

Специализированный учебно-научный центр (факультет) –
школа-интернат имени А.Н. Колмогорова
Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова



Курсовая работа



«Географическая изменчивость признаков,
связанных с гонкой вооружений между полами,
у жуков-плавунцов (Insecta: Coleoptera: Dytiscidae)»

Автор работы: Максим Белоус, ученик 10 «Н» класса
Научный руководитель: Пётр Николаевич Петров, к.б.н.,
старший преподаватель кафедры биологии СУНЦ МГУ,
с.н.с. каф. энтомологии МГУ имени М.В. Ломоносова



Москва
2020

Жуки-плавунцы (Dytiscidae)



Самец *Acilius sulcatus*

Источник: elementy.ru

- Освоили пресные и солоноватые водоемы
- Длина тела: от 1 мм до 5 см
- Плавательные задние ноги, обтекаемое тело, хранение атм. воздуха в субэлитральной полости
- Описано около 4440 видов
- В Палеарктике отмечено 1150 видов

Половой диморфизм



1



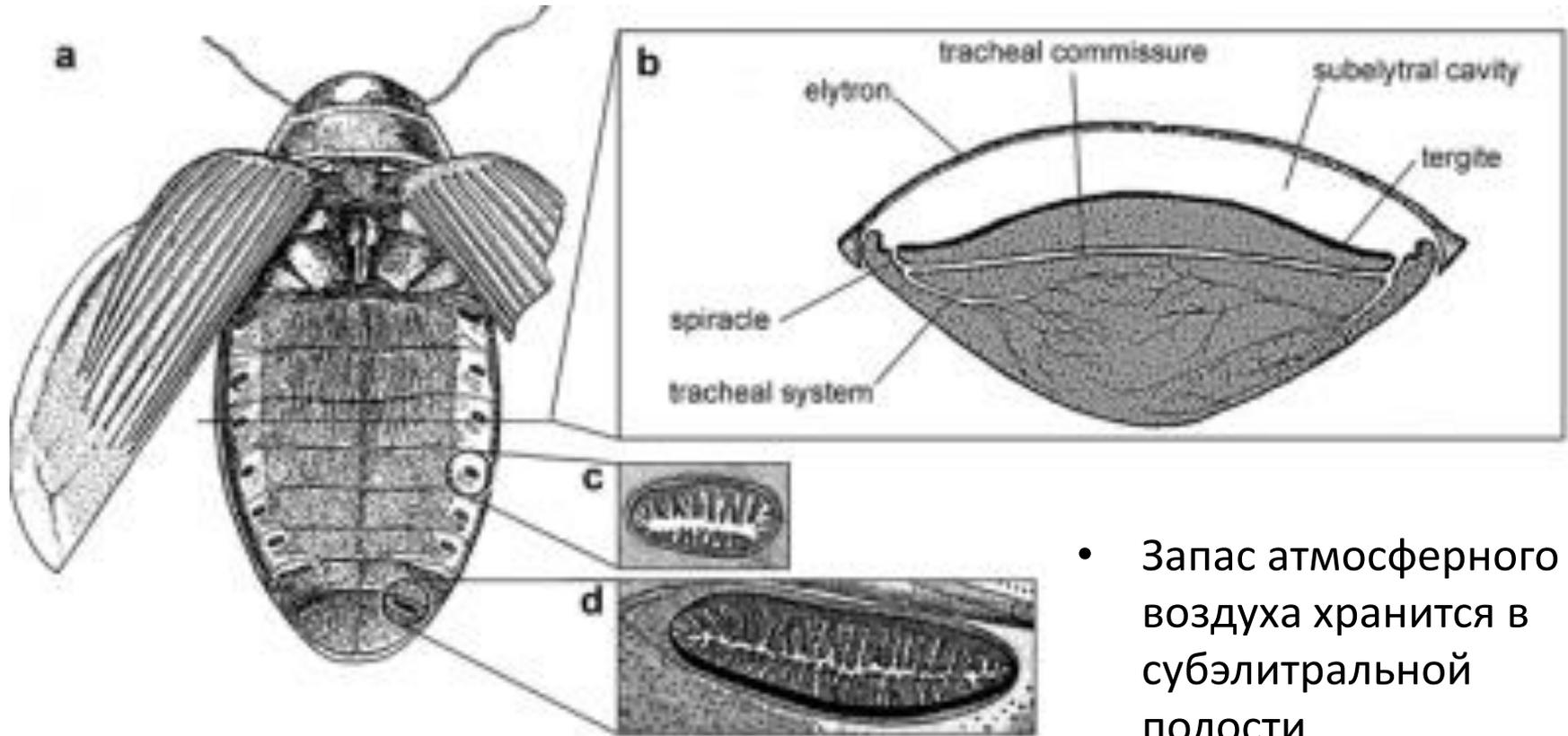
2

***Dytiscus marginalis*: (1) самка, (2) самец**

Источник: ru.wikipedia.org

- Блюдцеобразное расширение и уплощение первых трех члеников передних лапок и расширение первых трех члеников средних лапок самца
- Присасывательный аппарат на расширенных члениках лапок самца
- Различные формы микроскульптуры переднеспинки и надкрылий самки

Особенности дыхания



Строение имаго *Dytiscus* sp.

Источник: Yee (2014), с изменениями

- Запас атмосферного воздуха хранится в субэлитральной полости
- Для обновления запаса воздуха жукам необходимо примерно каждые 8–15 минут подниматься к поверхности воды

