

Московская школа на Юго-Западе № 1543

Кафедра биологии

**Морфология некоторых видов жуков-плавунцов подсемейства Dytiscinae
на примере популяций из Нижне-Свирского заповедника
(север Ленинградской обл.)**

Леонтович Ю.А. (9Б)

Научные руководители:

Петров П. Н.

Волкова П.А.

Москва

2018

Введение

Жуки-плавунцы (Dytiscidae, Coleoptera) – вторичноводные насекомые, представленные на территории России примерно 300 видами (Зайцев, 1953). Среди видов плавунцов выделяют три группы: виды, неприспособленные к полету; виды, некоторые представители которых способны к полету; виды, все представители которых способны к полету (Jackson, 1956). В подавляющем большинстве популяций *Dytiscus lapponicus* Gyllenhal, 1808 полет не отмечен (Петров и др., 2013). А особи видов: *D. marginalis* Linnaeus, 1758; *Graphoderus cinereus* Linnaeus, 1758 и *G. zonatus* Hoppe, 1795 – все способны летать (Jackson, 1956).

Крылья жуков изучены хуже, чем многие другие структуры, и в этой области можно провести немало актуальных исследований. Помимо того, что форма и жилкование крыльев могут оказаться важными систематическими признаками, как у многих других насекомых (Шванвич, 1949), интересно исследовать вариативность крыльев жуков с хорошо и плохо развитыми летательными мышцами, узнать, будет ли она выражена сильнее в строении крыльев некоторых жуков, выживание которых не зависит от их способности к полету. До нас крылья плавунцов по похожей на нашу методике изучали в своих работах Амбарцумян и Опарина (2017) и Ребриков и др. (2016). Они изучали связь длины и площади крыльев с длиной всего тела жуков. Причем в одной из этих работ у *D. lapponicus* эта связь была установлена, а в другой нет. Полученные в их и в нашем исследованиях данные можно сравнить, и на их основании сделать более точные выводы.

Некоторые виды плавунцов сложно отличить друг от друга из-за отсутствия точных диагностических признаков, выраженных у всех особей. Это наталкивает на идею подробнее изучить их морфологию и попытаться выявить более эффективные диагностические признаки. Например, могут возникнуть трудности в различении *D. lapponicus* и группы близких видов комплекса *D. circumflexus* (*D. circumflexus* Fabricius, 1801; *D. latro* Sharp, 1882 и *D. thianschanicus* Gschwendther, 1923). В определителях отличительным признаком *D. lapponicus* указывают его более светлую относительно других представителей рода окраску (Зайцев, 1953; Кирейчук, 2001), но нередко встречаются и темные особи, с более узкими светлыми полосками по краям

переднеспинки, которые по имеющимся ключам определяются как виды комплекса *D. circumflexus* (Петров и др., 2013). У всех этих видов на задних тазиках имеются характерные для рода *Dytiscus* Linnaeus, 1758 отростки (Зайцев, 1953). Заметно, что их форма и угол между ними у этих видов различаются, но морфометрическими данными это пока не подтверждено, и в определителях этот признак не используется.

Измерением этих морфометрических показателей уже занимались в своей работе Чупин и Морозова (2017), они не нашли их разницу у разных видов, но это скорее всего связано с тем, что они неверно определили эти виды (П. Н. Петров, личное сообщение).

Для дальнейшего изучения жуков-плавунцов будет полезна информация о том, насколько точно можно судить о массе живого жука по массе уже высушенного. А для исследований химического и изотопного состава частей тела жуков важным вопросом будет то, какую долю от массы всего тела занимает соответствующая часть тела.

Исходя из этих соображений, в данной работе мы поставили следующие цель и задачи.

Цель:

Изучить некоторые аспекты морфологии жуков-плавунцов (Coleoptera: Dytiscidae) на примере отдельных видов, обитающих в водоемах Нижне-Свирского заповедника.

Задачи:

1. Сравнить относительные размеры крыльев летающих и нелетающих видов жуков-плавунцов.
2. Вычислить отношения разных морфометрических показателей отростков задних тазиков у имаго *D. lapponicus* и комплекса *D. circumflexus*, и проверить, можно ли использовать эти признаки как диагностические для этих видов.
3. Рассчитать относительную массу частей тела имаго *D. marginalis*.
4. Установить, насколько уменьшается масса разных частей тела *D. marginalis* при высыхании.

Материалы и методы

Исследование проводили на жуках-плавунцах, пойманных с 26 июня по 5 июля 2017 года в водоемах Нижне-Свирского государственного заповедника, Лодейнопольский район, Ленинградская область (оз. Лебединое, болото «Водный стадион», р. Ситика, а также лужи близ устья р. Гумбарки). Были измерены жуки четырех видов: *D. lapponicus* (9 экземпляров), *D. marginalis* (7 экземпляров), *G. cinereus* (3 экземпляров), *G. zonatus* (11 экземпляров). Виды определяли по «The aquatic Adepaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark» (Nilsson, Holmen, 1995). Мы также проанализировали жуков комплекса *D. circumflexus* из ряда коллекций: *D. circumflexus*, *D. latro* и *D. thianschanicus* (всего 11 экземпляров). Пол каждой особи определяли по наличию присосок на передних лапках у самцов и их отсутствию у самок.

