol. 857. – P. 1–158. DOI 10.11646/zootaxa.857.1.1. EDN MMOSSU
5. Grichanov I.Ya. Palaearctic species of the Hercostomus plagiatus group (Diptera: Dolichopodidae) with description of a new species from the Middle East / I.Ya. Grichanov // Zootaxa. – 2015. – Vol. 3918(3). – P. 424–432. DOI 10.11646/zootaxa.3918.3.6. EDN UGFKAD
6. Klingenberg C.P. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics / C.P. Klingenberg // Molecular Ecology Resources. – 2011. – Vol. 11. – P. 353–357. DOI 10.1111/j.1755-0998.2010.02924.x. EDN OAIUBV
7. Schutze M.K. Wing shape as a potential discriminator of morphologically similar pest taxa within the Bactocera dorsalis species complex (Diptera: Tephritidae) / M.K. Schutze, A. Jessup, A.R. Clarke // Bulletin of Entomological Research. – 2012. – Vol. 102. – P. 103–111.
8. Zelditch M.L. Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer / M.L. Zelditch, D.L. Swiderski. – London: Elsevier Academic Press, 2004. – 437 p.