Московская школа на Юго-Западе № 1543

Высота прыжка у жуков-щелкунов (Coleoptera: Elateridae) разных видов и ее зависимость от внешних факторов

Работу выполнили:

Ф. В. Шевченко (9 «Б»)

Д. С. Храмова (9 «Б»)

К. С. Фёдоров (10 «Б»)

А. Э. Салимова (10 «Б»)

Научный руководитель:

к. б. н. П. Н. Петров

Москва, 2023

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), в который и входят жуки-щелкуны (Elateridae). На данный момент описано около 10 тысяч видов и 400 родов щелкунов. Представители семейства распространены по всему миру, кроме Антарктиды и обитают в самых разных биотопах (Costa et al., 2010). В России отмечено более 450 видов Elateridae (Просвиров, 2018). Тело жуков-щелкунов обычно удлиненное, как правило, темноокрашенное, однако у ряда видов есть рисунок в виде цветных полос или пятен. В этом семействе известны как небольшие виды, длиной 2–3 мм, так и очень крупные жуки, достигающие 6–7 см в длину (Просвиров, 2018).

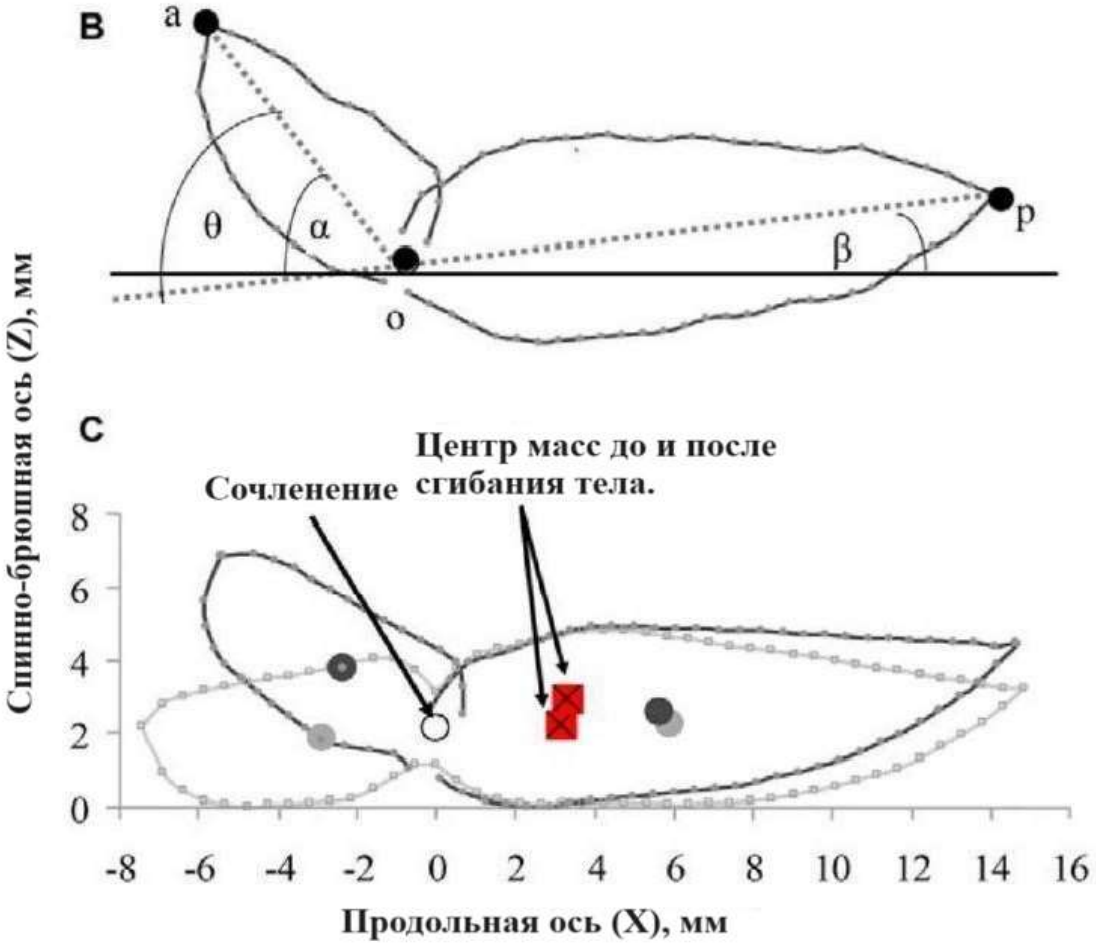

Рис. 1. Схема прыжка. Прыжок происходит из положения на спине. Отросток резко входит в отверстие среднегруди по его гладкой поверхности, и голова и брюшко синхронно и быстро поднимаются. За счет этих действий центр тяжести оказывается выше, и тело жука стремится вверх за ним благодаря силе инерции (Evans,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

Интересная поведенческая особенность 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 M4 (рис. 2) за счет силы трения покоя в точке соприкосновения отростка и стенки отверстия. Как только напряжение мышцы M4 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).

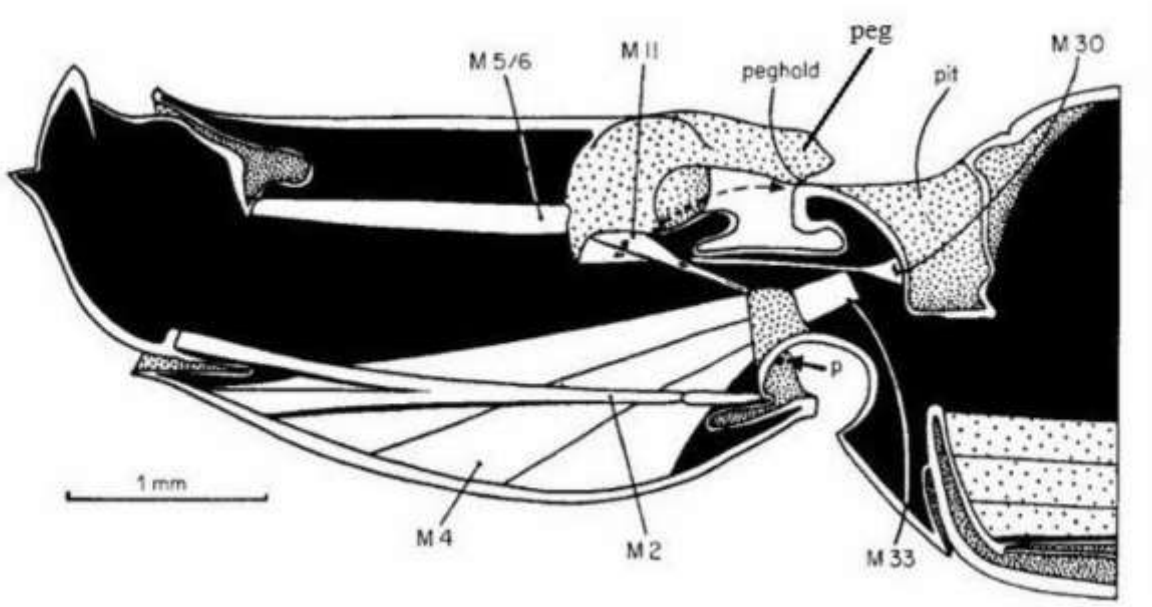

Рис. 2. Схема мускулатуры головы, переднегруди и среднегруди жука-щелкуна в состоянии подготовки к прыжку. M2 – M30 обозначены мышцы. Pit – углубление в среднегруди, в которое входит вырост; peg – вырост; peghold – небольшое возвышение на поверхности отверстия, увеличивающий силу трения покоя в этом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

Данный механизм нужен щелкунам для возвращения из перевернутого состояния в обыкновенное и спасения от опасности. После прыжка щелкун может приземлиться не на ноги, а на спину, в таком случае ему приходится прыгать повторно. Проводились исследования по изучению зависимости высоты прыжка от субстрата, с которого делается прыжок. В результате работы было выяснено, что чем плотнее субстрат, тем выше получается прыжок (Ribak et al., 2012).

До нас учащимися Школы № 1543 было выполнено две работы о высоте прыжка жуков-щелкунов (Барсков, Бондарь, 2022; Салимова, Фёдоров, 2023). Сборы для исследований Барскова и Бондаря (2022) проводились в 2022 году. Цель работы заключалась в сравнении высоты прыжков жуков разных видов и поиске связи между видом жука и высотой его прыжка. Авторы анализировали в основном прыжки жуков двух видов:

Hemicrepidius niger (Linnaeus, 1758) и *Adrastus pallens* (Fabricius, 1792). Результаты этой работы показали значимую разницу в средней высоте прыжка разных видов. Салимова и Фёдоров (2023) работали с теми же видами, усовершенствовав методику для минимизации механического воздействия на жуков и уменьшения погрешностей. Одной из их задач было проверить выводы предыдущей работы, другой — выяснить, какие еще факторы могут влиять на высоту прыжка. В ходе работы также была выявлена зависимость между видовой принадлежностью и высотой прыжка, не было выявлено связи между высотой прыжка и длиной тела особи в пределах одного вида. Не было выявлено и зависимости высоты прыжка от его порядкового номера, как и зависимости высоты прыжка от пола особи у вида *Adrastus pallens*.