Измерение крыльев

Всех пойманных мертвых жуков взвешивали на лабораторных весах (с точностью до 0,01 г). С помощью штангенциркуля (с точностью до 1 мм) измеряли длину и ширину всего тела (голова при этом в естественном положении – опущена вниз), головы, груди и брюшка вместе, правого надкрылья. Затем отгибали надкрылья и с помощью маникюрных ножниц вырезали оба крыла вместе с основанием. С помощью энтомологических булавок и полосок, вырезанных из канцелярского файла, крылья расправляли на куске пенополиуретана и оставляли сушиться, закрепляя рядом порядковый номер жука (рис. 1).



Рис. 1. Высушивание крыльев жуков-плавунцов, расправленных с помощью энтомологических булавок и полосок из канцелярского файла

У *D. lapponicus* после извлечения крыльев вырезали заднюю поверхность птероторакса, чтобы проверить жука на наличие летательной мускулатуры. Затем жука помещали на матрасик, подкладывая под него присвоенный ранее номер. Спустя 12 ч высушенные крылья наклеивали на плотный лист бумаги, используя клей ПВА, рядом подписывали номер жука. После высыхания клея прозрачной линейкой измеряли максимальную длину крыла параллельно костальной жилке и максимальную ширину перпендикулярно ей (с точностью до 1 мм, рис. 2). Приблизительную площадь крыла вычисляли по формуле площади эллипса ($S = \pi \cdot a/2 \cdot b/2$), за a и b принимали измеренные длину и ширину. Эта площадь приближена к реальной, что можно подтвердить, пересчитав ее с помощью палетки, получается коэффициент примерно равный 0,9. Этот коэффициент мы получили, измерив по одному крылу для каждого исследуемого вида обоими способами, и приняли его для всех экземпляров, так как форма крыла у жуков одного вида одинаковая.

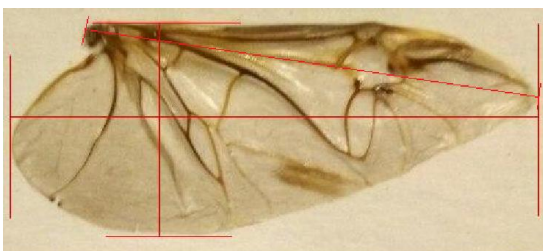


Рис. 2. Высушенное крыло жука-плавунца, с отмеченными шириной, максимальной длиной и длиной от основания

Измерение отростков задних тазиков

У *D. lapponicus*, *D. circumflexus*, *D. thianschianicus* и *D. latro* под биноклем с помощью окуляра-микрометра измеряли три показателя: расстояние между вершинами тазиков, длину выроста левого тазика и длину вершины выроста левого тазика, определяли угол между выростами тазиков по синусу, найденному через формулу $\sin a/2 = PMBT / 2 \cdot DVT$ (рис. 3).

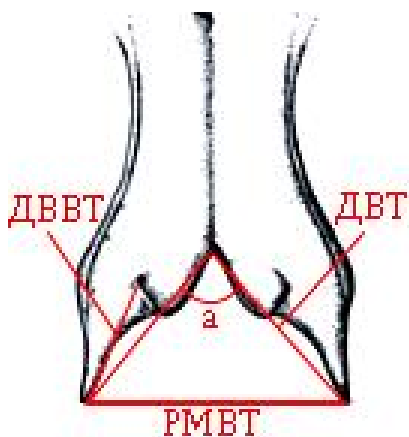


Рис. 3. Отростки задних тазиков (ОЗТ) жука рода *Dytiscus*. *PMBT* – расстояние между вершинами задних тазиков, *DVT* – длина выроста тазика, *DVVT* – длина вершины выроста тазика, *a* – угол между выростами задних тазиков. (по Nilsson, Holmen, 1995, с изменениями)

Измерение массы частей тела

Жука вида *D. marginalis*, пойманного в день измерений, расчленили с помощью маникюрных ножниц (5 экз., рис. 4). При этом последовательно с помощью штангенциркуля измеряли необходимые морфометрические показатели: максимальную длину и ширину всего тела жука, головы, надкрылья, крыла, переднегруди, птероторакса и брюшка (рис. 5). Получали длину правой ноги из каждой пары, складывая длины всех четырех сегментов для передней и средней ног и только трех (без тазика) для задней. Взвешивали каждую из этих частей на лабораторных весах (с точностью до 0,01 г), при этом крылья и ноги взвешивали парами и делили полученный результат пополам. Спустя месяц высушивания в хорошо проветриваемом помещении и еще месяц в негерметичных пластмассовых контейнерах взвешивания провели повторно. Еще 7 жуков взвесили в высушенном и влажном состоянии не расчлняя

