

Московская школа на Юго-Западе №1543

Кафедра биологии

**Сравнительное исследование
морфологической изменчивости крыльев
летающих и нелетающих представителей
рода *Dytiscus* (Coleoptera, Dytiscidae)**

Барвара Усман, 9 «Б»

Научный руководитель:

П.Н. Петров

Москва

2019

Введение

Отряд жесткокрылые (Coleoptera), несмотря на сравнительно подробную изученность со стороны разнообразия и строения, во многих аспектах остается недостаточно исследованным, в частности в том, что касается летательного аппарата и полета.

Одной из крупнейших работ по крыльям и полету жуков является книга Д. Г. Комстока (Comstock, 1918) «Крылья насекомых» (*The Wings Of Insects*), однако в ней, несмотря на подробные описания и иллюстрации, нет достаточного количества информации по водным жукам и их полету. В книге Нильсона и Хольмена (Nilsson, Holmen, 1995) обобщены некоторые данные по способности к полету жуков-плавунцов (семейство Dytiscidae).

В связи с тем, что у представителей данного отряда передняя пара крыльев была видоизменена и выполняет защитную функцию, их летательные способности ограничены; некоторые виды жуков не способны к полету.

Плавунцы представляют собой уникальный пример адаптации насекомых к обитанию в водной среде. В ходе эволюции семейство дивергировало на летающие и нелетающие виды. Интересно отметить, что у нелетающих представителей семейства крылья не редуцировались, хотя более и не несут функциональной нагрузки.

Эта проблема и прежде рассматривалась в научной литературе (Fedorenko, 2015), однако такой аспект морфологической variability крыльев как характеристики эволюционного процесса остается весьма актуальным.

Данная работа направлена на изучение причинно-следственной взаимосвязи морфологической variability с функциональной нагрузкой на орган на примере крыльев представителей двух видов рода *Dytiscus*.

Еще в начале работы можно было предположить, что различия в таких

морфологических особенностях как жилкование и размер у нелетающих видов будут выражены сильнее.

Но чтобы понять причину тех или иных результатов также нужно разобраться в эволюционном происхождении рода (насколько давно появился нелетающий вид, когда произошло разделение, ведь если это случилось относительно недавно, то различия могут быть незначительными).

Полет – сложный механический процесс. Крыло является сложноустроенной деталью, поддерживающей равновесие, направляющей полет, создающей воздушные потоки и выполняющей множество основных для полета функций. Поэтому для крыла предельно важно соблюдение определенных заданных параметров: веса, размеров, плотности, расположения центров тяжести (птеростигмы, аксиллярных склеритов (а также крепления, основания крыла), наиболее крупных жилок) и т.д.

С 2015 года в школе №1543 ведутся исследования в этом направлении. Изучение строения и изменчивости крыльев *Dytiscus* не всегда сбыли основной задачей этих работ, однако работа многие аспекты рассматривались точно также. Основным недостатком методики моих предшественников было полное игнорирование (Амбарцумян, Опарина, 2017), или же неправильное учитывание размеров югальной лопасти (вследствие допущения неточностей в технике расправления) (Ребриков, Привалова, Троицкая, 2016), которая по нашим подсчетам составляет приблизительно $\frac{1}{4}$ расстояния от одного конца крыла до другого и несомненно влияет на полученные при измерениях данные.

Усовершенствовав технику подготовки материала (расправления и сушки крыла), мы добились более результатов, более точно показывающих морфологические различия между особями. Измерения каждого крыла проводилось по трем параметрам, так же учитывались и размеры тела самого жука.

Материалы и методы

Работу по изучению изменчивости морфологии крыльев у летающих и нелетающих представителей рода *Dytiscus* мы проводили на территории Нежне-Свирского государственного природного заповедника (Ленинградская область, Лодейнопольский район). Жуки были пойманы в недалеко расположенных от лагеря реках, озерах и болотах (оз. Гагарье, мочажина “Водный стадион”, урочище р. Гумбарицы, р. Пильчужня и др.) и предоставлены коллегами, также занимающимися изучением этого семейства.

Пойманных жуков мы спиртовали и раскладывали по большим чашкам Петри для дальнейшего, более точного определения вида (Nilsson, Holmen, 1995). После определения, особей разделяли, и далее проводили работу с каждым видом по отдельности.