Насильственное оплодотворение



***Acilius semisulcatus*:**

присасывательный аппарат самца
Источник: www.entomology.umn.edu

- Спаривание происходит насильственным путем
- Во время спаривания к атмосферному воздуху часто имеет доступ только самец
- Длительная фаза охранения после спаривания (до 6 часов)
- Присоски способствуют прикреплению самца к самке.



***Acilius sulcatus*:** спаривание

Источник: Bergsten & Miller (2007)

Проблема спаривания



Дыхание имаго *Acilius canaliculatus*: (a) газообмен на поверхности воды, (b) погружение под воду, (c) нахождение под водой, (d) всплывание

Источник: Yee (2014), с изменениями

- Необходимость пополнять запас атмосферного воздуха каждые 8–15 минут
- Во время спаривания доступ к атмосферному воздуху часто имеет только самец
- По-видимому, высока вероятность гибели самки после спариваний, особенно нескольких подряд

Антагонистическая коэволюция



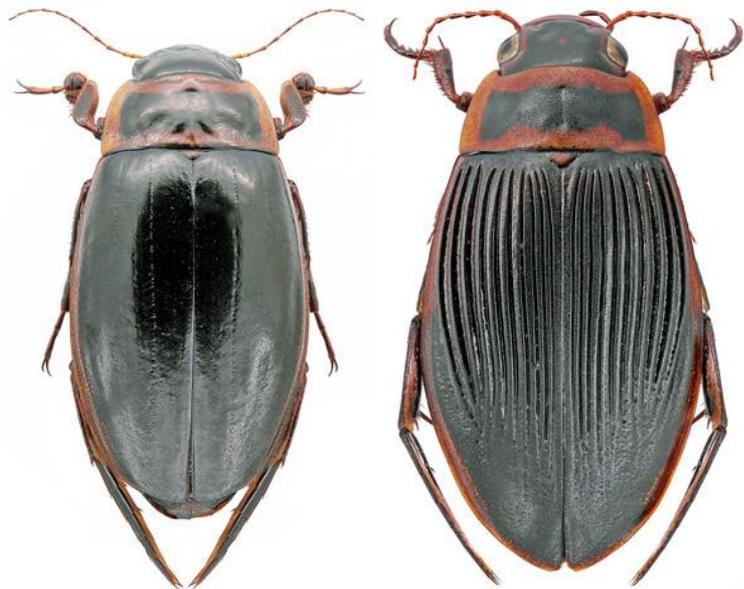
- Гипотеза Бергстена и его коллег (Bergsten et al., 2001): эволюционный успех самки зависит от возможности избежать повторных спариваний (развитие различных модификаций скульптур надкрылий и переднеспинки)
- Эволюционный успех самца зависит от возможности оплодотворить большее число самок (развитие различных типов присасывательного аппарата)



Различные типы скульптуры переднеспинки и надкрылий самки: (5.42) *Acilius sulcatus*, (5.30) *Hyderodes shuckardi*
Различные типы присасывательного аппарата самца: (5.15) *Cybister fimbriolatus*, (5.16) *Hydaticus flavolineatus*