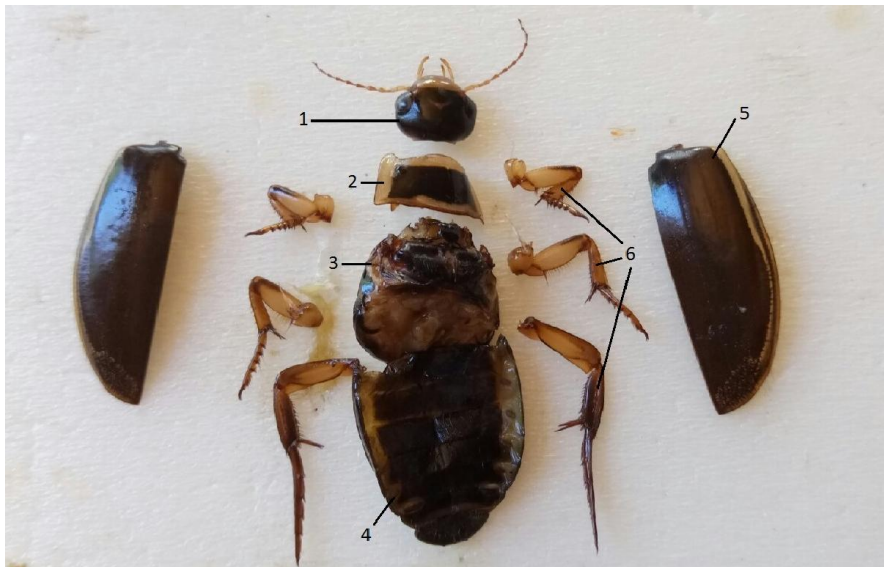


Рис. 4. Расчлененный жук *Dytiscus marginalis*. 1 – голова, 2 – переднегрудь, 3 – птероторакс, 4 – брюшко, 5 – надкрылье, 6 – ноги.

Данные обработали в статистической программе R (Development Core Team, 2013).

Результаты

Мы проанализировали соотношение размеров разных частей тела у всех видов, кроме *G. cinereus*, поскольку для него было недостаточно данных

Тест Спирмена показал отсутствие связи между длиной тела и длиной крыла у *D. lapponicus* ($p = 1$) и ее наличие у *D. marginalis* ($p = 0,02$; $r = 0,83$) и *G. zonatus* ($p < 0,01$; $r = 0,86$) (рис. 5); отсутствие связи между длиной тела и площадью крыла у *D. lapponicus* ($p = 0,81$) и ее наличие у *D. marginalis* ($p < 0,01$; $r = 0,95$) и *G. zonatus* ($p < 0,01$; $r = 0,87$) (рис. 6). Коэффициент вариации длины крыла у *D. lapponicus* – 10,16; у *D. marginalis* – 17,01; у *G. zonatus* – 18,31. У всех измеренных нами особей *D. lapponicus* летательные мышцы были не развиты, а на их месте находился жир.