Рис.1. Жуки *Dytiscus marginalis* в чашке Петри, готовые к препарированию.

Для подготовки крыльев мы использовали: маникюрные ножницы, мягкий пинцет, плотный кусок пенополиуретана приблизительно 13×13 см, используемый в качестве расправилки, бумага для черчения (или просто плотная, акварельная бумага) формата А4, калька, клей ПВА, небольшая кисточка (для клея).

Расправление

Мы брали заспиртованного жука в руки, пальцами поддевали надкрылье и поднимали его, отводя в сторону, так, чтобы оно открылось до небольшого щелчка. Мягким пинцетом подцепляли влажное крыло и точно

так же слегка отводили в сторону. Затем аккуратно брали крыло двумя пальцами, фиксируя его в отогнутом положении, открывая доступ к креплению крыла. Маникюрными ножницами отрезали крыло вместе с небольшим суставчиком в его основании.

Пользуясь пальцами и мягким пинцетом, отрезанное крыло, осторожно расправляли, не оставляя складок и загнутых краев. Расправленное крыло клали на расправилку и прикалывали тонкими, заранее нарезанными полосками кальки. Булавки ставятся враспорку, а полоски кальки плотно прилегают к поверхности крыла. Оставляли на 3–4 часа (лучше на сутки).

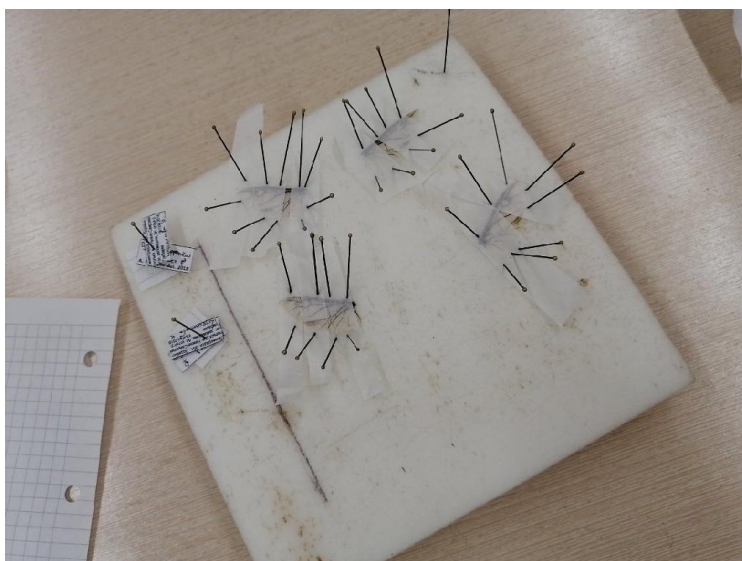


Рис. 2. Крылья, сохнущие на расправилке.

Пока сохнут крылья, мы накалывали, этикетировали жука и давали ему порядковый номер (такой же номер прикалывается рядом с сохнущей парой его крыльев).

Высохшие крылья снимали с расправилки и, используя кисточку и клей ПВА, приклеивали на сложенный пополам лист бумаги. Наклеенные крылья также подписывали (этикетка, номер жука, пол особи).

Все измерения делались при помощи штангенциркуля, это позволяло определять длину крыла с точностью до 0,1 мм.

Замеры делались по девяти параметрам: (1) Длина жука с учетом головы, (2) Длина жука без учета головы, (3) Ширина жука, (4) Длина правого крыла с учетом югальной лопасти, (5) Длина правого крыла без учета

югальной лопасти, (б) Ширина правого крыла, (пункты 7–9 — 4–6 для левого крыла соответственно).

Статистическую обработку данных проводили в среде R.

Результаты

Полученную нами выборку можно считать достаточно большой (*Dytiscus marginalis* – 30 особей, *Dytiscus lapponicus* – 15 особей), распределение значений, по-видимому, близко к нормальному (по крайней мере, для первого вида, но мы предположили, что и для второго вида распределение можно считать нормальным). Поэтому данные обрабатывали, используя тесты для параметрических данных.

В работе мы проводили тесты на зависимость одного параметра от другого (есть ли корреляция между параметром x и параметром y). Например, зависимость длины тела жука от длины его крыла (рис. 3). Так как длину тела жука мы измеряли двумя способами, с и без учета длины головы, то до этого мы рассчитали и сравнили коэффициенты вариации для этих двух параметров.

