

**Высота прыжка у жуков-щелкунов  
(Coleoptera: Elateridae) разных видов**

Работу выполнили учащиеся 9-го «Б» класса:

А. Э. Салимова

К. С. Федоров

Научный руководитель:

к. б. н. П. Н. Петров

Москва

2022

1

## Введение

Насекомые (Insecta) – самый крупный по числу известных науке видов класс животных, включающий в себя множество отрядов. Самый большой отряд насекомых – жесткокрылые, или жуки (Coleoptera). Жуки-щелкуны (Elateridae) – одно из сравнительно богатых видами семейств этого отряда. На данный момент описано более 10 тысяч видов и около 400 родов щелкунов. Они встречаются по всему миру, за исключением Антарктиды (Costa et al., 2010). В России отмечено более 450 видов (Просви́ров, 2018).

Тело жука-щелкуна обычно удлиненное, как правило, темноокрашенное, однако у ряда видов есть рисунок в виде цветных полос или пятен. Среди этого семейства есть как небольшие виды, длиной 2–3 мм, так и очень крупные жуки, достигающие 6–7 см в длину. Виды нашей фауны обычно имеют мелкие и средние (до 1.5–2 см в длину) размеры (Просви́ров, 2018).

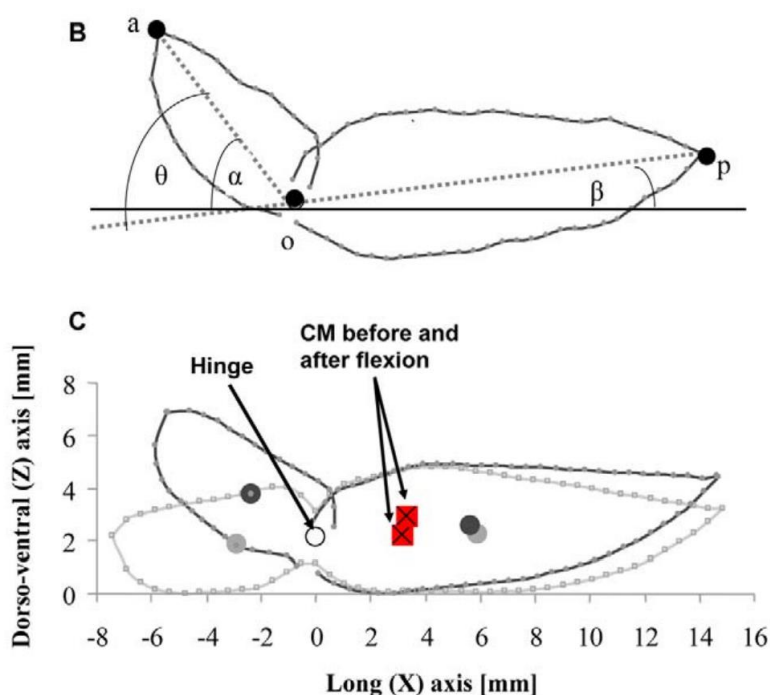


Рис. 1. Схема прыжка. Прыжок происходит из положения на спине. Отросток резко входит в отверстие среднегруди по его гладкой поверхности, и голова и брюшко синхронно и быстро поднимаются. За счет этих действий центр тяжести оказывается выше, и тело жука стремится вверх за ним благодаря силе инерции (Evans, 1972).

Отличительная черта жуков-щелкунов – способность прыгать без использования ног. Прыжок происходит из положения на спине. Жук лежит, опираясь на голову и надкрылья (рис. 1). На переднегруди у щелкуна есть отросток, который в состоянии покоя вложен в специальное отверстие в среднегруди. Жук выгибается, освобождая вырост из отверстия. Напряжение накапливается в мышце М4 (рис. 2) за счет силы трения покоя в точке соприкосновения отростка и стенки отверстия. Как только напряжение мышцы М4 преодолевает силу трения покоя, вырост резко входит в отверстие по его сверхгладкой поверхности и голова быстро поднимается. В то же время

поднимается брюшко. За счет этих действий общий центр тяжести поднимается вверх (рис. 1), и тело жука стремится за ним благодаря силе инерции. Из-за смещения центра тяжести жук в полете переворачивается, иногда по несколько раз (Evans, 1972).

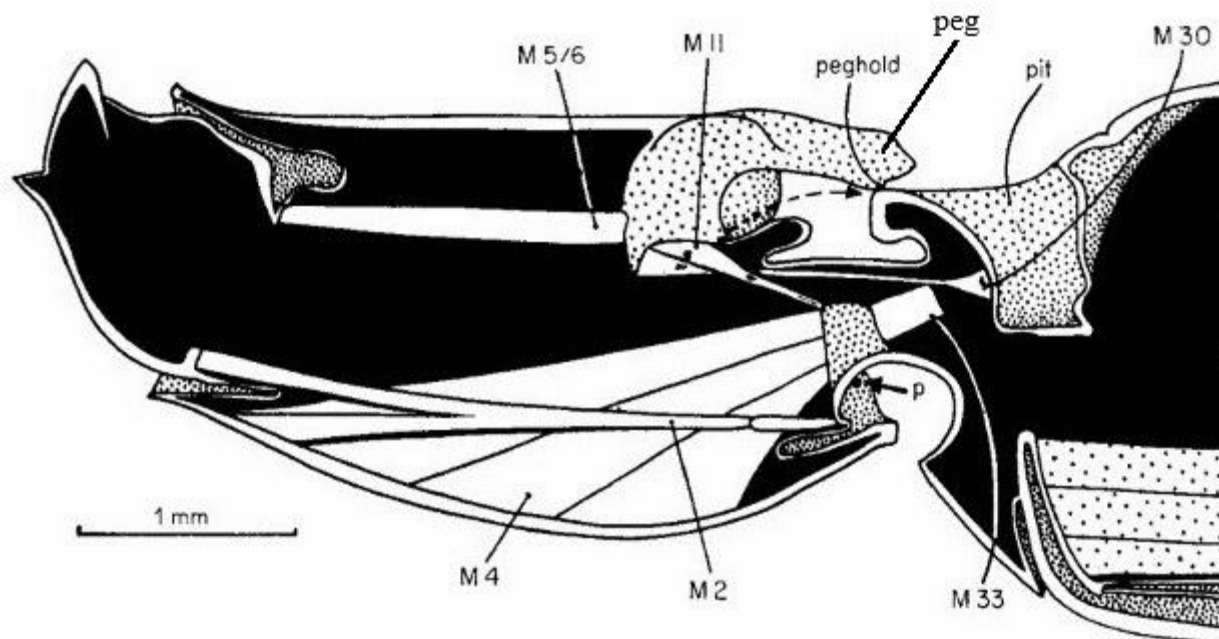


Рис. 2. Схема мускулатуры головы, переднегруди и среднегруди жука-щелкуна в состоянии подготовки к прыжку. M2 – M30 обозначены мышцы. Pit – отверстие в среднегруди, в которое входит вырост; peg – вырост; peghold – небольшое возвышение на поверхности отверстия, увеличивающий силу трения покоя в этом месте (Evans, 1972).