Мы, в свою очередь, продолжили изучать зависимость высоты прыжка жуков-щелунов от видовой принадлежности, пола, длины тела и температуры на большем количестве видов, часто встречающихся в районе стационара «Сунога». Мы использовали в целом ту же методику, что и наши предшественники, с небольшими усовершенствованиями.

Цель работы: Продолжить изучение высоты прыжка у жуков-щелкунов (Elateridae) разных видов.

Задачи:

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

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

1. Подготовка к работе

Нами была усовершенствована установка, использованная в предшествующем исследовании (Салимова, Фёдоров, 2023) (рис. 3), на которой проводили видеосъёмку жуков. Мы взяли картонную коробку 30 × 20 × 20 см, которую поставили на деревянный рабочий стол перпендикулярно поверхности земли (проверено с помощью промышленного уровня). На внутреннюю грань коробки прикрепили с помощью булавок разлинованный линером (толщиной 0.05) 1 × 1 см лист плотной бумаги А4. На нижней (опорной) грани коробки закрепили лист бумаги А4, на который помещали жука. Лист крепился к разлинованной поверхности двумя булавками. Места, где он прилегал к углам коробки, проклеили клеем ПВА (рис. 3). Такая конструкция позволяла минимизировать нарушения в ходе эксперимента, поскольку жук с меньшей вероятностью мог потеряться и не мог заползти под бумагу. Съемка велась на камеры телефонов Samsung A52 и iPhone 14 Pro, 1080p 60 кадров в секунду. Для съёмки в тёмное время суток (после 21:00) использовалась лампа для бинокуляра диаметром 10 см. Она была прикреплена к верху коробки посредством помещения ее в специально подготовленный вырез. Камера устанавливалась на самодельном штативе. Он представлял собой деревянный брусок, в который в качестве опоры для телефона вбили два гвоздя. Штатив располагался на расстоянии примерно 45 см от установки; камера находилась на высоте около семи сантиметров относительно дна установки. Для учета результатов были распечатаны бланки, в которых учитываются такие критерии, как температура (внутри помещения и снаружи), время, место поимки, размеры жука, его пол, высота каждого из десяти прыжков, время начала и конца эксперимента.

Рис. 3. Съёмочная установка 2022 года (слева) и съемочная установка 2023 года (справа), напротив находится штатив с телефоном, на который производилась съёмка. Мы усовершенствовали установку 2022 года, прикрепив разлинованный лист бумаги А4 на внутреннюю грань картонной коробки 30 × 20 × 20 см. Жука помещали на лист внутри коробки, что уменьшало вероятность потерять жука в ходе эксперимента.

2. Сбор и хранение материалов

Всего было собрано 205 экземпяров жуков-щелкунов, 4 из которых не были использованы в эксперименте. Число экземпяров для каждого вида указано в таблице (табл. 1).

Таблица 1. Количества экземпяров каждого вида. Числом после знака «+» обозначены экземпляры, не использованные в эксперименте. 1 из них умер во время эксперимента, 1 был утерян, ещё 2 были собраны не по методике.

Название вида	Число пойманных экземпляров
Agrypnus murinus (Linnaeus, 1758)	2
Ampedus sanguinolentus (Schrank, 1776)	2
Athous subfuscus (Müller, 1764)	4
Agriotes lineatus (Linnaeus, 1767)	19
Agriotes obscurus (Linnaeus, 1758)	46 + 1
Agriotes sputator (Linnaeus, 1758)	16
Ctenicera pectinicornis (Linnaeus, 1758)	1
Dalopius marginatus (Linnaeus, 1758)	29

Hemicrepidius niger (Linnaeus, 1758)	39
Limonius aeruginosus (Olivier, 1790)	10
Limonius poneli Leseigneur et Mertlik, 2007	1 + 1
Oedostethus quadripustulatus (Fabricius, 1792)	32 + 2

Все материалы были собраны на территории и окрестностях стационара «Сунога» Института внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, поселок Борок, Некоузский район, Ярославская область. Экземпляры были собраны методом кошения с помощью сачков в высокой траве, на полях, лугах, вдоль дорог и в пролесках. Собранных жуков помещали в цилиндрические контейнеры размерами 20 × 4 см для временного содержания. Непосредственно перед началом эксперимента жуков из контейнера помещали в пластиковые или стеклянные чашки Петри, затем чашки закрывали крышкой с небольшим проемом, так, чтоб жукам хватало воздуха, и они не могли выползти из чашки.

3. Ход эксперимента

Съемка осуществлялась одновременно двумя людьми. Первый из чашки Петри сажал жука в пластмассовый контейнер для хранения бисера. В этот момент второй человек включал камеру, объявлял вслух номер жука, время начала эксперимента. Далее, резким переворотом первый человек выбрасывал жука на площадку для прыжка, стараясь, чтобы тот упал на спину. В таком случае, жук прыгал, переворачиваясь, затем, с помощью крышки от контейнера для бисера, его аккуратным смахивающим движением возвращали в первоначальное положение (на спине). Таким образом, жук прыгал десять раз, после его помещали в пластиковую пробирку с 0.1 мл 95% спирта, нумеровали, а позже накалывали на булавку (при длине жука 8 и более мм) либо клеили на картонную плашку (при длине жука менее 8 мм) и этикетировали. Если жук в течение 3 минут не прыгал, то его, независимо от причины и количества совершенных ранее прыжков, также умерщвляли, нумеровали, монтировали и этикетировали.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Эксперименты были проведены с 201 экземпляром жуков-щелкунов. В качестве основных были выбраны виды *Agriotes lineatus*, *Agriotes obscurus*, *Dalopius marginatus*, *Hemicrepidius niger* и *Oedostethus quadripustulatus* (рис. 4), так как они чаще всего встречаются в окрестностях стационара «Сунога» и их было поймано больше, чем других видов (20 и более особей).

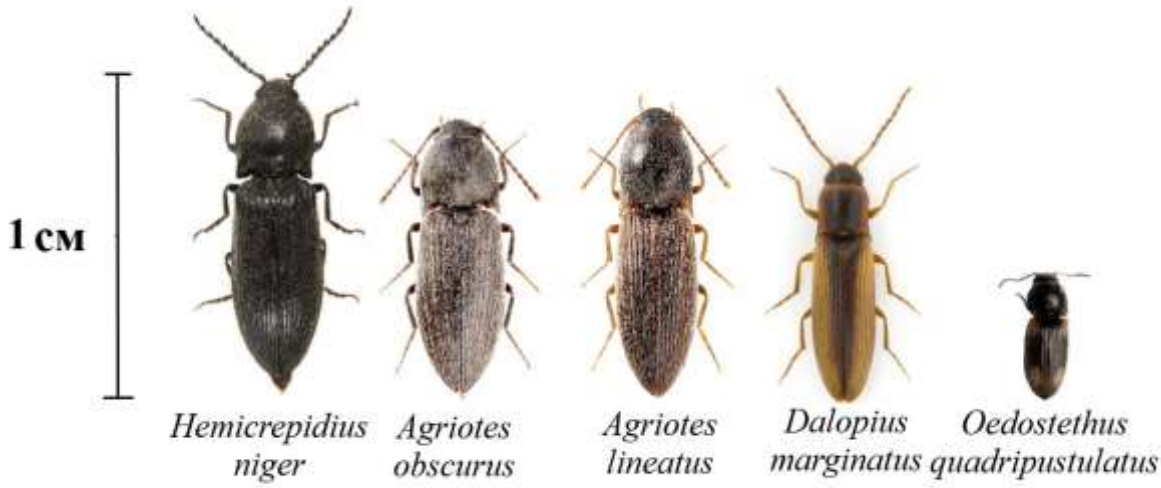

Рис. 4. Имаго жуков щелкунов, вид сверху. Изображения с сайта zin.ru.