коэффициент вариации «с» (*marginalis*) - 0.083

коэффициент вариации «без» (*marginalis*) - 0.046

коэффициент вариации «с» (*lapponicus*) - 0.047

коэффициент вариации «без» (*lapponicus*) - 0.045

Так как длина жука без головы все же является более надежным показателем (это можно объяснить пригибанием головы в результате высыхания), то в дальнейших измерениях мы будем отталкиваться именно от нее.

Интересно также, что коэффициент вариации «с» и «без» у представителей вида *lapponicus* приблизительно одинаковый, в то время как у *marginalis* они различаются почти в 2 раза.

Точно такую же проверку мы выполнили с данными по длине крыла с и без учета югальной лопасти.

коэффициент вариации «с» (*marginalis*) - 0.0666

коэффициент вариации «без» (*marginalis*) - 0.0401

коэффициент вариации «с» (*lapponicus*) - 0.0398

коэффициент вариации «без» (*lapponicus*) - 0.0393

Вывод все тот же и в дальнейших измерениях мы так же используем длину крыла без югальной лопасти.

Итак, измерив, коэффициенты вариаций для 4 параметров и выяснив, какие из них более надежны, мы можем рассчитать значения «р» и коэффициенты корреляции между ними (а также построить диаграмму рассеивания - рис.3,4).

Корреляционный тест Пирсона для длины крыла и длины тела жука *lapponicus* дал такие результаты:

примерное значение р - 0.00068

коэффициент корреляции для данных параметров приблизительно равен 0.75

Корреляционный тест Пирсона для длины крыла и длины тела жука *marginalis* дал такие результаты:

примерное значение р - $3.175 \cdot 10^{-5}$

коэффициент корреляции для данных параметров приблизительно равен 0.68

Длина тела жука и длина его крыла коррелируют и у того, и у другого вида. Однако у нелетающего вида (*Dytiscus marginalis*) коэффициент корреляции немного меньше.

Так же, для сравнения общих морфологических признаков мы определили, есть ли зависимость между длиной и шириной тела жука, то есть нашли значение «р», а затем посчитали коэффициент корреляции для этих параметров. После этого мы построили диаграммы рассеяния (рис. 5, 6).

Корреляционный тест Пирсона для длины и ширины жука *marginalis* дал такие результаты:

примерное значение р - $5.096 \cdot 10^{-6}$

коэффициент корреляции для данных параметров приблизительно равен 0.73

Корреляционный тест Пирсона для длины и ширины жука *lapponicus*:

примерное значение р - $4.037 \cdot 10^{-5}$

коэффициент корреляции для данных параметров приблизительно равен 0.84

У жуков вида *lapponicus* длина и ширина тела коррелируют сильнее.

Похожие расчеты мы провели с шириной тела жука и шириной крыла.

Корреляционный тест Пирсона для ширины крыла и ширины тела жука *lapponicus* дал такие результаты:

примерное значение p - 0.0072

коэффициент корреляции для данных параметров приблизительно равен 0.64

Корреляционный тест Пирсона для ширины крыла и ширины тела жука *marginalis* дал такие результаты:

примерное значение p - $1.165 \cdot 10^{-6}$

коэффициент корреляции для данных параметров приблизительно равен 0.76

Также мы нашли среднюю длину тела для каждого вида:

средняя длина тела жука *lapponicus* - 23.82

средняя длина тела жука *marginalis* - 28.86

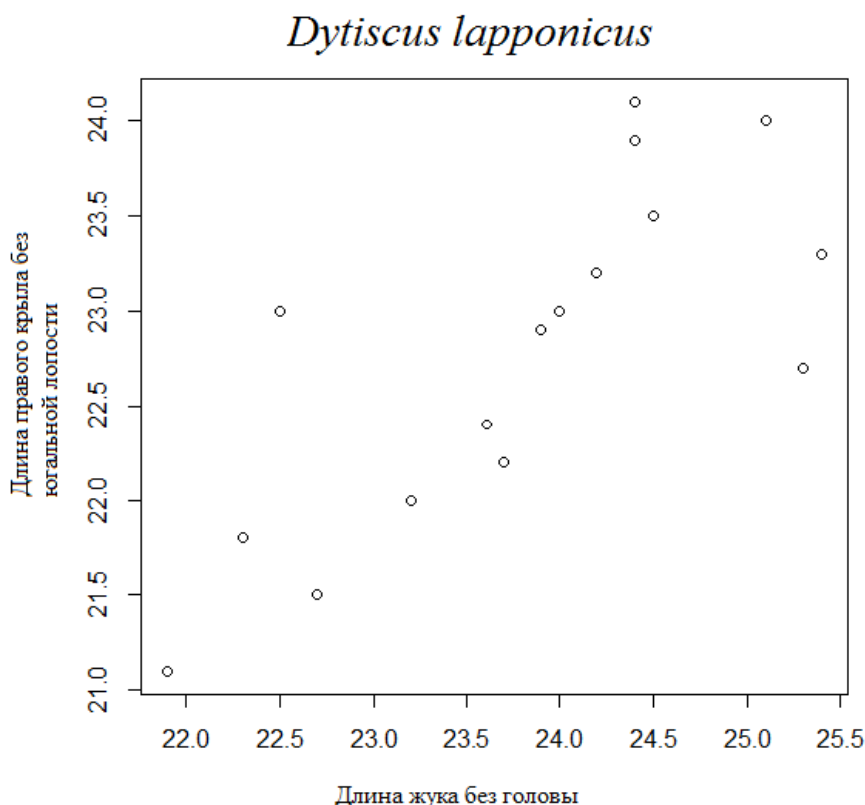


Рис. 3. *Dytiscus lapponicus*. Диаграмма рассеяния для двух параметров – длина крыла жука без учета югальной лопасти, длина тела жука.

Dytiscus marginalis

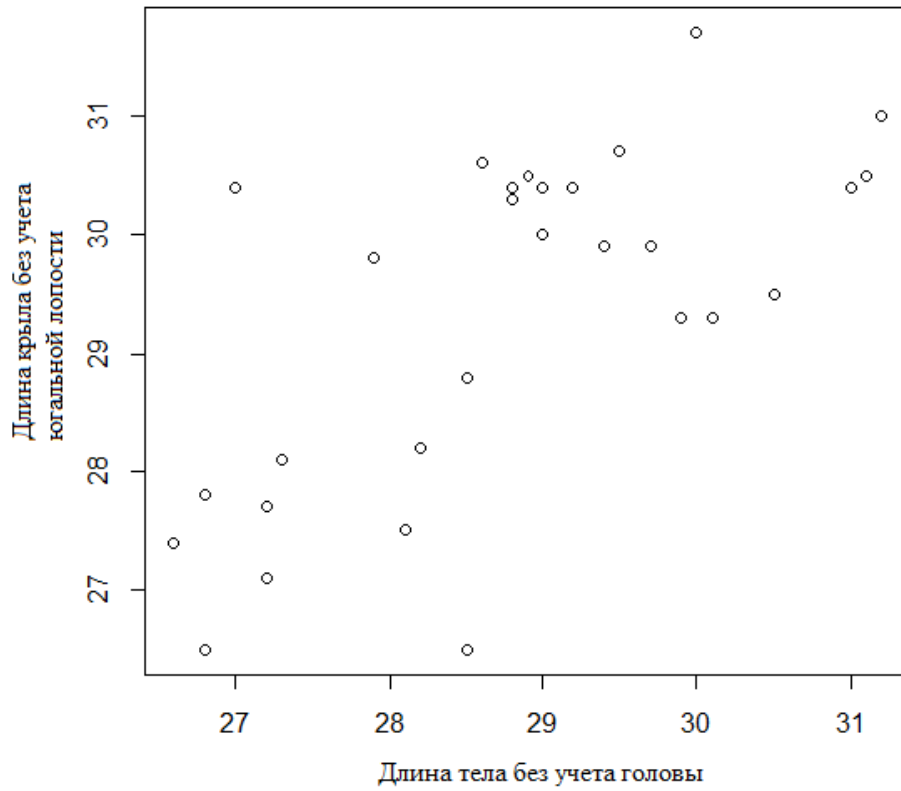


Рис. 4. *Dytiscus marginalis*. Диаграмма рассеяния для двух параметров – длина крыла жука без учета югальной лопасти, длина тела жука.