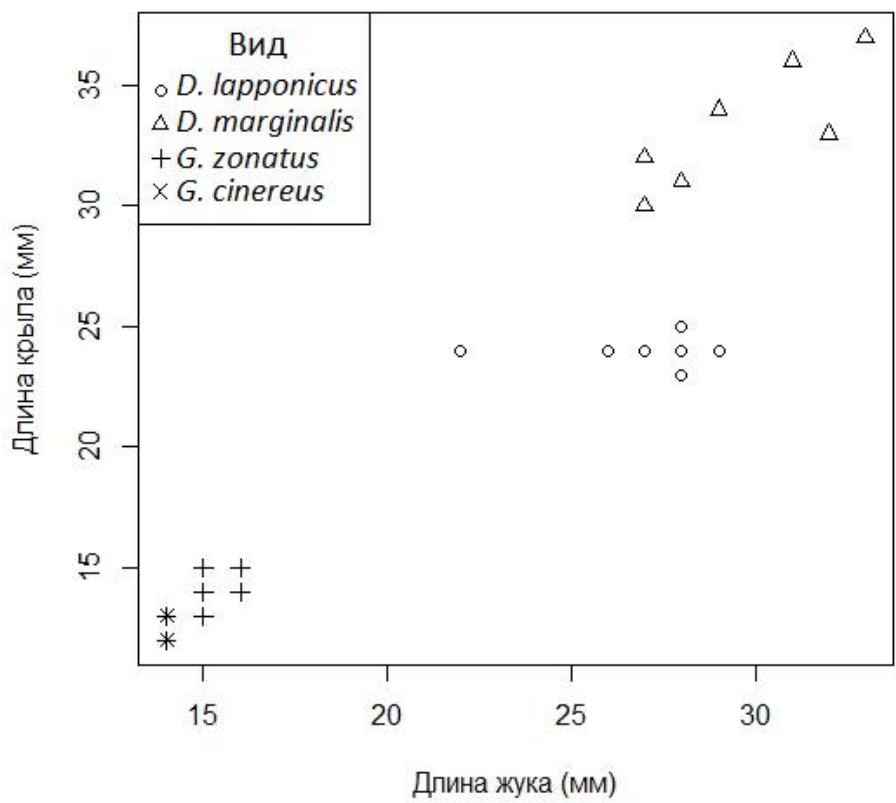


Рис. 5. Связь длины тела и длины крыла у разных видов жуков-плавунцов

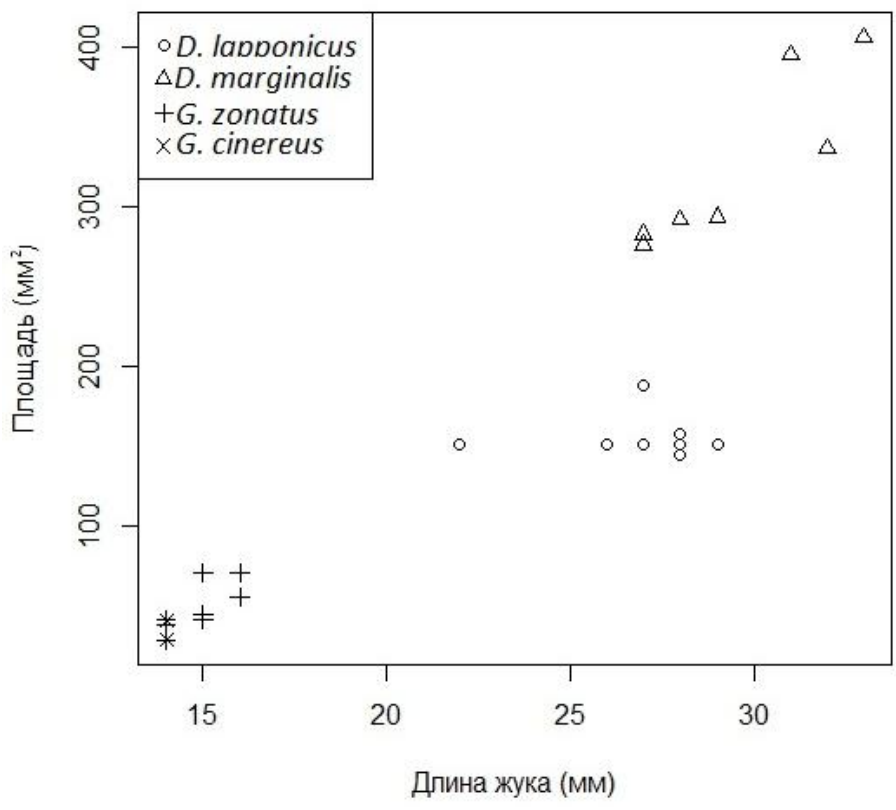


Рис. 6. Связь длины тела и площади крыла у разных видов жуков-плавунцов

Распределение массы тела свежепойманных *D. marginalis* оказалось в среднем как на рис. 7 (подробнее в табл. 1). А ее распределение у высушенных жуков как на рис. 8.

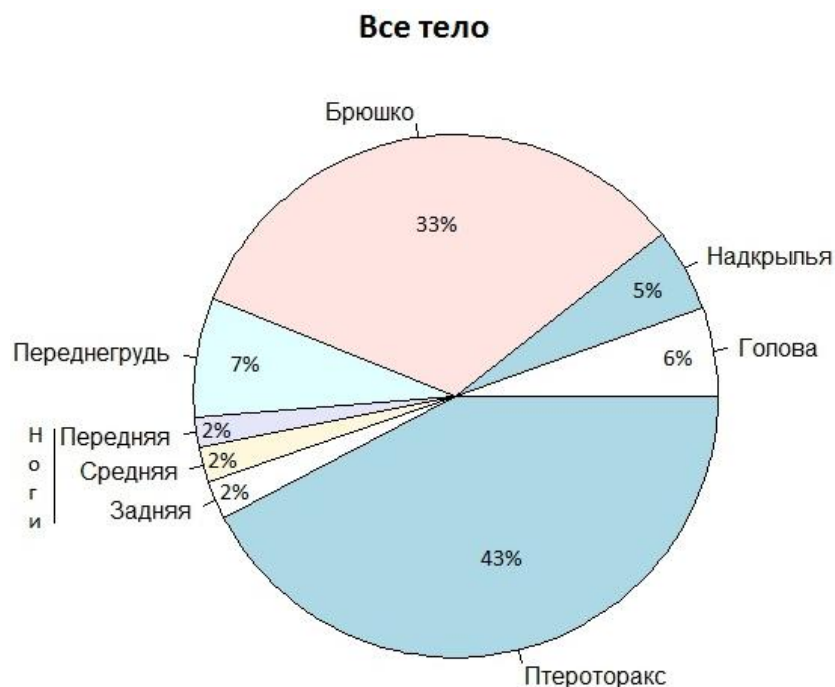


Рис. 7. Средние значения относительной массы разных частей тела свежепойманного *D. marginalis*