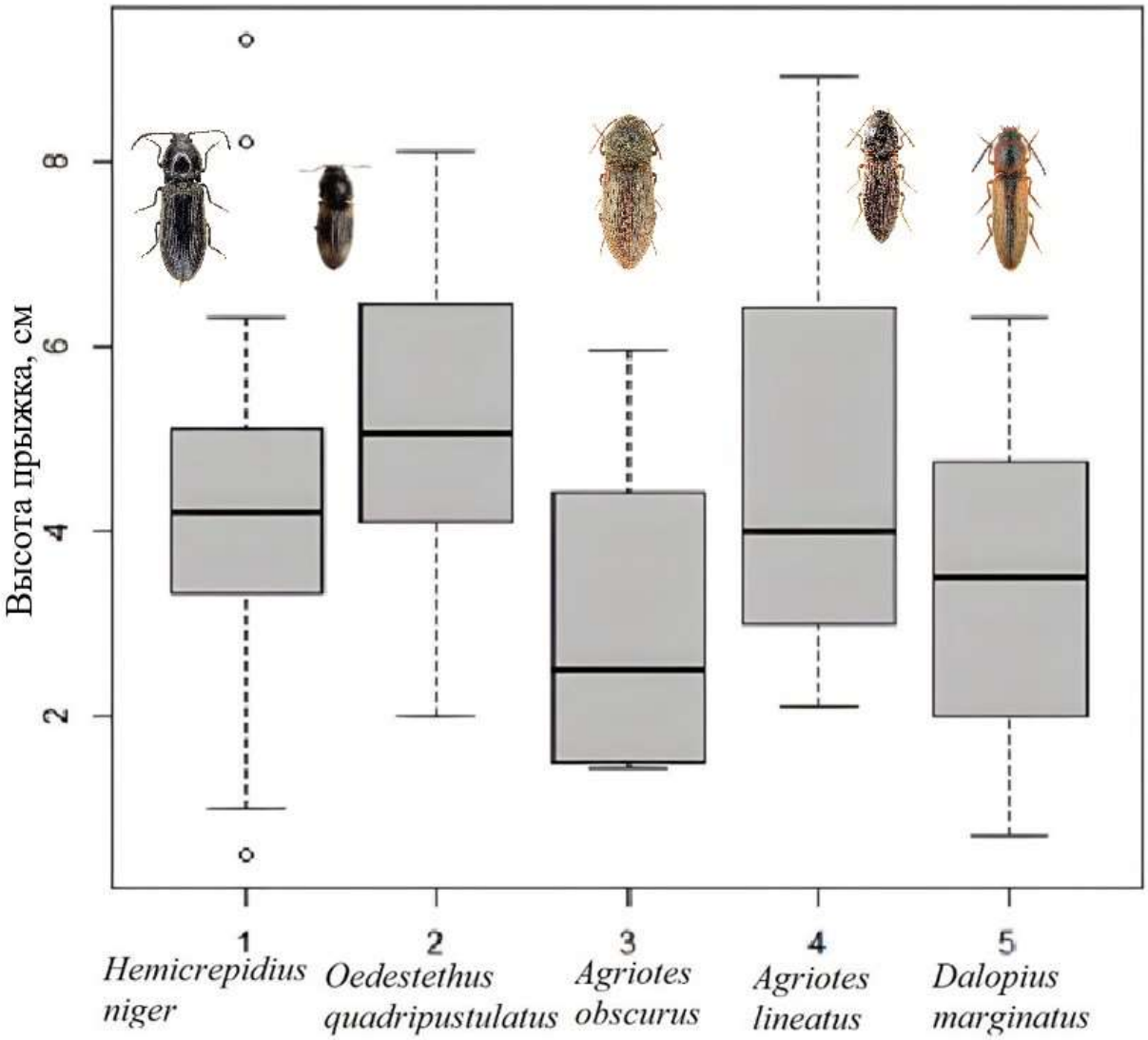

Рис. 5. Средняя высота прыжков (из 10 последовательных прыжков) у жуков-щелкунов разных видов. Выбросами для вида *H. niger* являются значения 8,2 см и 9,3 см.

Таблица 2. Среднее арифметическое всех средних арифметических за 10 прыжков, полученных для всех исследованных экземпляров каждого вида со стандартным отклонением.

Вид	Средняя высота прыжка, см	Стандартное отклонение, см
H. niger (39 особей)	4,19	2,08
A. obscurus (46 особей)	3,4	1,89
A. lineatus (19 особей)	4,69	2,25
D. marginatus (29 особей)	3,45	1,64
O. quadripustulatus (32 особи)	5,18	1,64

Поскольку данные о всех средних высотах прыжков каждого вида (рис. 5) являются параметрическими (тест Шапиро — Уилка во всех случаях показал значения $p > 0,05$ (табл. 3)), мы провели их статистическую обработку с помощью теста Спирмена и попарного теста Стьюдента.

Таблица 3. Результаты проверки нормальности распределения с помощью теста Шапиро — Уилка.

Вид	p
H. niger	0,25
O. quadripostulatus	0,79
A. obscurus	0,07
A. lineatus	0,5
D. marginatus	0,21

Мы провели тест Спирмена для всех видов, чья выборка была больше 7 экземпляров (*H. niger*, *A. obscurus*, *A. lineatus*, *D. marginatus*, *O. quadripustulatus*, *Agriotes sputator*, а также один вид, исследованный в прошлом году (*Adrastus pallens* (Fabricius, 1792)), данные взяты из табл. 4. По результатам теста не было выявлено значимой связи между длиной жука и высотой его прыжка: $p = 0,096$, $\rho = -0,64$.

Таблица 4. Данные, включающие средние значения всех средних высот прыжков из десяти последовательностей и средняя длина всех особей каждого вида, чья выборка больше 7, по которым был проведён тест Спирмена.

Вид	Средняя высота прыжка (см)	Средняя длина жука (мм)
H. niger	4,19	10,3
A. obscurus	3,4	8,35
A. lineatus	4,69	8,95
D. marginatus	3,45	6,8
O. quadripustulatus	5,18	3,11
A. sputator	8,64	6,66
A. pallens	6,05	4,15

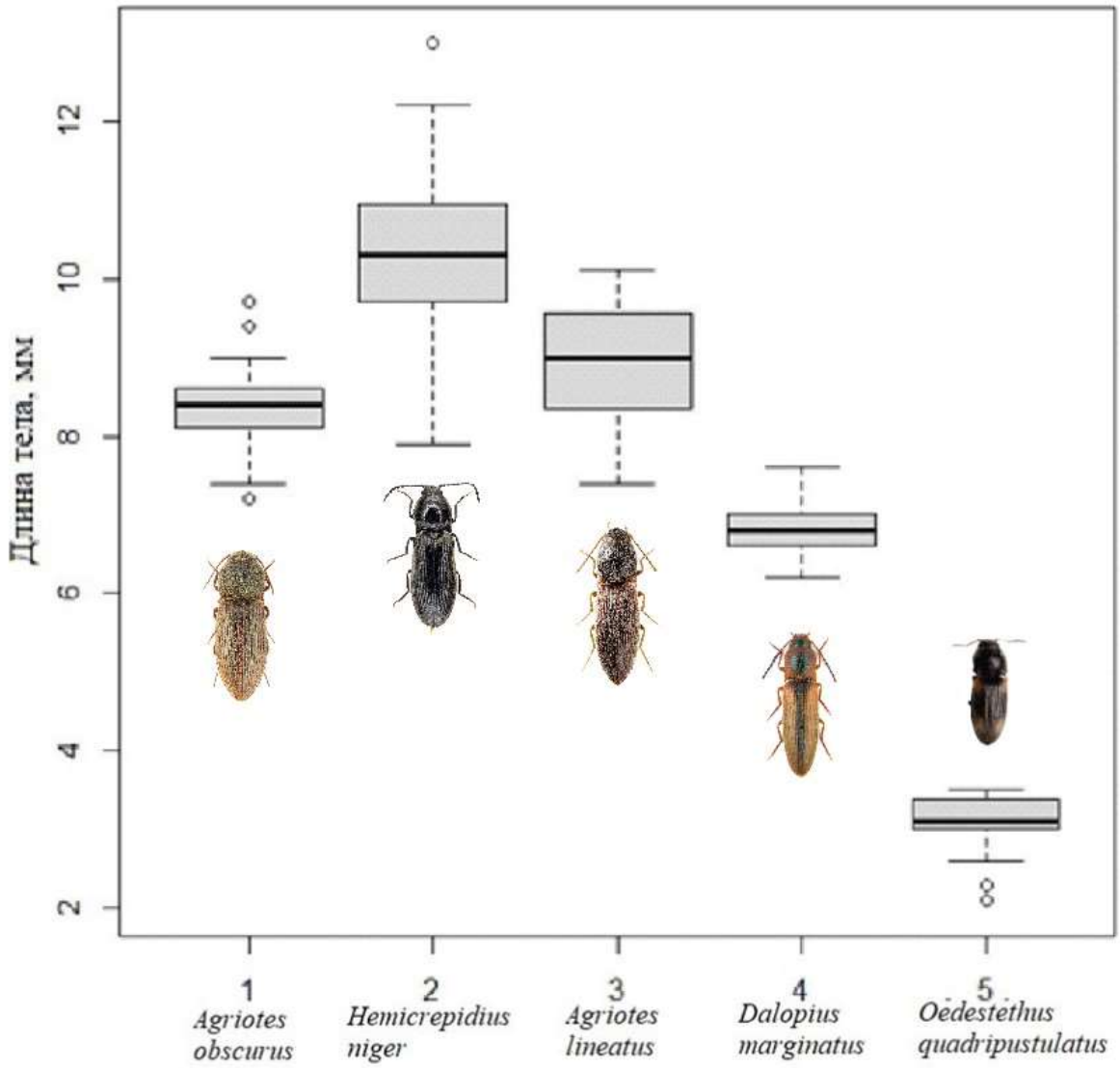

Рис. 6. Распределение средних длин тела исследуемых видов. Выбросами у вида *A. obscurus* являются значения 7,2 мм, 9,4 мм, 9,7 мм. Для вида *H. niger* выбросом является значение 13 мм. Для вида *O. quadripustulatus* выбросами считаются значения 2,1 мм и 2,3 мм.