Жуки-щелкуны – не единственные шестиногие, способные прыгать без участия ног. Также на это способны коллемболы, или ногохвостки (*Collembola*) – близкие родственники насекомых. Они прыгают за счет резкого и сильного удара об землю прыгательной вилки – выроста на задней части брюшка. Ноги в этом механизме также никак не участвуют.

Вышеописанный механизм нужен щелкунам для спасения от опасности и для возвращения из перевернутого состояния в обыкновенное. После прыжка щелкун далеко не всегда приземляется на ноги, и часто ему приходится прыгать повторно. Исследователи строили модели со схожими механизмами работы и изучали угол и дальность прыжка жуков-щелкунов (Ribak et al., 2013).

Также стоит принимать во внимание такие факторы, как субстрат, с которого непосредственно осуществляется прыжок жука. На этот счет проводилось много экспериментов, и они доказали, что высота и в принципе возможность прыжка напрямую зависит от плотности субстрата: чем он жестче и плотнее, тем выше прыжок (Ribak et al., 2012).

Первая работа о высоте прыжка исследованных нами видов была проведена нашими предшественниками в 2021 году (Барсков, Бондарь, 2021), также на стационаре «Сунога». Цель их работы заключалась в сравнении высоты прыжков жуков разных видов и поиске зависимости высоты прыжка от

вида. Анализировали в основном прыжки жуков двух видов: *Hemicrepidius niger* (Linnaeus, 1758) и *Adrastus pallens* (Fabricius, 1792). Результаты их работы показали явную связь между видом щелкуна и тем, на какую высоту он в среднем прыгает. Главной проблемой их исследования стала несовершенная методика, которая допускала излишние взаимодействия жука с экспериментатором, что могло влиять на чистоту и достоверность результата: «Так как мы были ограничены во времени, то старались заставить прыгнуть каждого жука, что и заставляло нас применять разные способы. В будущем желательно вывести единый способ, чтобы заставить жука прыгнуть и при этом по возможности свести механическое воздействие к минимуму». Мы, – в свою очередь, постарались усовершенствовать методику, сведя к минимуму механические воздействия на жуков и, следовательно, погрешности в результатах. Помимо этого, мы начали проводить второе исследование, которое заключалось в изучении зависимости возможного числа прыжков от пола, вида и размера жука.

Цель работы: выяснить, зависит ли высота прыжка жука-щелкуна от его видовой принадлежности и какие еще факторы могут влиять на нее.

Задачи:

1. Изучить высоту прыжка у видов Elateridae, часто встречающихся на территории стационара «Сунога» и его окрестностей.
2. Сравнить высоту прыжка у разных видов и особей разных размеров в рамках одного вида.
3. Выяснить, зависит ли высота прыжка от пола жука и от числа уже совершенных прыжков.
4. Сравнить высоту разных по счету прыжков одной особи.
5. Сравнить относительную высоту прыжка разных видов.

## Материалы и методы

### 1. Подготовка к работе

Была взята картонная коробка размером  $20 \times 28$  см. На нее с помощью 5 булавок (4 по углам и одна в центре) приколот лист плотного белого картона А4, расчерченный черным линером на ячейки  $1 \times 1$  см (рис. 3). Конструкция была поставлена на деревянный брусок размером  $54 \times 11 \times 0.7$  см. Тот с помощью пластилина приподнят так, чтобы лист картона был ровно перпендикулярен поверхности Земли, что было выверено с помощью промышленного уровня. В 5 см от первого бруска находится еще один, размером  $30 \times 9 \times 0.7$  см. К первому бруску с помощью двух кнопок по углам был прикреплен лоскут ткани размером  $50 \times 60$  см. Он прикрывал собой второй брусок и был нужен для того, чтобы жук, прыгая, не мог заползти в щель и потеряться. Ко второму бруску с помощью 4 кнопок по углам был прикреплен

прямоугольник из белого картона размером  $18 \times 10$  см. В середине его простым карандашом был нарисован крестик, куда брюшком вверх клали жука. В 1 м от расчерченного картона были расположены две коробки, на них располагается штатив примерно на уровне бруска. Съемка велась камерой телефона Samsung A52 в разрешении 1080p 60 кадров в секунду. При съемке в темное время суток в первые два дня экспериментов для дополнительного освещения использовали лампу, закрепленную на подоконнике сбоку и сверху от места съемки, однако впоследствии она была снята, так как предположительно могла влиять на активность жуков. Для учета результатов были распечатаны бланки.



Рис. 3. Установка для съемки прыжков жуков. Сам жук выкладывался на белый приколотый булавками прямоугольник посреди полотна. На установку из ящиков (на место термометра) ставился телефон. Угол каждого элемента установки был выверен с помощью промышленного уровня.

## 2. Сбор и хранение материалов

Все материалы были собраны на территории стационара «Сунога» Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, поселок Борок, Некоузский район, Ярославская область. Все жуки были пойманы сачками, методом кошения в высокой траве, вдоль тропинок между энтомологической лабораторией и дорожкой от въезда к ботанической лаборатории, и в траве вдоль тропинок между рыбопроизводческими прудами, к северу от энтомологической лаборатории.

Собранных жуков помещали в цилиндрические контейнеры размерами 20 × 4 см для временного содержания.

### 3. Ход эксперимента

Из контейнера по одному в небольшую пластмассовую чашку Петри сажали жука. Из этой чашки Петри резким переворотом его выбрасывали на картон по возможности рядом с крестиком, брюшной стороной вверх. Затем жук прыгал, и, если переворачивался после этого, то его сажали назад в чашку и снова выбрасывали брюшком вверх. Так жук подпрыгивал 10 или более раз, если это требовалось, и затем его сажали назад в чашку. В момент начала эксперимента включали видеосъемку в замедленном режиме, и она продолжалась до самого его конца. После конца эксперимента видеокамеру отключали, а жука из чашки Петри пересаживали в пластиковую пробирку с несколькими каплями этилацетата или 96 % спирта и этикетировали в соответствии с его порядковым номером. Примерно через 6 ч его доставали из пробирки и монтировали на булавки или на плашки, если длина менее 8 мм; затем экземпляр этикетировали. В случае, если экземпляр в течение 2.5 минут отказывался прыгать, то есть притворялся мертвым или по какой-то причине не мог этого сделать, то в бланке записывали «отказ» и экземпляр так же сажали в чашку, замаривали и этикетировали. В случае, если экземпляр был потерян после или в процессе эксперимента, его результаты не учитывали в общей статистике.

Кроме ответа на основной вопрос, мы решили также узнать, зависит ли от вида, пола и размера жука количество раз, которое он способен прыгнуть. Так как этому была посвящена только вторая половина последнего дня, данных было собрано мало, и наша выборка из 8 особей не является достаточно значительной, чтобы делать серьезные выводы на основе ее результатов, поэтому выводы эти лишь предположительные и нуждаются в более качественном подтверждении. Для проведения этих экспериментов жуков нумеровали в соответствии с их последовательностью участия в эксперименте, причем нумеровали, начиная не с 1, а с 72 включительно, с учетом особей из предыдущей работы. На вышеописанной платформе жуки прыгали так же, как и в предыдущей работе, но без съемки, с подсчетом количества прыжков. Если с момента последнего прыжка, сделанного жуком, проходило более 3 минут, то он признавался негодным, число сделанных им прыжков записывали в бланк, экземпляр отлавливали и сажали в пластмассовую пробирку с этикеткой его порядкового номера, наполненную 96 % спиртом или этилацетатом. Затем, после замаривания, его монтировали на булавку и этикетировали.