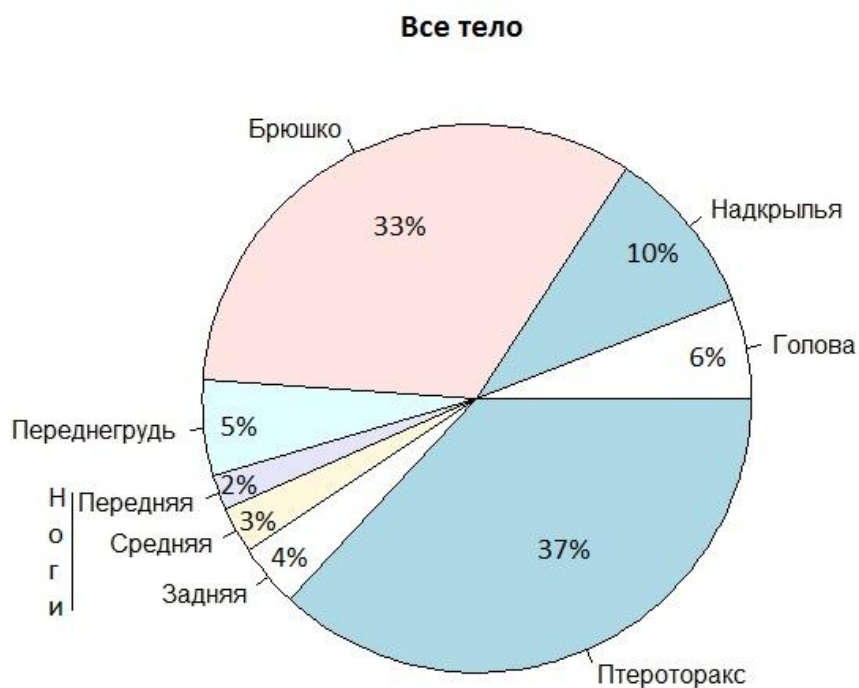


Рис. 8. Средние значения относительной массы разных частей тела сухого *D. marginalis*

Табл. 1. Относительная масса частей тела *D. marginalis*.

Часть тела	Относительная масса (% от общей массы тела)		
	Средняя	Минимальная	Максимальная
Голова	6	4	6
Надкрылья	5	5	6
Брюшко	33	26	37
Переднегрудь	7	7	8
Передняя нога	2	1	3
Средняя нога	2	2	2
Задняя нога	2	2	2
Птероторакс	43	37	50

Результаты высушивания *D. marginalis* показаны в табл. 2.

Табл. 2. Относительная масса высушенных частей тела *D. marginalis* от невысушенных.

Часть тела (высушенная)	Относительная масса (% от массы невысушенных)		
	Средняя	Минимальная	Максимальная
Голова	41	39	44
Надкрылья	75	67	78
Брюшко	38	32	42
Переднегрудь	29	27	33
Передняя нога	43	17	54
Средняя нога	48	30	58
Задняя нога	62	38	73
Птероторакс	34	28	39
Все тело	42	35	46

Значения отношения расстояния между выростами задних тазиков (РМВТ) к длине выростов задних тазиков (ДВТ) у *D. lapponicus* и комплекса *D. circumflexus* не перекрываются (тест Вилкоксона: $p < 0,01$, рис. 9). Угол между выростами задних тазиков у жуков комплекса *D. circumflexus* от 50° до 60° , у *D. lapponicus* от 66° до 78° . Значения других изученных нами морфометрических показателей задних тазиков: РМВТ, ДВТ, ДВВТ – не перекрываются (рис. 10-12).