Для выявления значимой разницы между высотой прыжка разных полов в пределах одного вида мы провели тест Уилкоксона, но значимой разницы не

было выявлено (во всех случаях p>0,05, табл. 5). Также мы построили ящики с усами для видов *H. niger*, *D. marginatus* и *O. Quadripustulatus* (рис. 7, 8, 9). Из-за малой выборки других исследуемых видов мы можем делать выводы только на основании трёх вышеперечисленных.

Таблица 5. Результаты теста Уилкоксона.

Вид	p
H. niger	0,59
D. marginatus	0,89
O. quadripustulatus	0,29

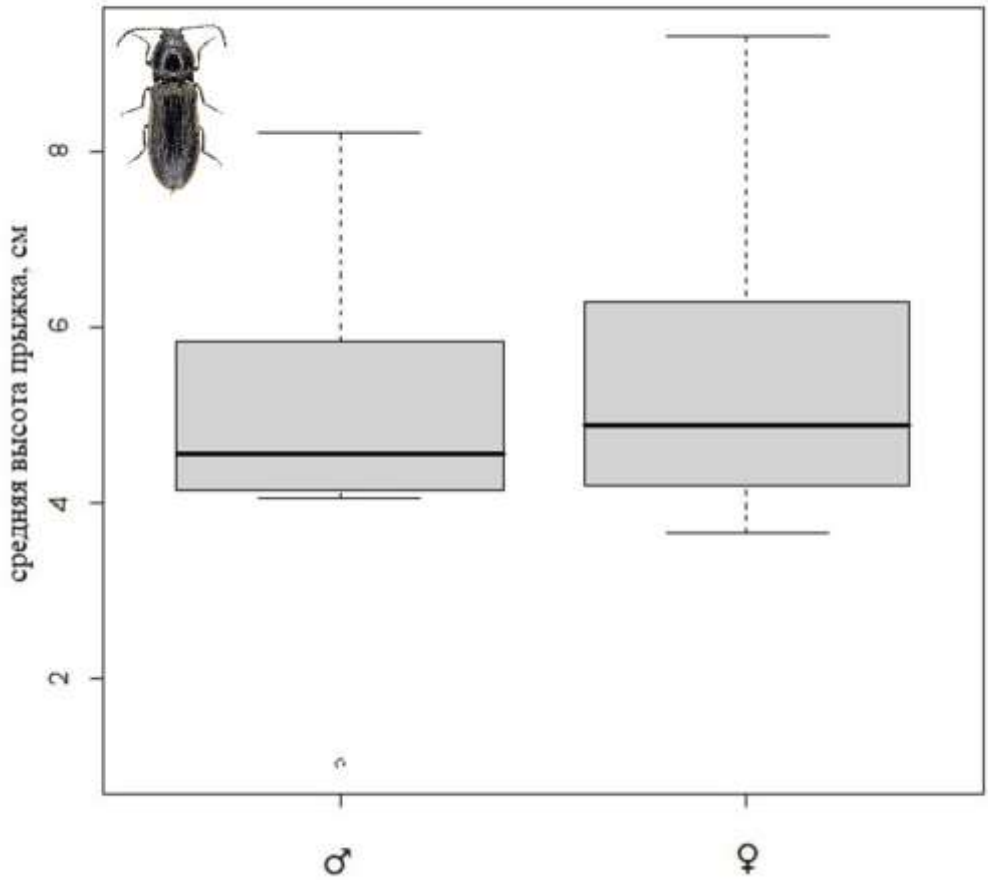

Рис. 7. Распределение средних высот прыжков в зависимости от пола вида *H. niger*. Выбросом считается значение высоты прыжка меньше 2 см. 10 самцов (♂) и 6 самок (♀).

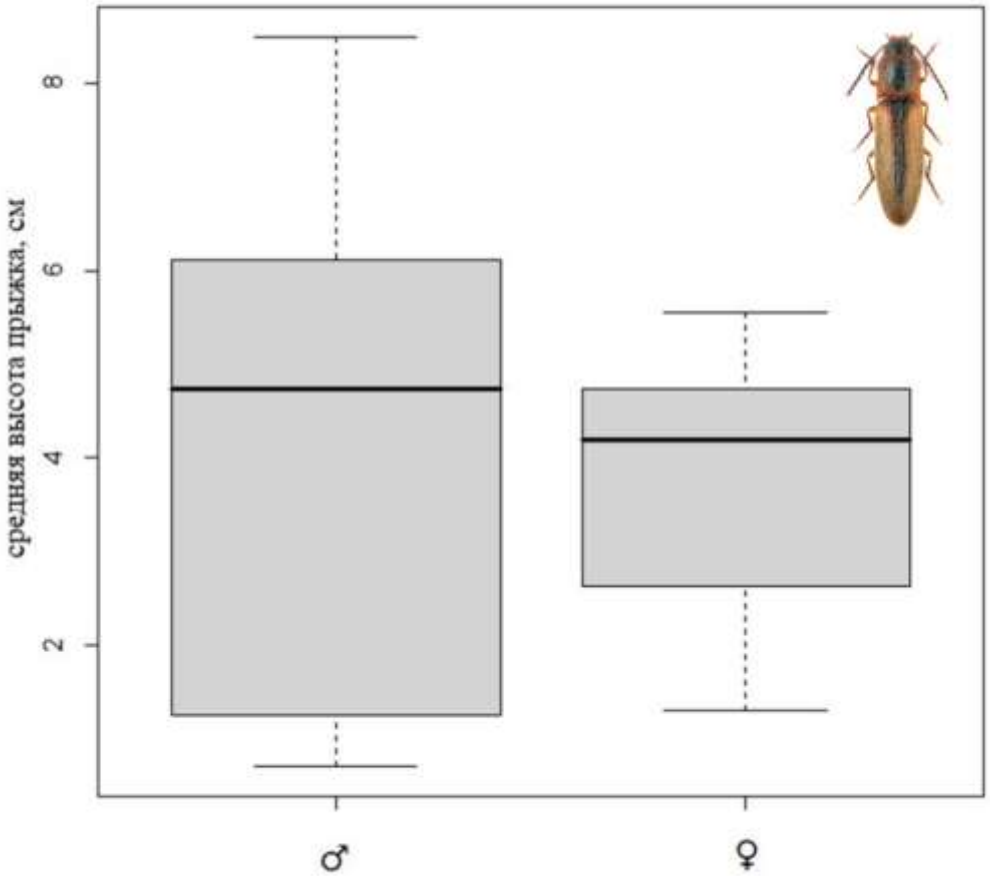

Рис. 8. Распределение средних высот прыжков в зависимости от пола вида *D. marginatus.* 7 самцов (♂) и 15 самок (♀).