Для ответа на основной вопрос работы взято два вида семейства Elateridae: *Hemicrepidius niger* (Linnaeus, 1758; рис. 5) и *Adrastus pallens* (Fabricius, 1792; рис. 4). Размеры *H. niger* варьируются от 10 до 14 мм, тогда как длина *A. pallens* составляет от 4 до 6 мм. Для статистики взято 30 особей каждого вида. Каждый экземпляр подпрыгивал 10 раз, и за высоту его прыжка брался усредненный результат, то есть среднее арифметическое высоты

каждого прыжка.

Для проведения статистических тестов и построения графиков мы использовали программную среду R (R Core Team, 2020).



Рис. 4. *Adrastus pallens* (Fabricius, 1758), фотография S. Krejčík с сайта Biolib.cz



Рис. 5. *Hemicrepidius niger* (Linnaeus, 1758), фотография A. Valodis с сайта en.wikipedia.org



Рис. 5.1. Фотография двух жуков из нашей коллекции. Слева *Adrastus pallens*, справа – *Hemicrepidius niger*.

### Результаты

В результате наших сборов на стационаре «Сунога» в 2022 было поймано четыре вида жуков-щелкунов: *Adrastus pallens* (рис. 4), *Hemicrepidius niger* (рис. 5), *Dalopius marginatus* (Linnaeus, 1758), *Limonius poneli* (Leseigneur et Mertlik, 2007).

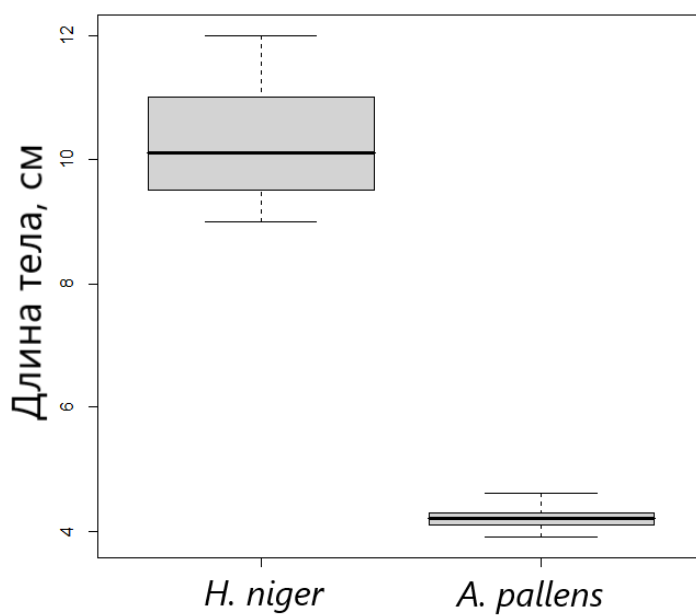


Рис. 6. Диаграмма разброса длин пойманных и измеренных нами жуков видов *Hemicrepidius niger* и *Adrastus pallens*. Здесь и далее на диаграмме изображены (сверху вниз): наивысшее значение, верхний квартиль, медиана, нижний квартиль, наименьшее значение.

Всего в эксперименте с высотой прыжка участвовало 68 жуков, из которых: 32 особи вида *A. pallens*, 37 особей вида *H. niger*, 1 особь вида *L. poneli* и 1 особь вида *D. marginatus*, из которых 7 особей было потеряно; в эксперименте с числом прыжков приняло участие 3 вида и 10 особей: 2 особи вида *D. marginatus* и 8 особей видов *A. pallens* и *H. niger*, конкретное число особей каждого вида не установлено.

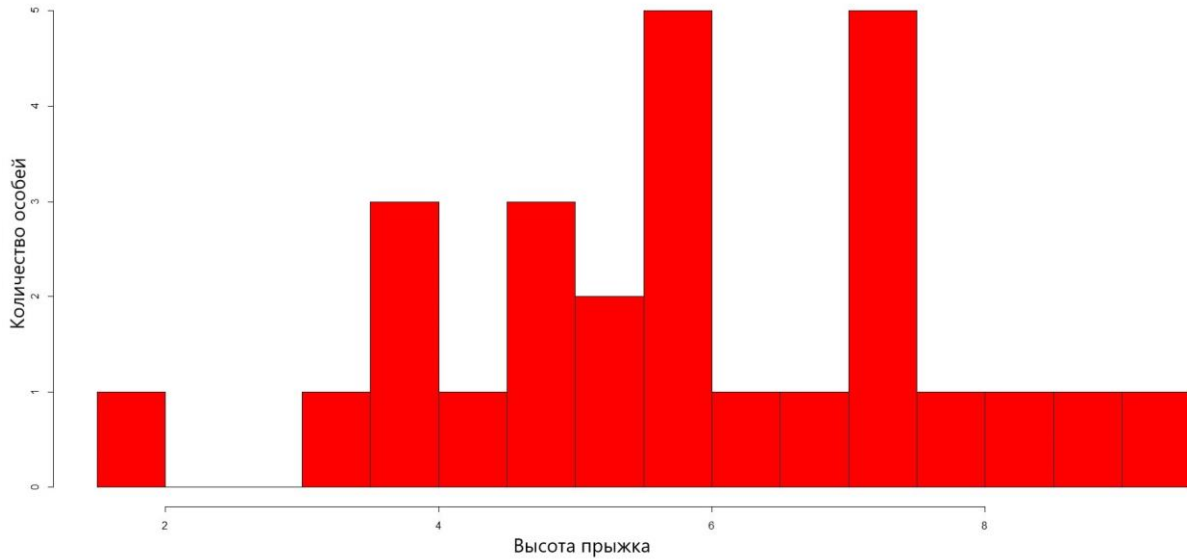


Рис. 7. Гистограмма распределения значений средней (из 10 повторностей) высоты прыжка особей вида *Adrastus pallens*.