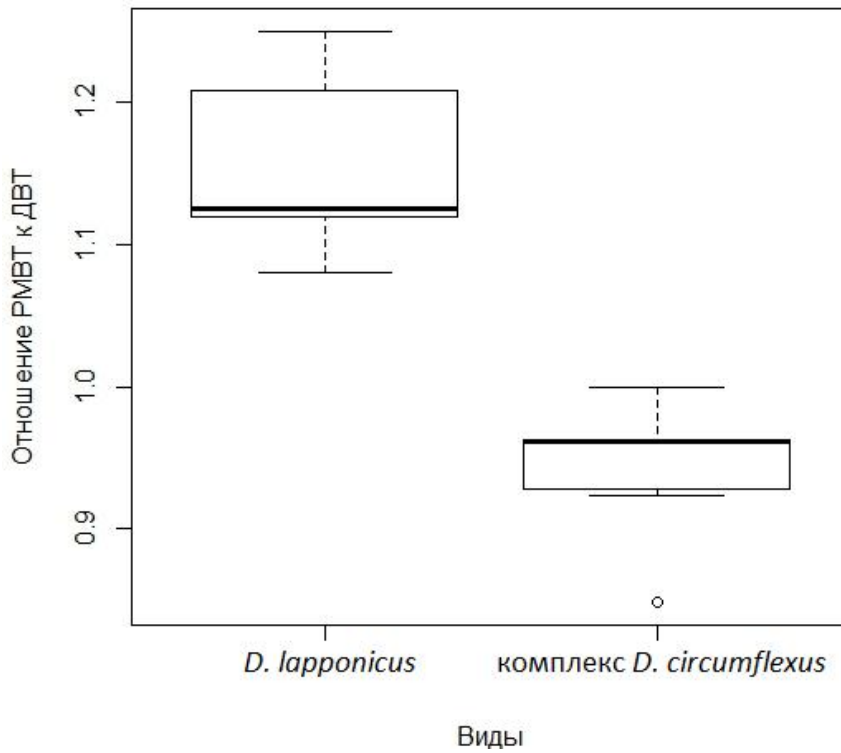


Рис. 9. Отношение расстояния между выростами задних тазиков (PMBT) к длине выростов задних тазиков (ДВТ) у *D. lapponicus* и видов комплекса *D. circumflexus*

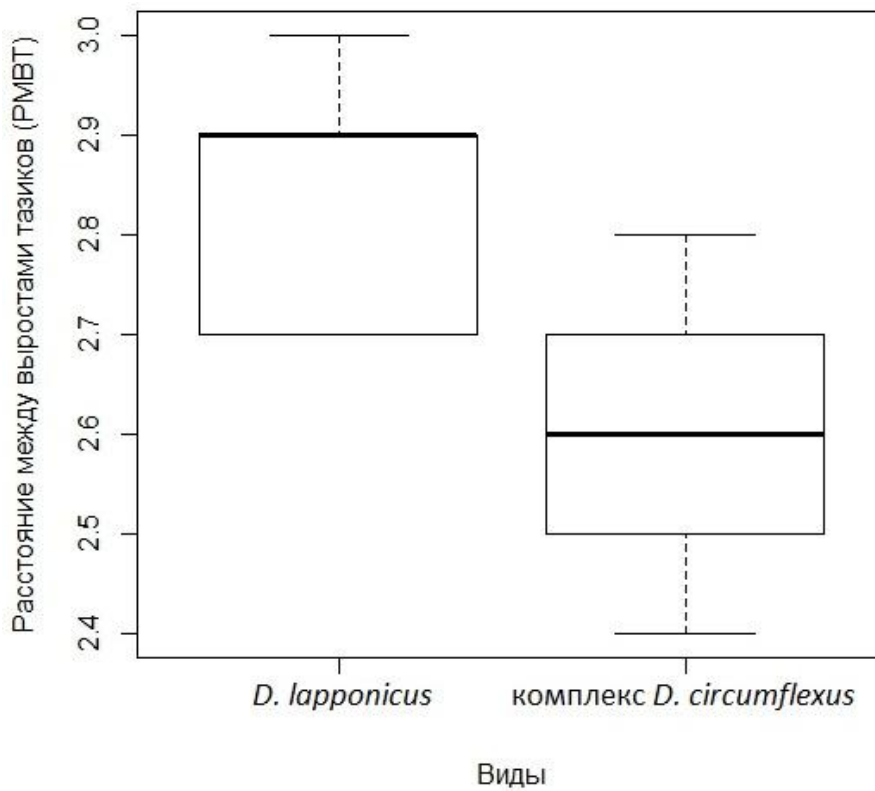


Рис. 10. Расстояние между выростами задних тазиков (PMBT) у *D. lapponicus* и видов комплекса *D. circumflexus*

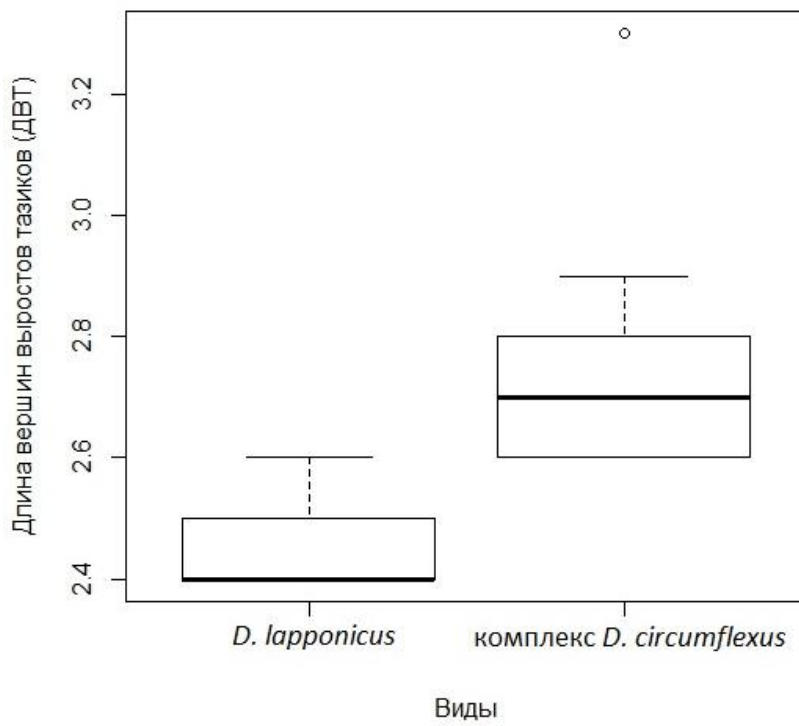


Рис. 11. Длина выростов задних тазиков (ДВТ) у *D. lapponicus* и видов комплекса *D. circumflexus*