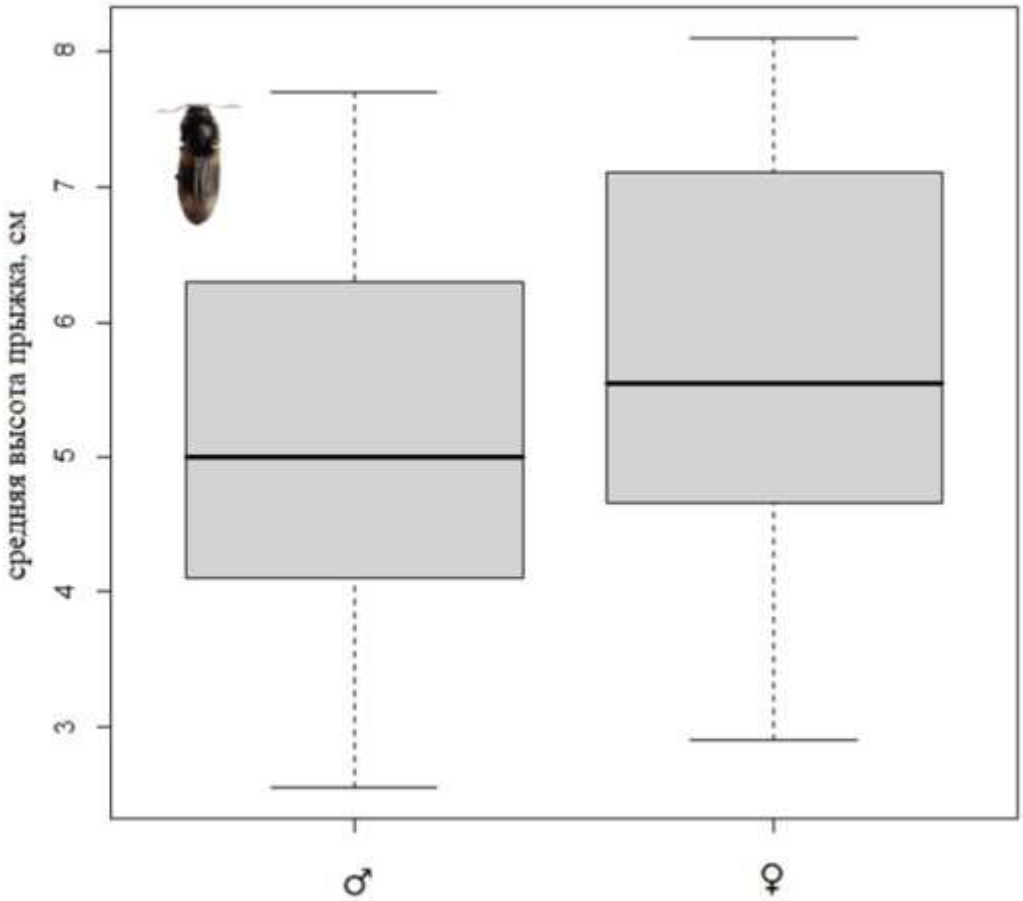

Рис. 9. Распределение средних высот прыжков в зависимости от пола вида *O. quadripustulatus.* 18 самцов (♂) и 11 самок (♀).

Чтобы выявить достоверную разницу между средними арифметическими высот прыжков жуков разных видов, мы провели дисперсионный анализ (однофакторный ANOVA) для 7 видов с выборками 9 и более. По результату дисперсионного анализа, $p = 4{,}3\times10^{-13}$. Чтобы выяснить, какие именно виды достоверно различаются, мы провели тест Тьюки.

Таблица 6. Результаты теста Тьюки, отображающие между средними высотами прыжков из 10 последовательностей каких видов имеется значимая разница. Звездочкой (*) обозначены те пары, между средней высотой прыжков которых была выявлена значимая разница.

	H. niger	*A. pallens*	*A. sputator*	*A. obscurus*	*A. lineatus*	*D. marginatus*	*O. quadripustulatus*
H. niger (39 особей)	-	0,006*	0*	0,9	0,99	0,76	0,4
A. pallens (32 особи)	0,006*	-	0,001*	0,003*	0,47	$2{,}66\times10^{-5}$*	0,56
A. sputator (16 особей)	0*	0,001*	-	0*	$4{,}69\times10^{-5}$*	0*	$1{,}7\times10^{-6}$*
A. obscurus (46 особей)	0,9	0,003*	0*	-	0,73	1	0,11
A. lineatus (19 особей)	0,99	0,47	$4{,}69\times10^{-5}$*	0,73	-	0,6	0,99
D.marginatus (29 особей)	0,76	$2{,}66\times10^{-5}$*	0*	1	0,6	-	0,01*
O. quadripustulatus (32 особи)	0,4	0,56	$1{,}7\times10^{-6}$*	0,11	0,99	0,01*	-

Значимой разницы между средними высотами прыжков не было выявлено между видами *H. niger* и *A. obscurus*, *H. niger* и *A. lineatus*, *H. niger* и *D. marginatus*, *H. niger* и *O. quadripustulatus*, *A. pallens* и *A. lineatus*, *A. pallens* и *O. quadripustulatus*, *A. obscurus* и *A. lineatus*, *A. obscurus* и *D. marginatus*, *A. obscurus* и *O. quadripustulatus*, *A. lineatus* и *D. marginatus*, *A. lineatus* и *O. quadripustulatus* (рис. 12).

Дисперсионный анализ не показал зависимости между высотой прыжка и его порядковым номером ни в одном из случаев (табл. 7), ни у одного вида не наблюдается утомляемость при последовательности из 10 прыжков. Мы провели его для видов *H. niger*, *A. lineatus*, *D. marginatus*, также для вида *Agriotes sputator*, чья выборка 16 особей, и не провели для вида *A. obscurus*, где все 10 прыжков прыгнули только 4 жука из 46, участвовавших в эксперименте.

Таблица 7. Результаты однофакторного дисперсионного анализа первых 10 прыжков каждого из пяти исследованных на сравнительно большой выборке видов.

Вид	p
H. niger	0,22
A. lineatus	0,74
A. sputator	0,98
D. marginatus	0,052
O. quadripustulatus	0,25

Мы провели корреляционный тест Спирмена для нахождения зависимости высоты прыжка основных видов от температуры вне помещения во время проведения эксперимента (табл. 8, рис. 10) и зависимости средней высоты прыжка от температуры внутри помещения (табл. 9, рис. 11). Значимой связи между высотой прыжка и температурой вне и внутри помещения не выявлено, кроме связи высоты прыжка *O. quadripustulatus* и температуры внутри помещения ($p=0,005$, во всех остальных случаях $p > 0,05$).

Таблица 8. Результаты нахождения зависимости между средней высоты прыжка от температуры вне помещения с помощью теста Спирмена.

Вид	p
A. obscurus	0,5
H. niger	0,56
O. quadripustulatus	0,19
A. lineatus	0,88
D. marginatus	0,88