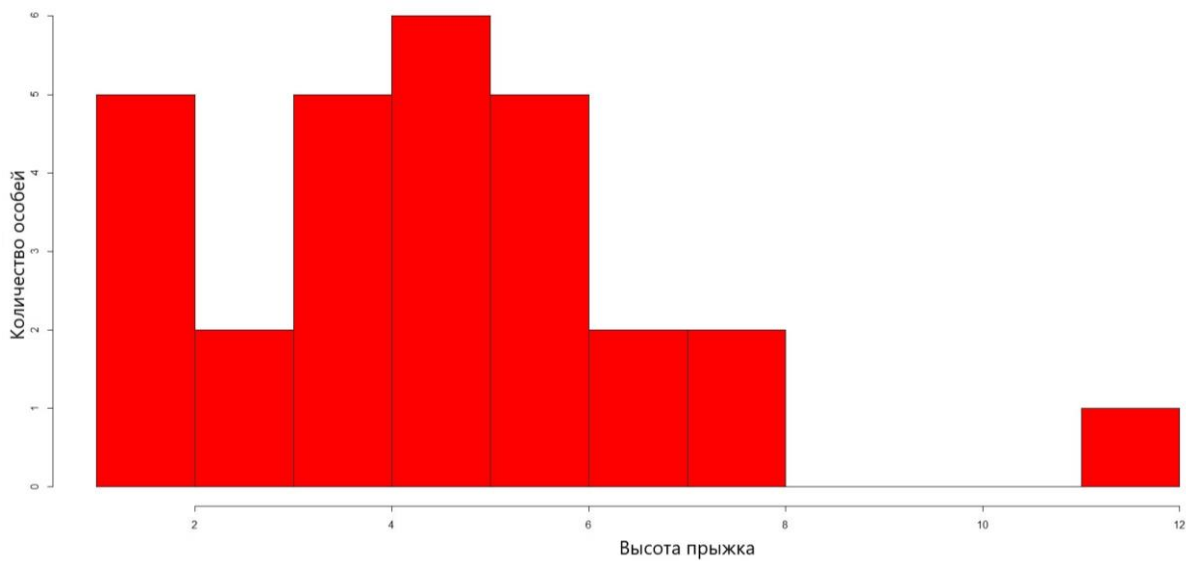


Рис. 8. Гистограмма распределения значений средней (из 10 повторностей) высоты прыжка особей вида *Hemicrepidius niger*.

Средняя длина всех измеренных нами жуков (рис. 5.1): у *A. pallens* – 4.15 мм, стандартное отклонение (далее СО)  $\approx 0.2$  мм; у *H. niger* – 10.3 мм (СО  $\approx 0.95$  мм).

На основе теста Шапиро — Уилка мы сделали вывод, что распределение в наших данных можно считать нормальным: для вида *A. pallens*  $p = 0.97$  (рис. 7), а для вида *H. niger*  $p = 0.06$  (рис. 8).

В тесте Стьюдента при сравнении средних высот прыжков всех *A. pallens* и всех *H. niger* была выявлена значимая разница в средней высоте прыжка у двух видов ( $p \approx 0.008$ ; рис. 9). Оказалось, что средняя высота прыжка у вида *A. pallens*: 6.05 см, а у *H. niger*: 4.6 см.

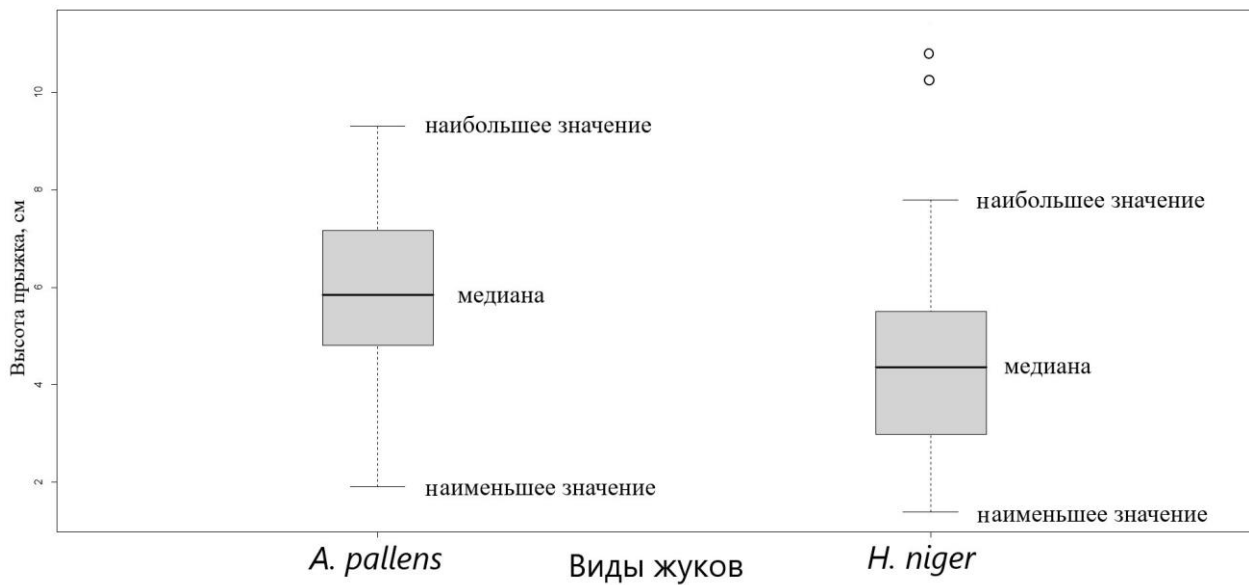


Рис. 9. Средняя высота прыжков у видов *Adrastus pallens* и *Hemicrepidius niger*.

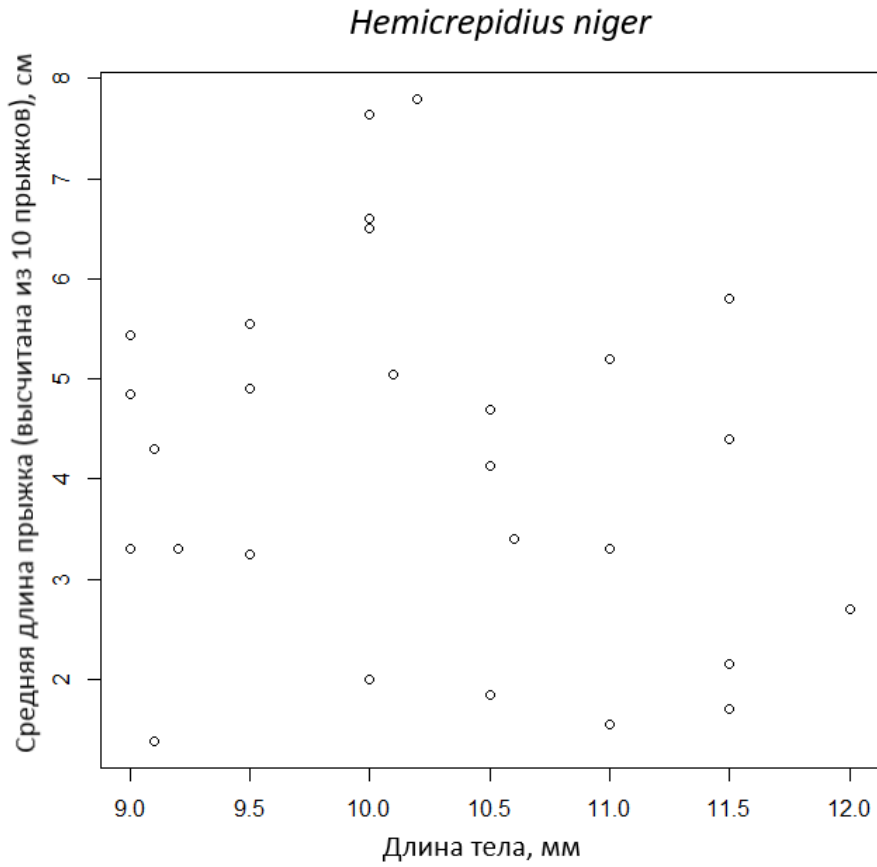


Рис. 10. Соотношение длины тела и средней высоты прыжка вида *Hemicrepidius niger*.