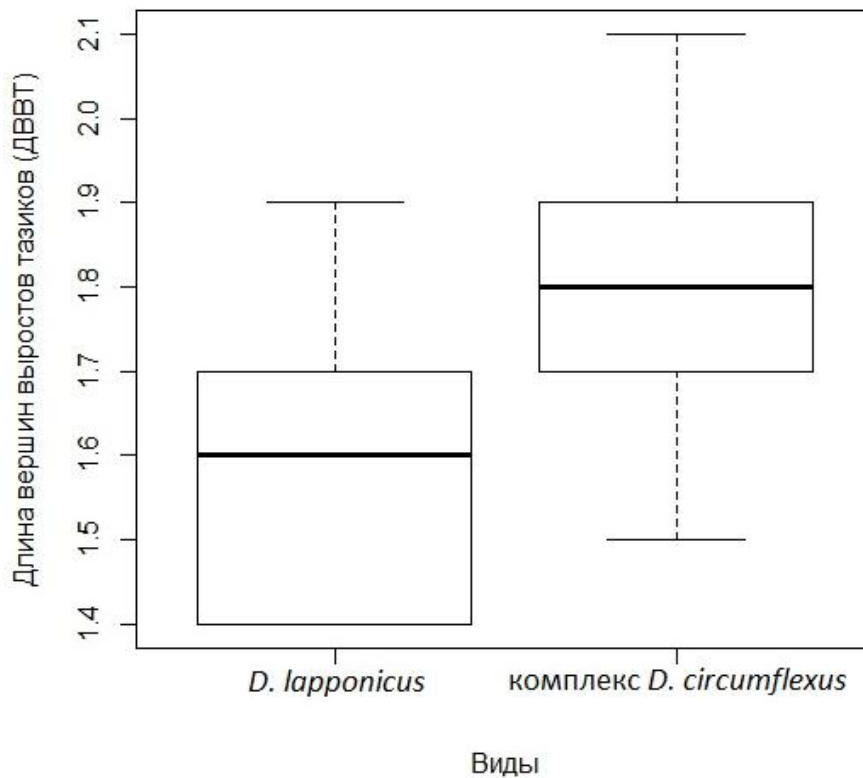


Рис. 12. Длина вершин выростов задних тазиков (ДВВТ) у *D. lapponicus* и видов комплекса *D. circumflexus*

Обсуждение

Морфометрия крыльев

В результате сравнения морфометрических показателей крыльев разных видов плавунцов нам удалось выявить, что у *D. marginalis* и *G. zonatus* имеется статистически значимая связь размера крыльев с размером тела, а у *D. lapponicus*, по всей видимости, она отсутствует. Похожие результаты были получены в работе Амбарцумян и Опариной (2017), они тоже не нашли эту связь у *D. lapponicus*, но обнаружили ее у *Acilius canaliculatus* Nicolai, 1822 и *Acilius sulcatus* Linnaeus, 1758. При этом в своей работе мы подтвердили, что у исследуемых нами особей *D. lapponicus* летательные мышцы не развиты, что дает нам основания полагать, что такая тенденция связана с отсутствием у этого вида необходимости иметь крылья строго пропорциональные телу, так как большинство особей ими никогда не пользуются (Петров и др., 2013). Размер, и форма крыльев у этих *D. lapponicus* никак не влияют на естественный отбор.

При этом в работе Ребрикова и др. (2016), у *D. lapponicus* была найдена связь между длиной крыла и длиной тела. Это может быть связано с тем, что изучаемые ими особи были способны к полету и имели хорошо развитый летательный аппарат.

В будущих работах можно будет изучить те же морфометрические показатели в других популяциях

D. lapponicus, в том числе в тех, где значительная часть особей летают, а также у других летающих и нелетающих видов. Так можно проверить действительно ли отсутствие корреляции размеров тела и крыльев связана с неспособностью к полету.

Морфометрия выростов задних тазиков

Сравнения выростов задних тазиков *D. lapponicus* и видов комплекса *D. circumflexus* показали, что наилучший диагностический признак – величина угла между выростами: у *D. circumflexus* – от 50° до 60°, у *D. lapponicus* – от 66° до 78°. В связи с тем, что непосредственно угол измерить сложно, на практике более удобной будет величина прямопропорциональная синусу этого угла – отношение РМВТ к ДВТ. У комплекса *D. Circumflexus* ее значение достигает 1, а у *D. lapponicus* оно начинается от 1,08. Полученные данные помогут в более точном определении этих видов. Можно составлять новые определительные ключи для видов рода *Dytiscus*, используя этот признак. Возможно, этот или другие

подобные признаки окажутся полезны и для определения видов других родов семейства Dytiscidae.