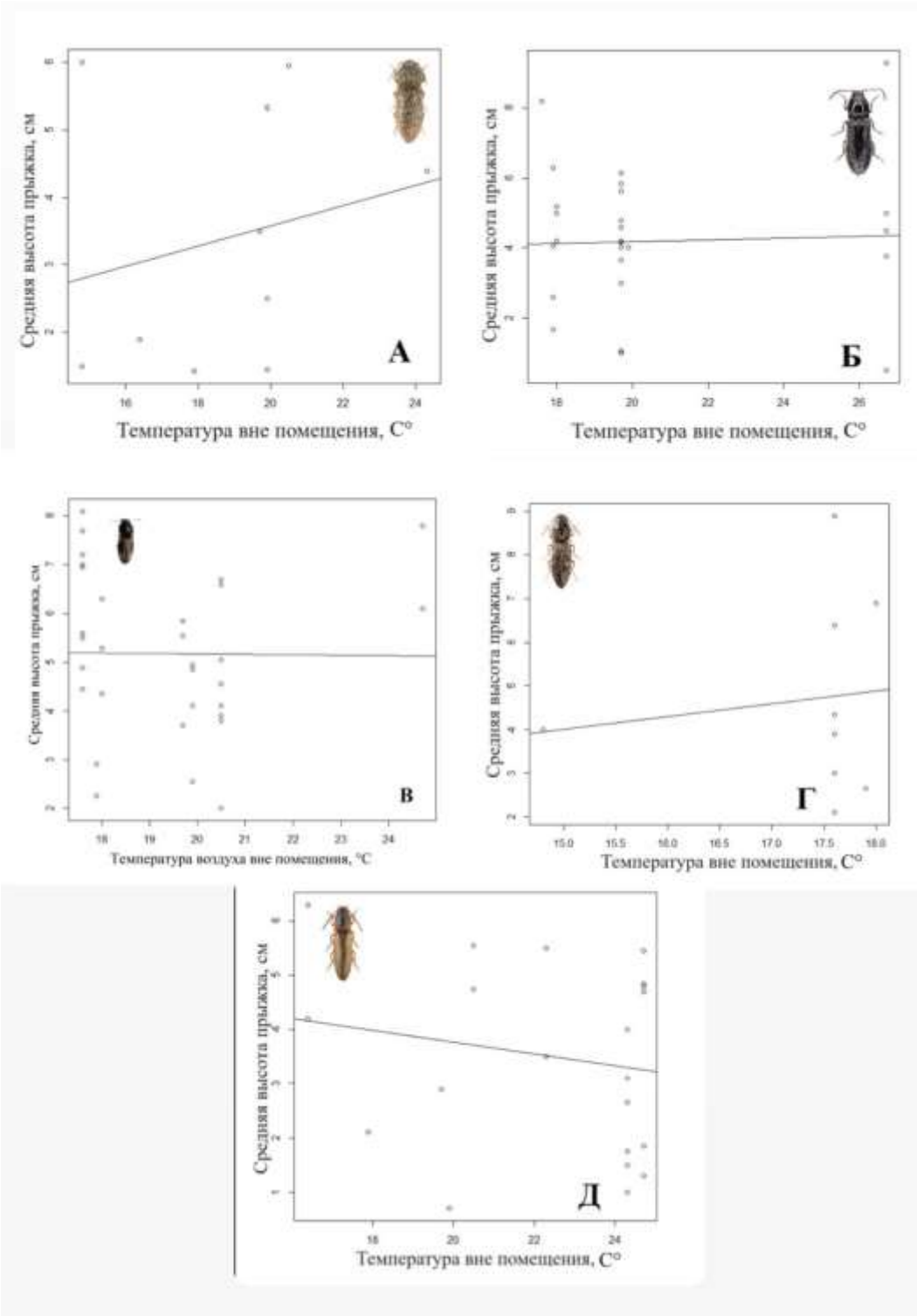

Рис. 10. Зависимость средней высоты прыжка жука от температуры воздуха вне помещения. А – *A. obscurus*, Б – *H. niger*, В – *O. quadripustulatus*, Г – *A. lineatus*, Д – *D. marginatus*.

Таблица 9. Результаты нахождения зависимости между средней высотой прыжка и температурой воздуха внутри помещения с помощью теста Спирмена.

Вид	p
H. niger	0,6
A. obscurus	0,7
A. lineatus	0,3
D. marginatus	0,9
O. quadripustulatus	0,005

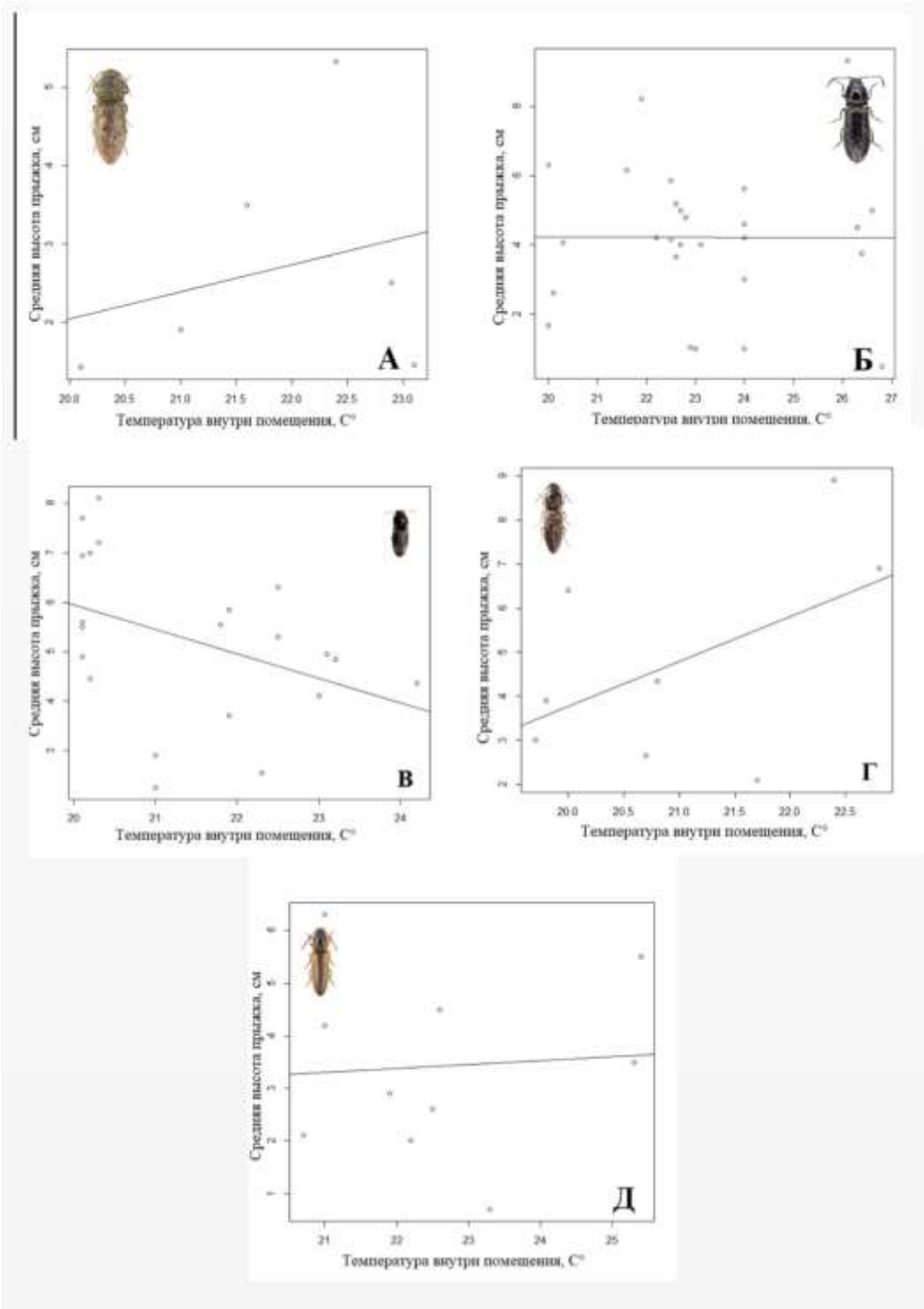

Рис. 11. Зависимость средней высоты прыжка жука от температуры воздуха внутри помещения. А – *A. obscurus*, Б – *H. niger*, В – *O. quadripustulatus*, Г – *A. lineatus*, Д – *D. marginatus*.

ОБСУЖДЕНИЕ

В нашей работе мы исследовали влияние видовой принадлежности, пола, длины тела жука и температуры на высоту прыжка разных видов. При сравнении средних высот прыжков разных видов выявлена разница между ними: выше всех из исследуемых видов прыгают особи *O. quadripustulatus*, ниже всех особи вида *A. obscurus* и *D. marginatus*. Рекордсменом стал вид *A. sputator*, особь которого прыгнула на высоту 12,5 см, средняя высота прыжков этого вида также самая высокая — 8,64 см (табл. 4). К выводу о влиянии вида на высоту прыжка пришли и наши предшественники (Барсков, Бондарь, 2021; Салимова, Фёдоров, 2022).

Пол жука также может быть фактором, от которого зависит высота прыжка. Из-за малой выборки *A. obscurus* (3 самца и 2 самки) и *A. lineatus* (7 самцов и 2 самки) мы можем судить только по результатам исследований зависимости высоты прыжка от пола видов *H. niger, D. marginatus* и *O. quadripustulatus*. По результатам теста Уилкоксона значимой разницы не было выявлено (табл. 6).

Исследуя влияние длины тела жука на высоты его прыжка, мы пришли к выводу, что *O. quadripustulatus* прыгает выше остальных видов относительно своей длины тела. Но зависимости между этими двумя факторами в общей выборке не было выявлено.

Мы предполагали, что высота прыжка также может зависеть от температуры воздуха вне и внутри помещения. По результатам корреляционного теста Спирмена (табл. 8, табл. 9) связи между средней высотой прыжка и температурой воздуха вне и внутри помещения нами не было выявлено ни в одном случае, кроме зависимости высоты прыжка *O. quadripustulatus* от температуры внутри помещения. Возможно это связано с разницей размеров между этим видом и другими исследованными (средняя длина тела этого вида 3,11 мм). Наши данные были подкреплены диаграммами рассеяния (рис. 10,11).

Мы думали, что порядковый номер прыжка также может влиять на высоту прыжка, но пришли к выводу что это не так после проведения однофакторного дисперсионного анализа. Во всех случаях $p > 0,05$ (табл. 7), что означает отсутствие зависимости между этими двумя факторами.

Собрать большее количество видов вряд ли получится, но можно попробовать увеличить выборку имеющихся неисследованных видов, найти их среднюю высоту прыжка и сравнить с результатами двух предыдущих работ (включая эту). Также есть идея исследовать зависимость средней высоты прыжка у разных видов на разных субстратах, имеющих разную твердость.

В будущем можно также изучить зависимость высоты прыжка от размера выроста и размера мышц на переднегруди у разных особей одного вида, попробовать собрать большее количество особей более примитивного подсемейства Agrypninae и изучить их прыжковую активность.