Dytiscus lapponicus

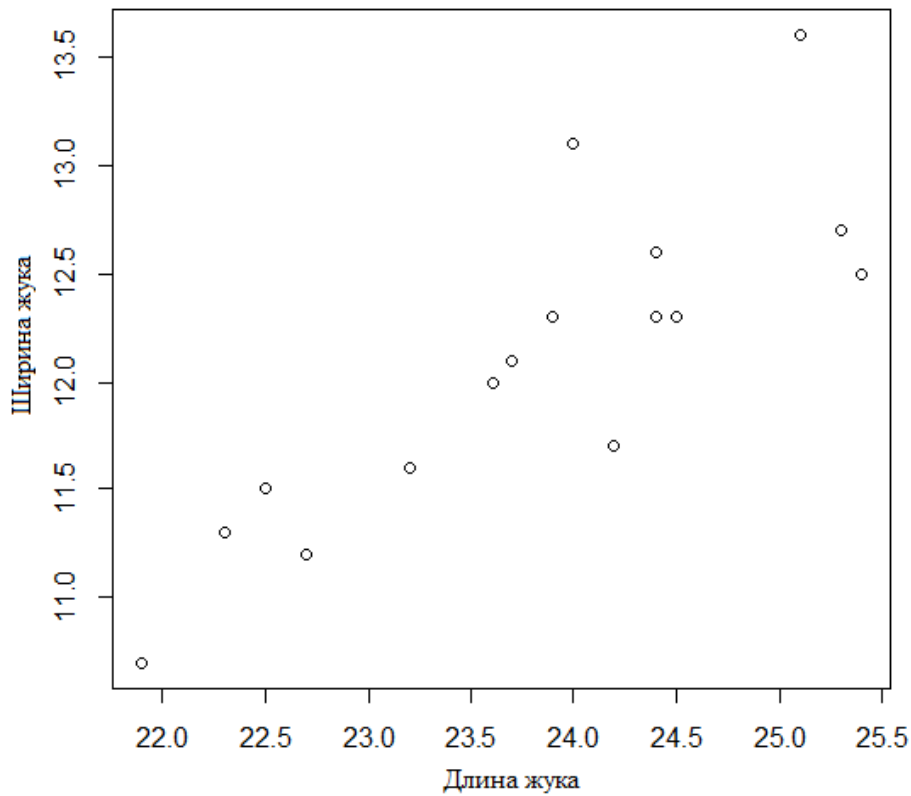


Рис. 5. *Dytiscus lapponicus*. Диаграмма рассеяния для двух параметров – длина и

ширина тела жука.