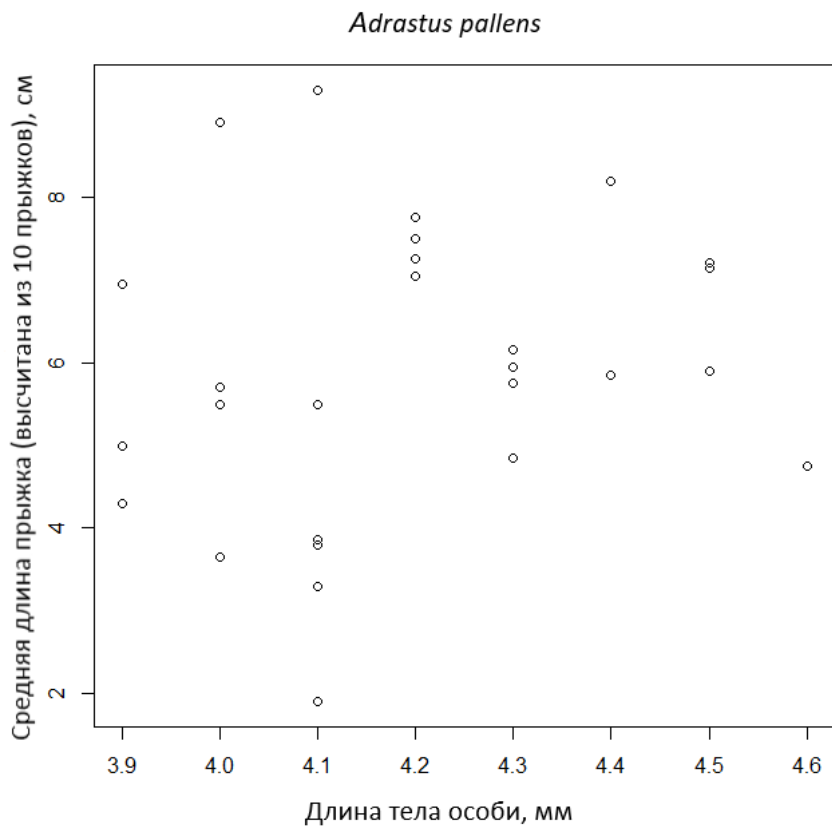


Рис. 11. Соотношение длины тела и высоты прыжка у вида *Adrastus pallens*.

Связи между длиной жука и тем, как высоко он прыгает, не выявлено: коэффициент корреляции Спирмена у *Hemicrepidius niger*  $\rho = -0.18$ ; у *Adrastus pallens*  $\rho = 0.27$ , а значения  $p$  значительно выше 0.05: для *H. niger*  $p \approx 0.37$ ; для *A. pallens*  $p \approx 0.2$ . На диаграммах рассеяния (рис. 10 и 11) также видно почти полное отсутствие связи между значениями на осях.

Можно предположить, что высота прыжка может также зависеть от пола жука. По результатам определения пола жуков получилось, что среди исследованных нами особей *H. niger* 25 самцов и 3 самки; среди *A. pallens* 12 самцов и 15 самок. Это значит, что из-за малой выборки в *H. niger* (всего три самки) выводы можно делать только на основании результатов, касающихся *A. pallens*.

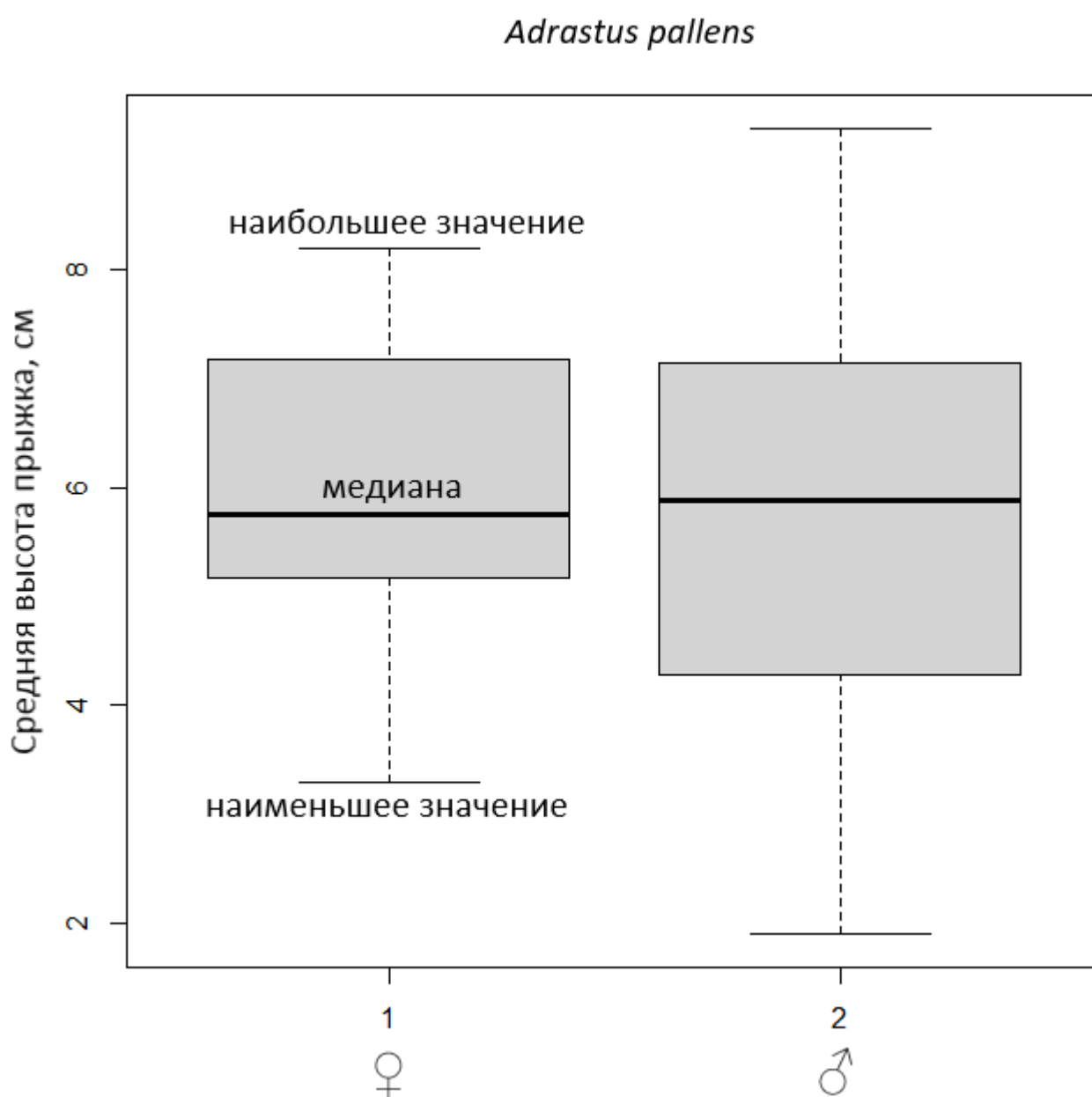


Рис. 12. Число самцов и самок в выборке вида *A. pallens*: 12 и 15 особей соответственно.