Дополнительным экспериментом может стать сравнение высоты прыжка у особей, долгое время находившихся без питания перед началом эксперимента, и подкормленных особей. Такое сравнение можно провести хотя бы с одним модельным видом.

ВЫВОДЫ

1. Средняя высота прыжка у *A. obscurus* примерно равна средней высоте прыжка *D. marginatus*. *A. lineatus* в среднем прыгает выше *H. niger*. Наивысшая высота прыжка из исследованных видов у *O. quadripustulatus*.
2. Значимой разницы между высотой прыжка самцов и самок *H. niger*, *D. marginatus* и *O. quadripustulatus* не выявлено.
3. Значимой связи высоты прыжка с длиной тела вида тела не выявлено.
4. Не выявлено зависимости между порядковым номером прыжка и его высотой у видов *H. niger*, *A. lineatus*, *A. sputator* и *D. marginatus*.
5. Зависимости высоты прыжка жуков исследуемых видов от температуры воздуха вне и внутри помещения не выявлено, кроме зависимости высоты прыжка *O. quadripustulatus* от температуры воздуха внутри помещения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Мы благодарим администрацию Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН за возможность проводить исследование на территории стационара «Сунога», в особенности — директора института — Александра Витальевича Крылова. Сергея Менделевича Глаголева, Полину Андреевну Волкову и Екатерину Викторовну Елисееву за организацию летней практики на стационаре «Сунога» в окрестностях поселка Борок. Александра Сергеевича Просвирова за помощь в определении жуков. Глеба Константиновича Руденко, Алексея Сергеевича и Александра Сергеевича Горбачевских, Надежду Александровну Сенютину, Никиту Александровича Абрамкова и Людмилу Андреевну Абрамову за помощь в сборе материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барсков А. И., Бондарь Ф. А. [Электронный ресурс] 2022. Исследование особенностей прыжка жуков-щелкунов (Coleoptera: Elateridae) [URL: https://bioclass.ru/wp-content/uploads/2022/02/Барсков_Бондарь_2022.pdf]

2. Просвиров А.С. 2018. Атлас жуков средней полосы России. М.: Фитон XXI. 272 с.

3. Салимова А. Э., Фёдоров К. С. 2023. Высота прыжка у жуков-щелкунов (Coleoptera: Elateridae) разных видов. Pantopoda. 5 (1): 21-31.

4. Costa C., Lawrence J. F., Rosa S.P. 2010. Coleoptera, Beetles (Elateroidea, Bostrichiformia, Cucujiformia partim): Morphology and systematics. Handbook of Zoology. V. 2: p. 75.

5. Evans M. E. G. 1972. The jump of the click beetle (Coleoptera, Elateridae) — a preliminary study. Journal of Zoology. 167 (3): 319–336.

6. R Core Team (2023). _R: A Language and Environment for Statistical Computing_. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

7. Ribak G., Weihs D., Mordechay O. 2013. Why are there no long distance jumpers among click-beetles (Elateridae). Bioinspiration & Biomimetics. 8: 036004

ПРИЛОЖЕНИЕ

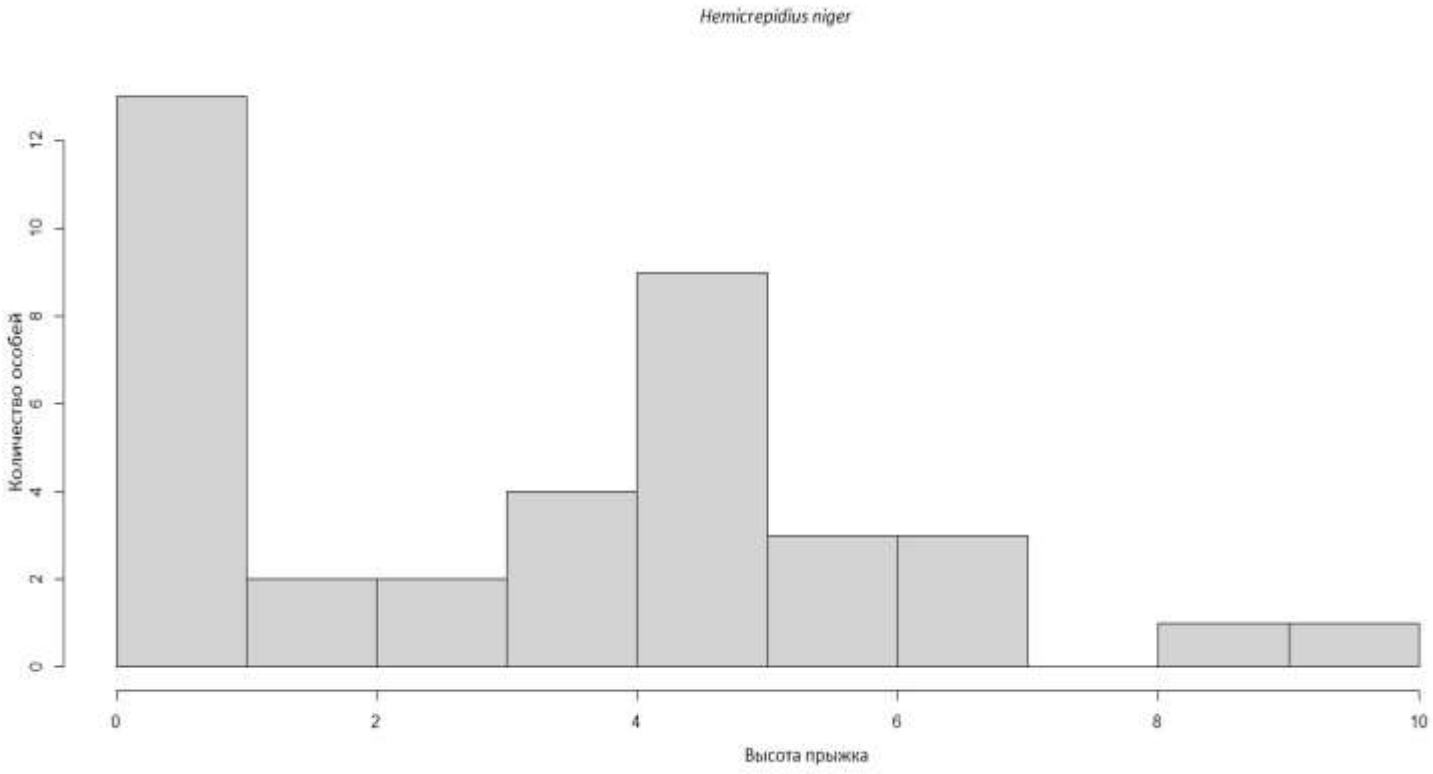

Рис. 1. Распределение средней высоты прыжка *Hemicrepidius niger*.

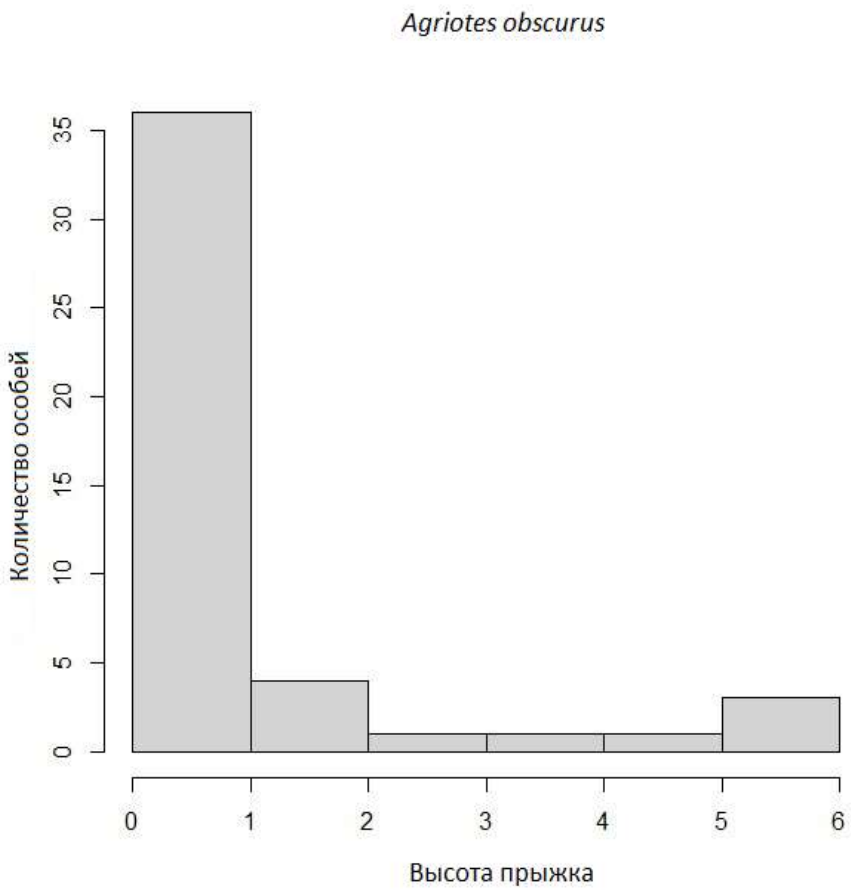

Рис. 2. Распределение средней высоты прыжка *Agriotes obscurus*.