Dytiscus marginalis

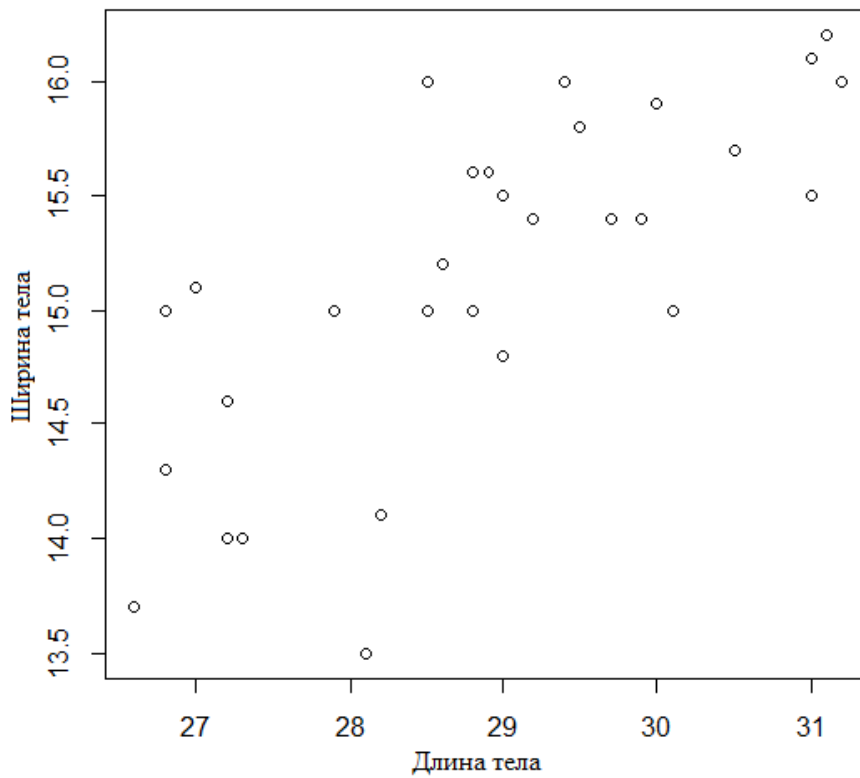


Рис. 6. *Dytiscus marginalis*. Диаграмма рассеяния для двух параметров – длина и ширина тела жука.

Dytiscus lapponicus

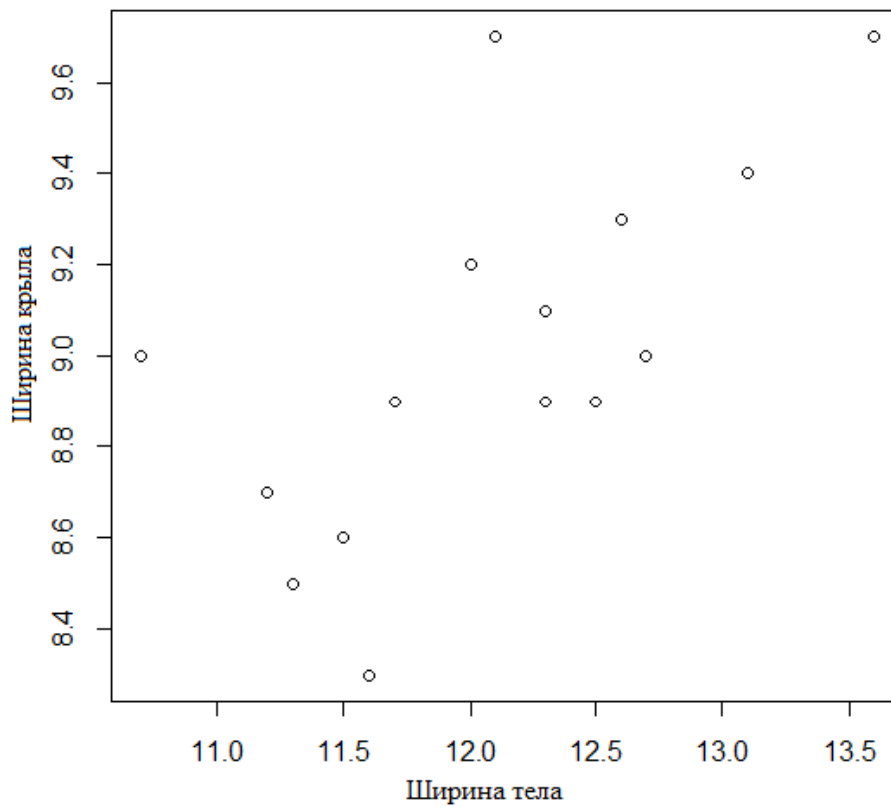


Рис. 7. *Dytiscus lapponicus*. Диаграмма рассеяния для двух параметров – ширина

тела жука и ширина его крыла.