Мы опровергли результаты, полученные Морозовой и Чупиным в работе 2017 г. о том, что часто значения этих признаков у исследованных нами видов совпадают и не могут быть диагностическими. Скорее всего они не нашли разницу в показателях из-за того, что неправильно определили часть материала (П. Н. Петров, личное сообщение).

Относительные массы частей тела

Коэффициенты, позволяющие находить приблизительную массу части тела *D. marginalis* по массе всего тела, можно найти в табл. 1. Наибольшую часть массы жука составляет его птероторакс, несмотря на то, что он – не самая большая часть тела. Видимо, так получается из-за того, что в нем находятся мощные летательная и гребная мускулатуры, а также внутренние хитиновые структуры – мезонотум. Доли, приходящиеся на остальные части тела, соотносимы с их размерами. При высушивании в течение двух месяцев жуки теряют в среднем около 58% своей массы. Больше всего усыхает переднегрудь (до 71%), из чего можно сделать вывод, что в ней наибольшее содержание воды. Также довольно сильно теряют массу птероторакс и брюшко. Меньше всех теряют массу надкрылья (до 33%) и соответственно содержат в себе минимальное количество воды. Мы можем примерно определять массу живого жука по высушенному, поделив ее на 0,42.

В

дальнейшем эти показатели стоило бы исследовать и у других видов и семейств, а также при разной продолжительности высушивания и после воздействия спирта (часто жуков некоторое время хранят в спирте, и можно предположить, что такие экземпляры высыхают быстрее, так как спирт забирает часть воды).

Выводы:

1. В популяции нелетающих *D. lapponicus* нет статистически значимой связи между размерами крыльев и тела жука, а у *D. marginalis* и *G. zonatus* она есть.
2. Наиболее эффективный диагностический признак для различия видов комплекса *D. circumflexus* и *D. lapponicus* – угол между выростами задних тазиков (у комплекса *D. circumflexus* – от 50° до 60°, у *D. lapponicus* – от 66° до 78°).

3. Наибольшую часть массы тела *D. marginalis* занимает птероторакс, за ним идут брюшко, надкрылья, голова, переднегрудь и ноги (Подробнее в табл. 1).
4. За два месяца высушивания *D. marginalis* теряет около 58% своей массы. Отдельные части тела теряют в среднем от 25% до 71%. По массе высушенного жука можно определить приблизительную массу живого, подлив ее на процент из табл. 2.

Благодарности

Мы благодарим наших научных руководителей П.Н. Петрова и П.А. Волкову за помощь в написании работы, С.М. Глаголева и Е.В. Елисееву за организацию практики, администрацию Нижне-Свирского заповедника и в особенности В.А. Ковалева за предоставленную возможность сбора материала.

Литература

- Амбарцумян Е. Опарина Ю., 2017. Изучение изменчивости размеров крыльев трех видов жуков-плавунцов (Coleoptera, Dytiscidae). 16 с. Режим доступа: <http://www.bioclass.ru/files/konfl7/ambars.pdf>
- Зайцев Ф.А., 1953. Семейство – Dytiscidae. Плавунцы // Фауна СССР. Насекомые жесткокрылые. Т. 4. Плавунцовые и вертячки. М. – Л.: Издательство Академии наук СССР. 376 с.
- Кирейчук А.Г., 2001. Сем. Dytiscidae (имаго, куколки) // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 5. Высшие насекомые. СПб.: Наука С. 130–227.
- Петров П.Н., Федоров И.В., Хасина М.А., Волкова П.А., 2013. Географическая изменчивость окраски и способности к полету у Имаго *Dytiscus lapponicus* (Coleoptera, Dytiscidae) по материалам из трех удаленных друг от друга регионов России. // Гидроэнтомология в России и сопредельных странах. Ярославль: Филигрань. С. 122–125.

Ребриков Д., Павилова А., Троицкая А., 2016. Изучение частоты всплывания и изменчивости признаков, связанных с полетом, у жуков-плавунцов. 17 с. Режим доступа: <http://www.bioclass.ru/files/konfl6/vspliv.pdf>

Шванвич Б.Н., 1949. Курс общей энтомологии. М.: Советская наука.

Jackson D.J., 1956. The capacity for flight in certain water beetles and its bearing on their orig in the western Scottish Isles // Proceeding of the Linnean Society of London. Session 167, 1954–55. Pt. 1. P. 76–96.

Nilsson A.N., Holmen M., 1995. The aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. V. II. Dytiscidae. Leiden; New York; Köln: E.J. Brill. 192 p. (Fauna Entomologica Scandinavica. V. 32.)