Тест Уилкоксона не выявил значимых различий между средней высотой прыжка самцов и самок ( $p \approx 0.41$ ; рис. 12).

Также мы решили проверить, изменяется ли высота прыжка у жуков со временем, то есть наблюдается ли разница между первым и вторым прыжком, вторым и третьим и т. д.

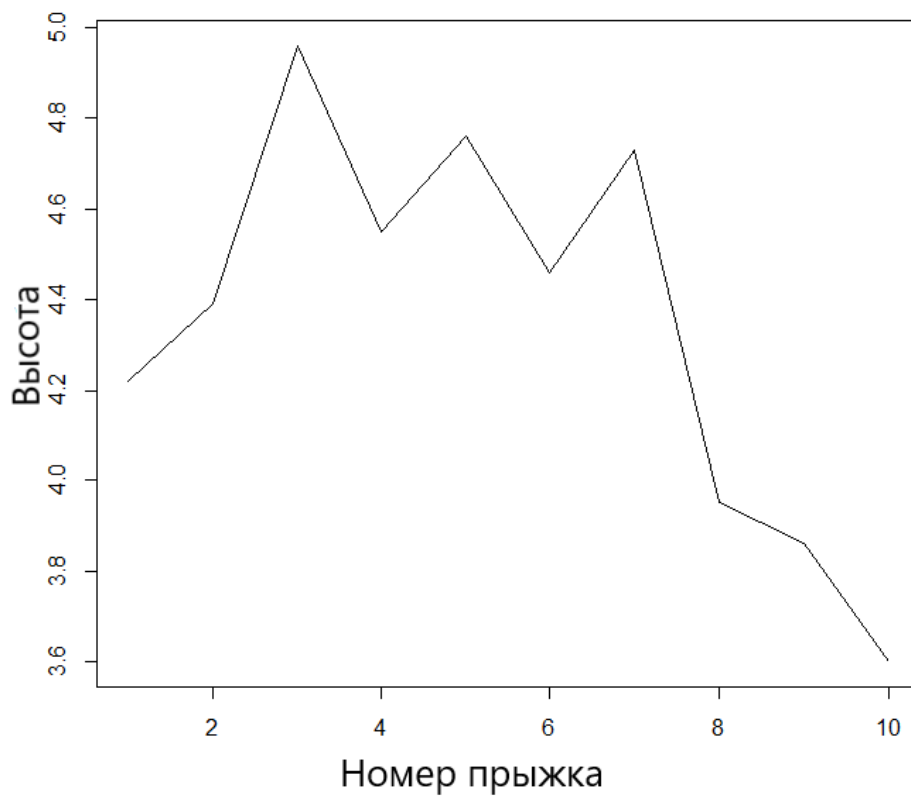


Рис. 13. График изменения высоты прыжка в течение эксперимента у вида *H. niger*.

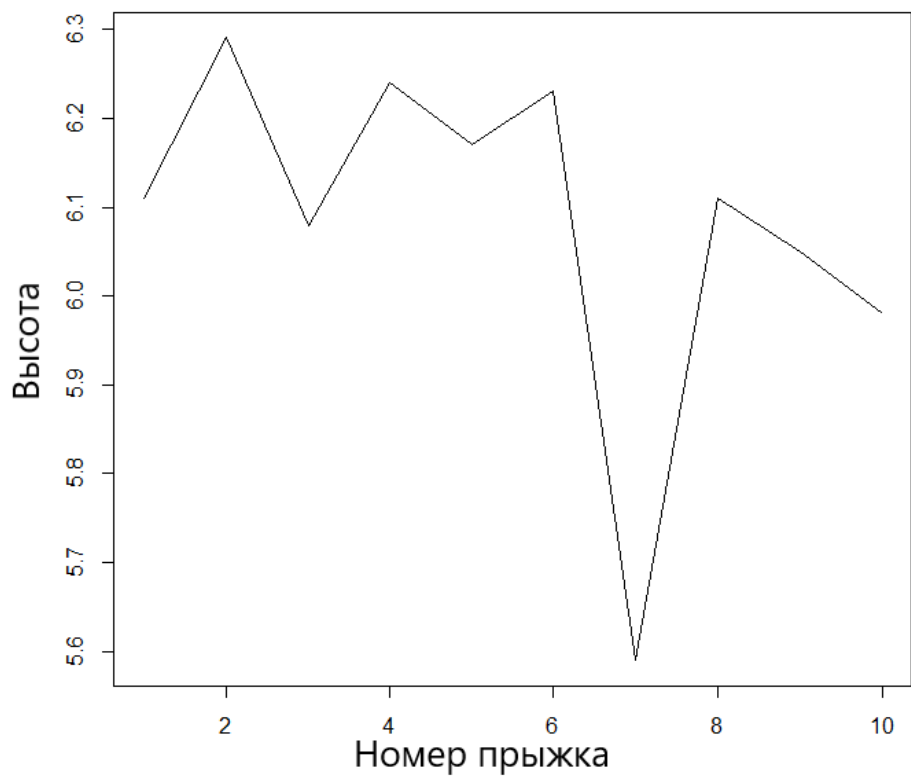


Рис. 14. График изменения средней высоты прыжков в ходе эксперимента у вида *A. pallens*.

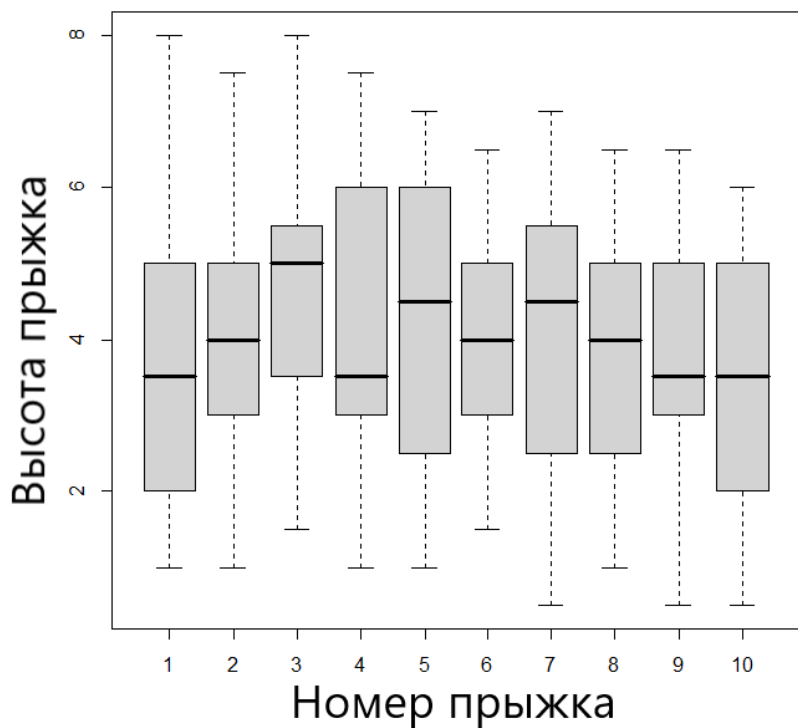


Рис. 15. Диаграмма разброса высот для каждого по счету прыжка жуков вида *H. niger*.