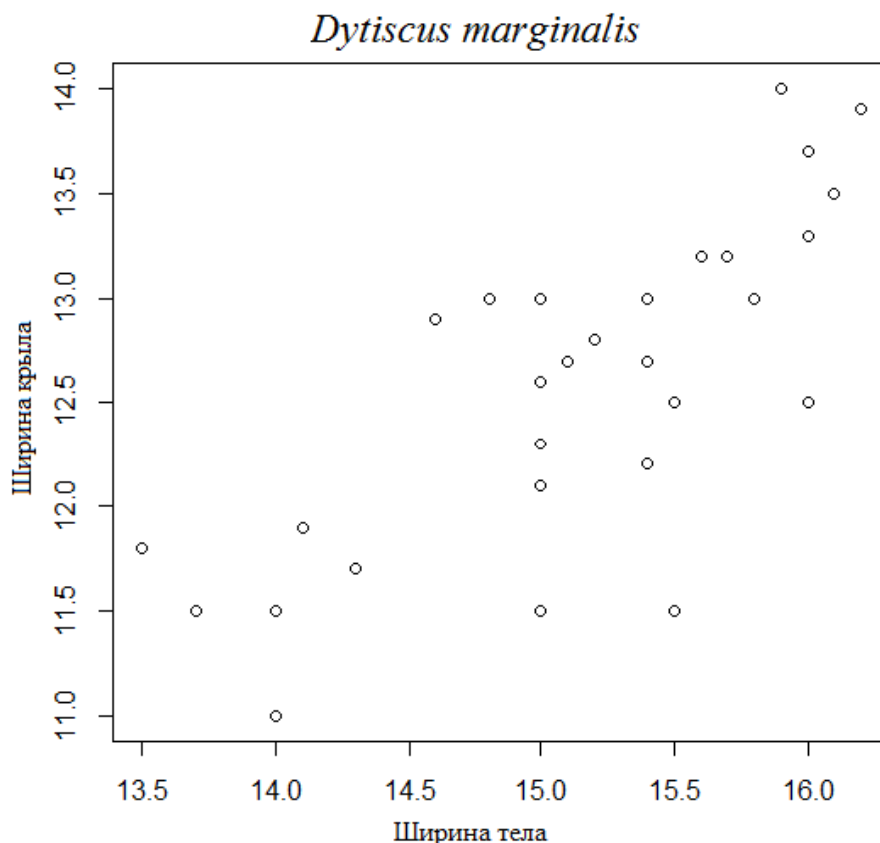


Рис. 8. *Dytiscus marginalis*. Диаграмма рассеяния для двух параметров – ширина тела жука и ширина его крыла.

Обсуждение

Из проведенных нами тестов и измерений можно сделать ряд предварительных выводов.

Коэффициенты вариации говорят о большей надежности такого показателя как длина без головы, это можно объяснить пригибанием головы жука в результате высыхания или монтирования. Именно поэтому длина жука с головой и без головы может сильно различаться или же не различаться совсем. Длина же тела жука от переднего конца груди до конца брюшка является более точным и неизменчивым показателем.

Из проведенных корреляционных тестов Пирсона и построенных диаграмм рассеяния можно сделать вывод, что связь между параметрами тела и параметрами крыла линейная, хотя и не всегда ярко выражена. Поэтому, мы с уверенностью можем оперировать таким показателем как относительная длина крыла.

Далее мы планируем измерить площадь крыла при помощи программы ImageJ, для этого мы их предварительно отсканировали (рис. 9.). Это поможет в дальнейшем изучении не только изменчивости крыльев

представителей данного рода, но и в изучении их жилкования и строения.