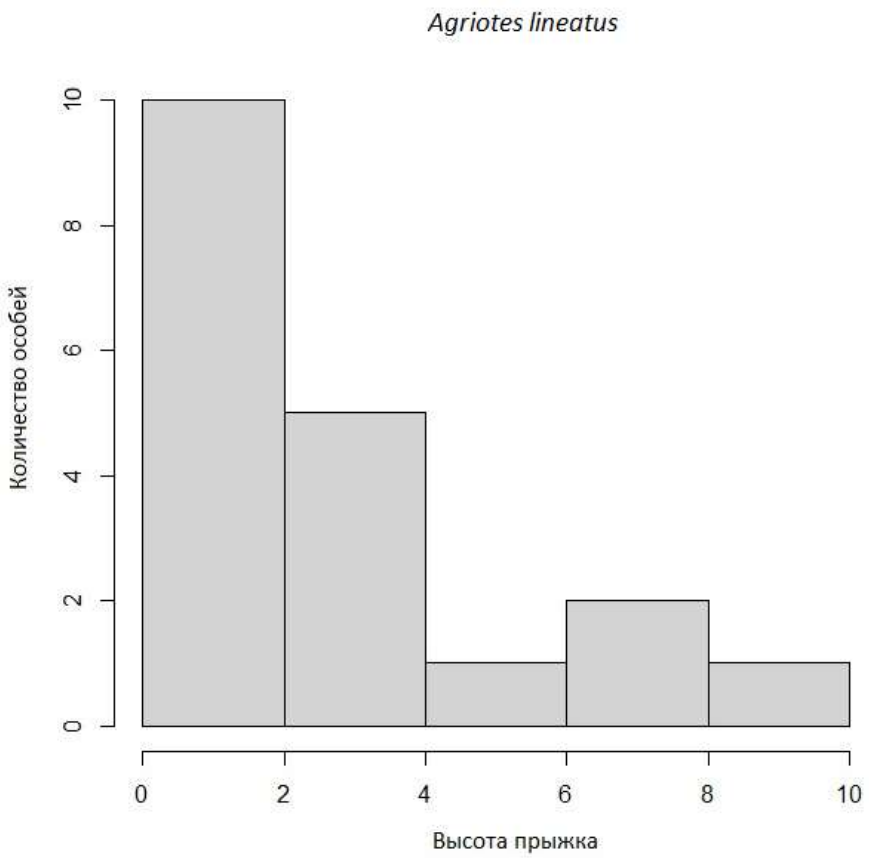

Рис. 3. Распределение средней высоты прыжка *Agriotes lineatus*.

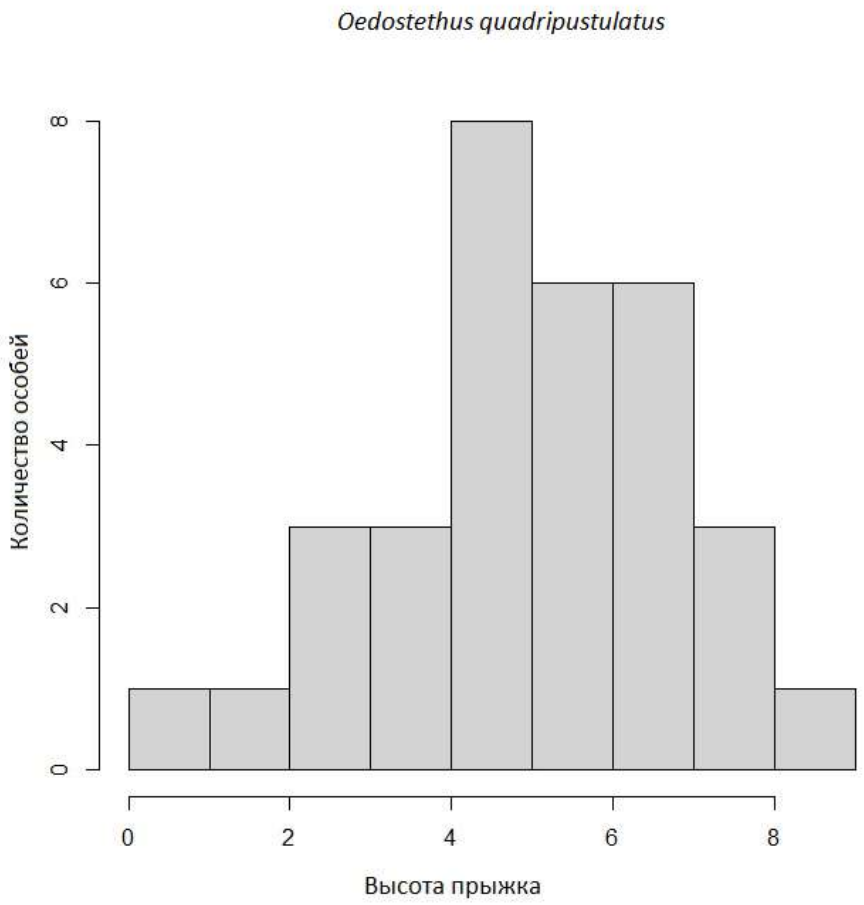

Рис. 4. Распределение средней высоты прыжка *Oedostethus quadripustulatus*.

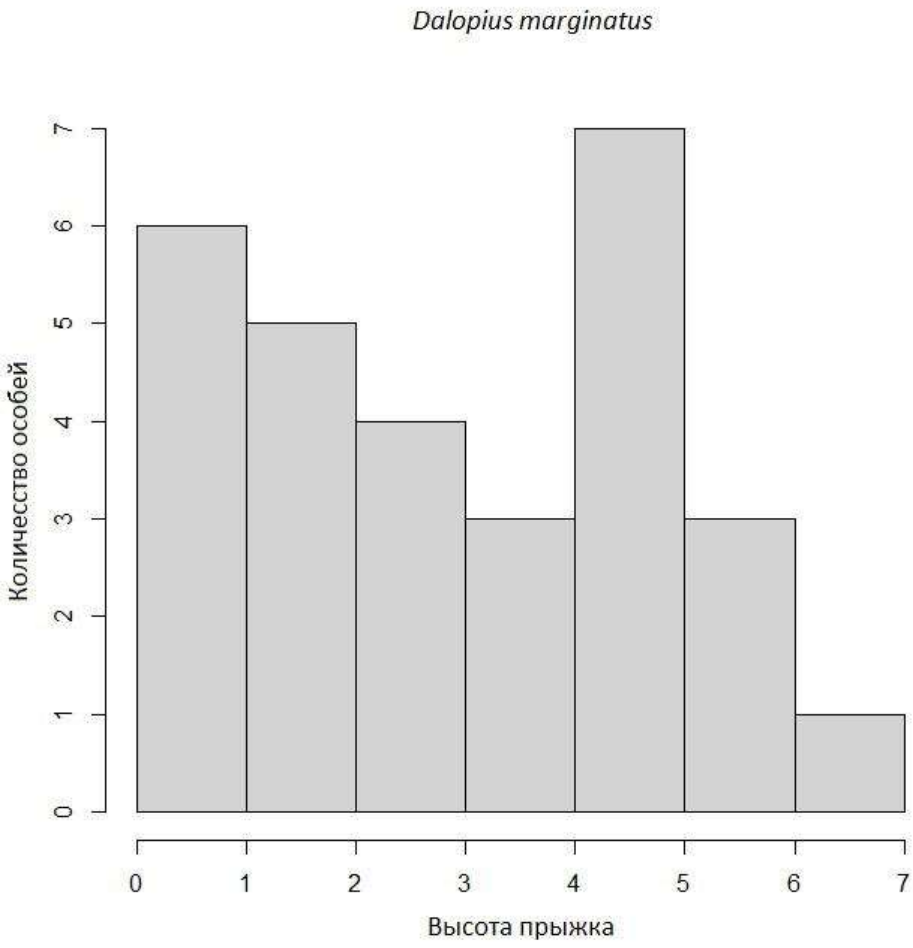

Рис. 5. Распределение средней высоты прыжка *Dalopius marginatus*.