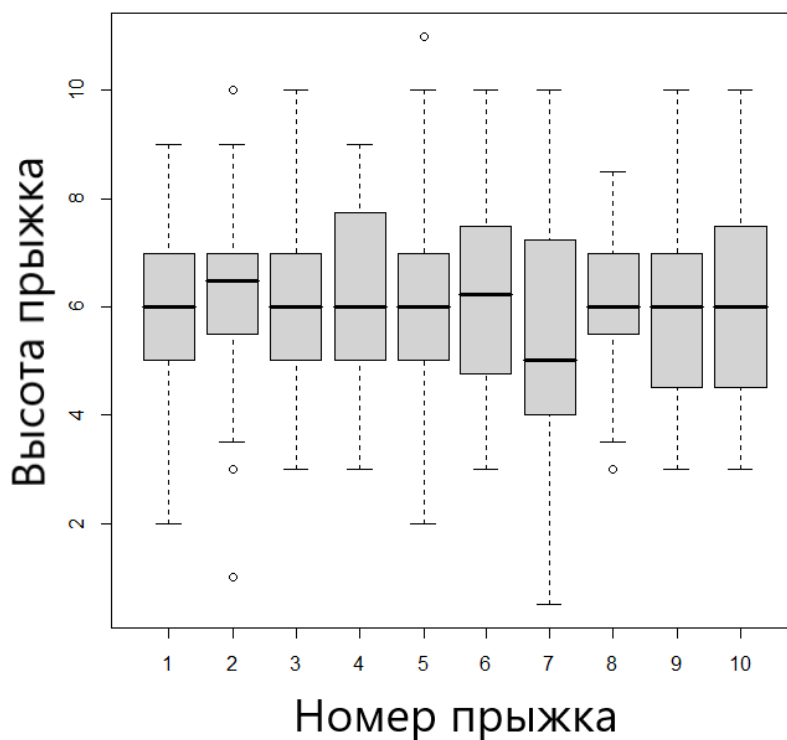


Рис. 16. Диаграмма разброса высот для каждого по счету прыжка жуков вида *A. pallens*.

По итогам теста Спирмена значимой корреляции высоты прыжка и его номера не выявлено: для *H. niger*  $p = 0.14$  (рис. 13, 15); для *A. pallens*  $p = 0.07$  (рис. 14, 16).

Однофакторный дисперсионный анализ не показал значимой разницы в значении средней высоты прыжка между прыжками каких-либо номеров от 1-го до 10-го у вида *H. niger* ( $p = 0.23$ ). Таким образом, по-видимому, у жуков этого вида не наблюдается утомление в течение первых 10 прыжков и в среднем они продолжают прыгать примерно на одинаковую высоту. Это подтверждается и тестом Спирмена для поиска корреляции между номером прыжка и его высотой:  $\rho = -0.5$ ;  $p = 0.14$ .

В природе у животных, способных прыгать, как правило, тем больше отношение высоты прыжка к длине тела, чем меньше длина тела. То есть у ~~более~~ особей меньшего размера относительная высота прыжка выше.

Этот принцип работает и у исследованных нами жуков-щелкунов: тест Уилкоксона показал значимую разницу между средней высотой прыжка обоих видов ( $p = 0.00017$ ). Среднее относительной высоты прыжка у *A. pallens*  $\approx 1.44$  ( $CO \approx 0.38$ ), у *H. niger*  $\approx 0.41$  ( $CO \approx 0.19$ ; рис. 17).

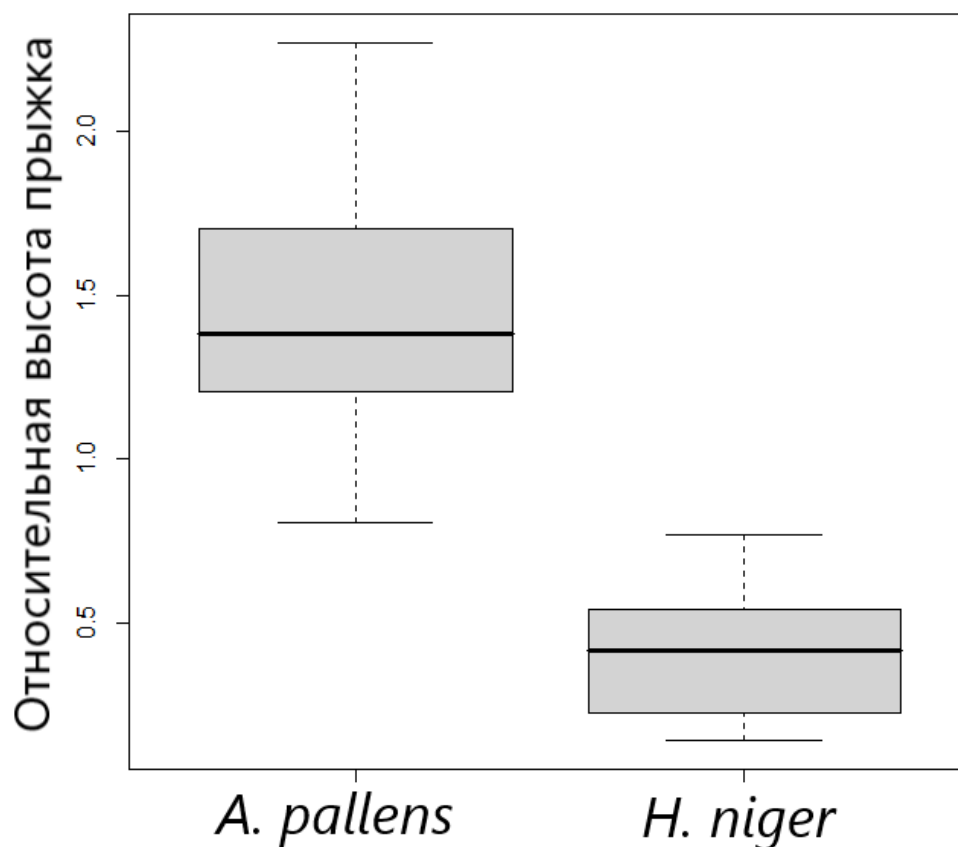


Рис. 17. Диаграмма разброса относительной высоты прыжка у жуков видов *A. pallens* и *H. niger*.

### Обсуждение

В настоящей работе мы учли такие факторы, как вид и пол жука, длина тела, количество совершенных прыжков и их высоту (Evans, 1972). В оставшееся время мы пытались провести опыт, который даст понять, какое максимальное количество прыжков может сделать жук, в зависимости от пола или размера особи, но полученные нами данные из-за маленькой выборки не позволяют сделать какие-либо уверенные выводы. В будущей работе можно развить эту идею и попытаться найти какую-то связь.

При сравнении средних высот прыжков всех *A. pallens* и всех *H. niger* была выявлена значительная разница в средней высоте прыжка у двух видов в пользу *A. pallens*, к такому же выводу пришли и авторы предыдущей работы (Барсков, Бондарь, 2021). Из-за недостаточного числа жуков видов *Dalopius marginatus* и *Limonius poneli* мы не смогли включить их в сравнение. Единственный жук вида *L. poneli* стал рекордсменом как по средней высоте прыжков с отрывом в 5.5 см от следующего (16.7 см против 11.3 см), так и по высоте одного прыжка, прыгнув на 19 см. Такой большой отрыв наталкивает на мысль о том, что жуки этого вида прыгают выше, чем рассмотренные в работе

виды. В будущем было бы интересно собрать больше особей этого и других видов и сравнить их прыжки тоже.