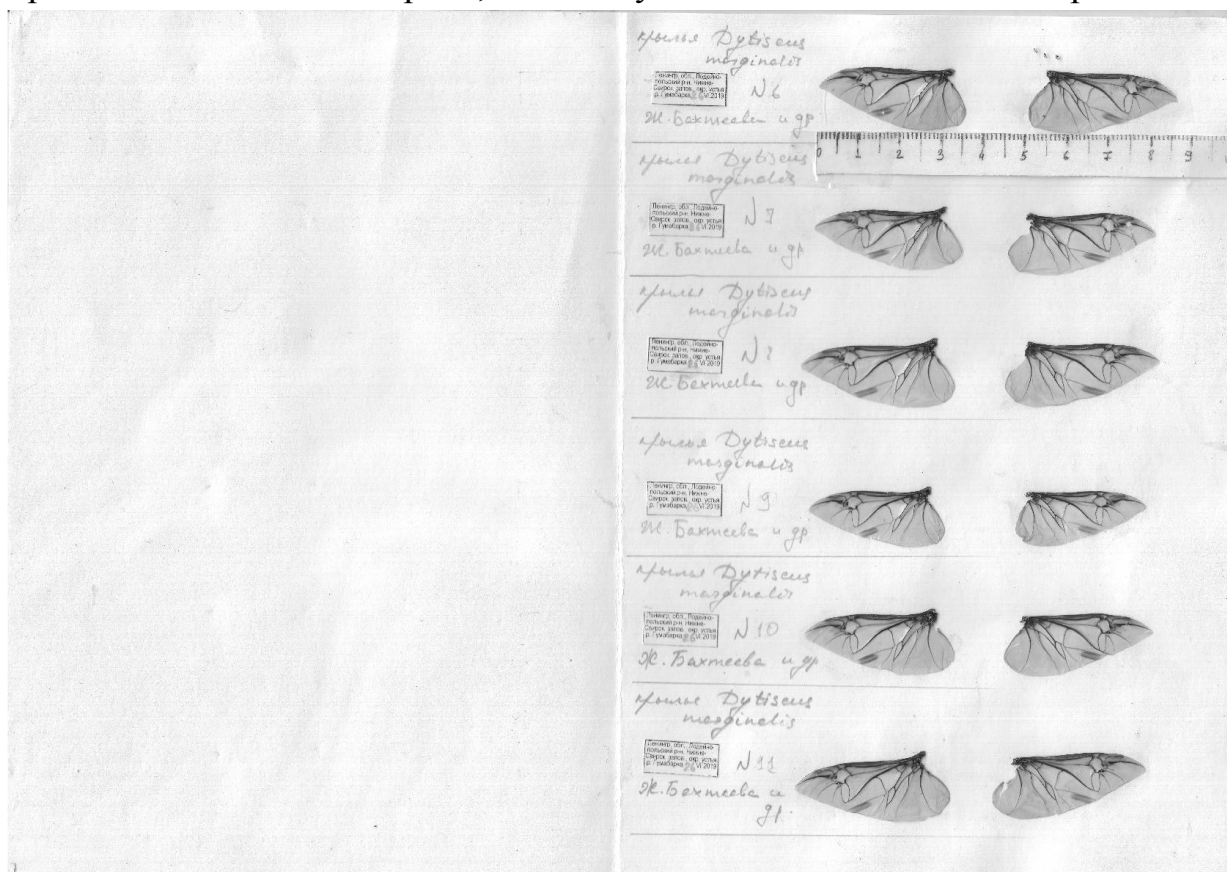


Рис. 9. Скан крыльев жуков вида *Dytiscus marginalis*

Также, в результате некоторых технических неполадок, нами были проведены повторные замеры параметров жуков вида *Dytiscus marginalis*. Первые измерения проводились на недавно отпрепарированных особях. Повторные же через несколько месяцев. По предварительным данным особых различий между замерами не наблюдается, однако при более точном изучении можно не только узнать степень точности наших расчетов, но и рассмотреть это с точки зрения изменения размеров смонтированного жука с течением времени.

Выводы

1. Линейные размеры тела жука и линейные размеры его крыла заметно коррелируют. Между ними есть линейная связь.
2. Некоторые параметры жука не всегда точны и для их использования в дальнейших исследованиях требуется узнавать и сравнивать коэффициенты вариации, а затем использовать более надежную цифру.

Список литературы

1. Жирков, Е., Бахтеева, Е., Пресняков, Я., Беляков, В. Новые данные по фауне жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) Нижне-Свирского государственного природного заповедника: семейства водных жесткокрылых и некоторые другие семейства / Е. Жирков, Е. Бахтеева, Я. Пресняков, В. Беляков // Электронный ресурс: <http://www.bioclass.ru/files/konf19/beetles.pdf>
2. Comstock, J.H. The Wings of Insects / J.H. Comstock // The Comstock Publishing Company. - 1918.
3. Fedorenko, D.N. Transverse Folding and Evolution of the Hind Wings in Beetles (Insecta, Coleoptera) / D.N. Fedorenko // Biology Bulletin Reviews. – 2015. – Vol.5 – No1 – pp. 71-84
4. Nilsson, A.M., Holmen M. The aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark, II. Dytiscidae // Fauna Entomologica Scandinavica. - 1995. - Vol.32 - pp. 178–185
5. Snodgrass, R.E. Principles of Insect Morphology / R.E. Snodgrass // Cornell University Press. - 1935.

Благодарности

Мы благодарим С. М. Глаголева и Е. В. Елисееву за организацию летней практики, администрацию Нижне-Свирского государственного природного заповедника, в особенности – В. А. Ковалёва за возможность проводить исследования в данном заповеднике и оказанную помощь, а также Бахтееву Евгению, Жиркова Егора, Неверова Александра, Попову Инессу, Бахмарина Степана и других участников практики за предоставление материала и помощь в определении.