Помимо ответа на главный вопрос работы мы решили узнать, от чего зависит высота прыжков и почему, например, у вида *A. pallens* есть особи, прыгавшие на 1.5 см, а есть те, что прыгали на 15 см – в 10 раз больше. Мы предположили, что длина особи может влиять на ее массу и, следовательно, на высоту прыжка. Однако на диаграммах рассеяния (рис. 9. и 10) видно почти полное отсутствие связи между значениями на осях, и тест Спирмена, проведенный для поиска связи, тоже не показал значимой связи между этими показателями. Возможно, выборка была недостаточно велика.

Еще одним признаком, от которого может зависеть высота прыжка, стал пол жука. Из-за малой выборки *H. niger* (всего 3 самки), выводы можно делать только на основании результатов, полученных для *A. pallens* (12 самок и 15 самцов). На основании полученных данных (рис. 11) можно сделать вывод, что в среднем самки и самцы прыгают примерно одинаково. Зато из графика видно, что у самцов больше разброс высот, на которые они прыгали: у самок средняя высота прыжка 5.91 мм, СО 1.45 мм; у самцов средняя высота прыжка 5.85 мм, СО 2.2 мм. То есть при почти одинаковых средних (разница всего 0.06 мм) отличия в стандартных отклонениях составили 0.75 мм в пользу самцов – в полтора раза больше, чем у самок.

Интересным оказался результат исследования, связанного с изменением высоты прыжка в зависимости от его порядкового номера. У вида *H. niger* в среднем первые три прыжка (с 1-го по 3-й) увеличиваются в высоте почти на 1 см, затем с 3-го по 7-й почти не изменяются, а с 7-го по 10-й резко уменьшаются на более чем 1 см. Однако тест Спирмена показал небольшой коэффициент корреляции и большое значение  $r$ . Дисперсионный анализ также не выявил различий между средней высотой какой-либо пары номеров прыжка.

Несмотря на низкое значение  $r$  (явное наличие значимой разницы) в эксперименте об относительной высоте прыжка, самым высоким показателем обладает единственный экземпляр вида *L. poneli* (2.42 против 2.26 у самого высоко прыгавшего *A. pallens*). Однако его длина значительно выше, чем у любого измеренного *A. pallens* – 6.9 мм. Это наталкивает на мысль о том, что либо эта особь прыгала парадоксально высоко, либо все жуки вида *L. poneli* прыгают так же высоко. Во втором случае это будет значить, что высота прыжка зависит только от вида (или в основном от него), и такая большая разница в прыжках у *A. pallens* и *H. niger* – случайность, которая может быть связана не только разницей в размерах. Тогда возникает вопрос, с чем связана такая разница в прыжках разных видов: в устройстве их мускулатуры, выроста на переднегруди? А может, причина в расположении центра тяжести? Для выяснения этого вопроса понадобится привлечь данные об анатомии представителей этого семейства и отдельных родов и видов.

Помимо проведенных исследований, можно затронуть такие стороны, как

зависимость высоты прыжка от времени, проведенным жуком в «неволе». Имеет смысл взять разные промежутки времени, к примеру: 1 ч, 5 ч и 10 ч, а затем сравнить высоты прыжков (скорее всего, для начала можно обойтись одним видом).

Также есть идея (для будущей работы) насчет корреляции высоты прыжка с освещением (под светом яркой лампы или в полутьме): данный фактор тоже может влиять на высоту прыжка.

В будущем можно попробовать поймать другие виды и посмотреть их среднюю высоту прыжка, сравнить с предыдущими результатами. Кроме того, можно провести такую же работу, но с бóльшим числом видов. Также посмотреть зависимость высоты прыжка от субстратов разной твердости, что уже было исследовано для некоторых видов (Ribak, 2012).

Помимо изложенных выше идей, есть и другие:

1. Проанализировать прыжковую активность жуков-щелкунов из примитивных подсемейств, например Agurpinae.
2. Рассмотреть влияние питания во время содержания в неволе на прыжковую активность жуков.
3. Сравнить параметры грудных структур у одного вида и выяснить, связаны ли они с высотой прыжков.

### **Выводы**

1. Высота прыжка у исследованных видов жуков-щелкунов зависит от вида: жуки вида *Adrastus pallens* (4–6 мм) в среднем прыгают на 1.5 см выше, чем жуки вида *Hemicrepidius niger* (10–14 мм).
2. Относительная высота прыжка также зависит от вида: она значительно (в среднем на 1) выше у *Adrastus pallens*.
3. Связи между высотой прыжка и длиной тела особи в пределах одного вида не выявлено.
4. Зависимости высоты прыжка от пола особи у вида *Adrastus pallens* не выявлено.
5. Закономерного изменения высоты прыжка с течением эксперимента за 10 повторностей также не выявлено.

### **Благодарности**

Мы признательны администрации Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН за возможность собирать материалы и проводить

исследование на территории стационара «Сунога», в частности — Александру Витальевичу Крылову, директору института, за возможность работы на стационаре. Сергею Менделевичу Глаголеву, Полине Андреевне Волковой, Екатерине Викторовне Елисеевой и всей биологической кафедре школы № 1543 за организацию летней практики на стационаре «Сунога» в окрестностях поселка Борок. Также Петру Николаевичу Петрову за руководство и помощь с работой, и Александру Сергеевичу Просвинову за помощь с определением жуков и идеи для будущих работ. Кроме того, мы благодарны Ф. Ф. Рахимовой и Ю. С. Вереникиной за поддержание позитивного настроения и мотивацию к работе.

### Литература

1. Барсков А. И., Бондарь Ф. А. [Интернет документ] 2021. Исследование особенностей прыжка жуков-щелкунов (Coleoptera: Elateridae) [URL: [https://bioclass.ru/wp-content/uploads/2022/02/%D0%91%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B2\\_%D0%91%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%8C\\_2022.pdf](https://bioclass.ru/wp-content/uploads/2022/02/%D0%91%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B2_%D0%91%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%8C_2022.pdf)]
2. Просвинов А. С. 2018. Атлас жуков средней полосы России. Москва: Фитон XXI. 272 с.
3. Evans M. E. G. 1972. The jump of the click beetle (Coleoptera, Elateridae)— a preliminary study. *Journal of Zoology*. 167 (3): 319–336.
4. Costa C., Lawrence J. F., Rosa S. P. 2010. *Handbook of Zoology. Coleoptera, Beetles*: 75.
5. R Core Team. 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing [URL: <https://www.R-project.org/>], Vienna.
6. Ribak G., Reingold S., Weihs. D. 2012. The effect of natural substrates on jump height in click-beetles. *Functional Ecology*. 26 (2): 493–499.
7. Ribak G., Weihs D., Mordechay O. 2013. Why are there no long distance jumpers among click-beetles (Elateridae)? *Bioinspiration & Biomimetics*. 8: 036004.