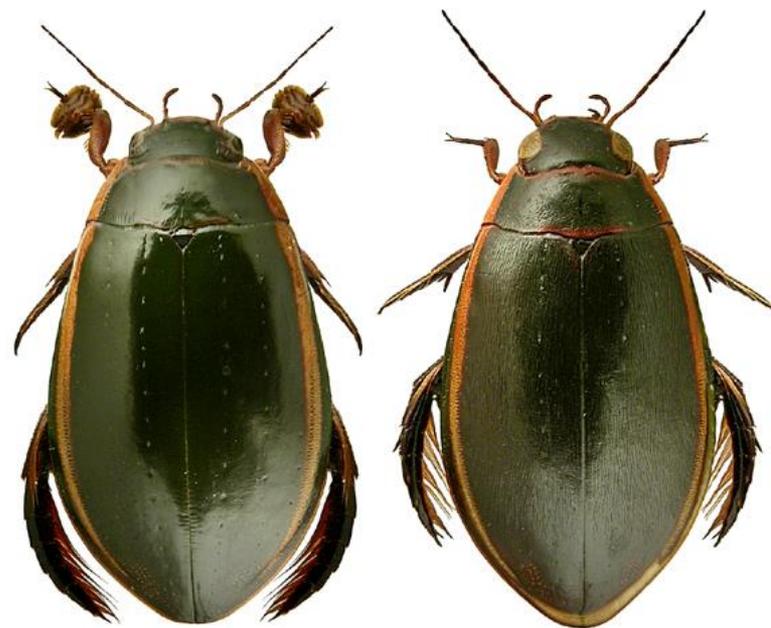
Цель и задачи

Цель работы: Изучить географическую изменчивость вторичных половых признаков самок и самцов отдельных видов жуков-плавунцов (Insecta: Coleoptera: Dytiscidae) в некоторых популяциях, обитающих на территории России, и сравнить полученные результаты с литературными данными по другим территориям.



Имаго *Dytiscus lapponicus*

Самец — слева, самка — справа



Имаго *Cybister lateralimarginalis*

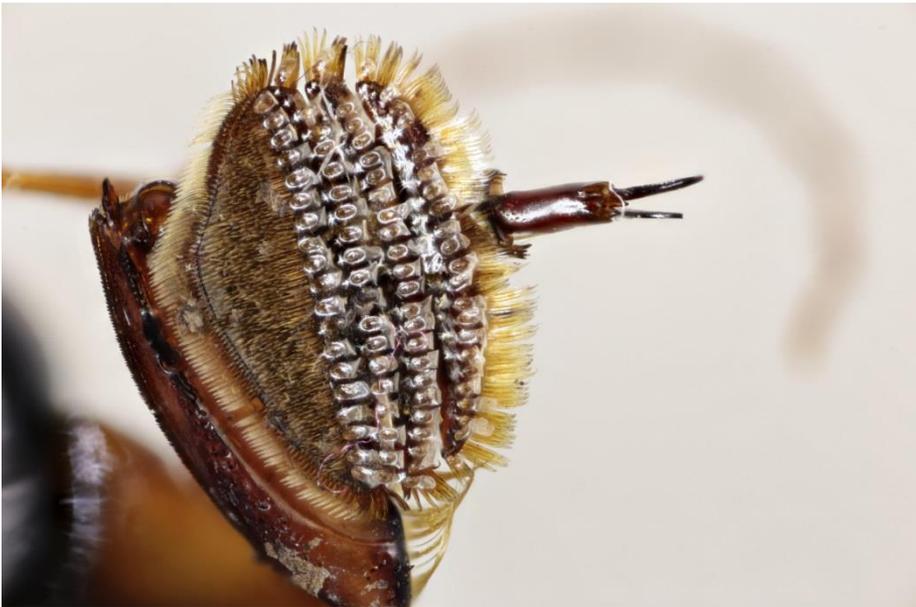
Самец — слева, самка — справа

Источник: www.coleoptera.org.uk

Задачи

1. Изучить особенности морфологии расширений первых трех члеников передних и средних лапок самцов видов *Dytiscus lapponicus* Gyllenhal, 1808 и *Cybister lateralimaginalis* (De Geer, 1774).
2. Выявить характер изменчивости числа и расположения присосок на лапках. Сравнить показатели для левых и правых лапок первой и второй пары у каждой особи.
3. Исследовать связь вторичных половых признаков с размерами тела.
4. Изучить связи между требуемым количеством фотографий для стекинга в двух разных экспериментах.

Материал и методика



Cybister lateralimarginalis:
присасывательный аппарат самца

- 1) Подготовка экземпляров жуков выбранных видов для фотографирования
- 2) Послойная фотография передних и средних лапок отобранных экземпляров
- 3) Стекинг фотографий
- 4) Измерение морфологических параметров экземпляров
- 5) Обсчет и обработка полученных результатов

Подготовка материалов, стекинг фотографий

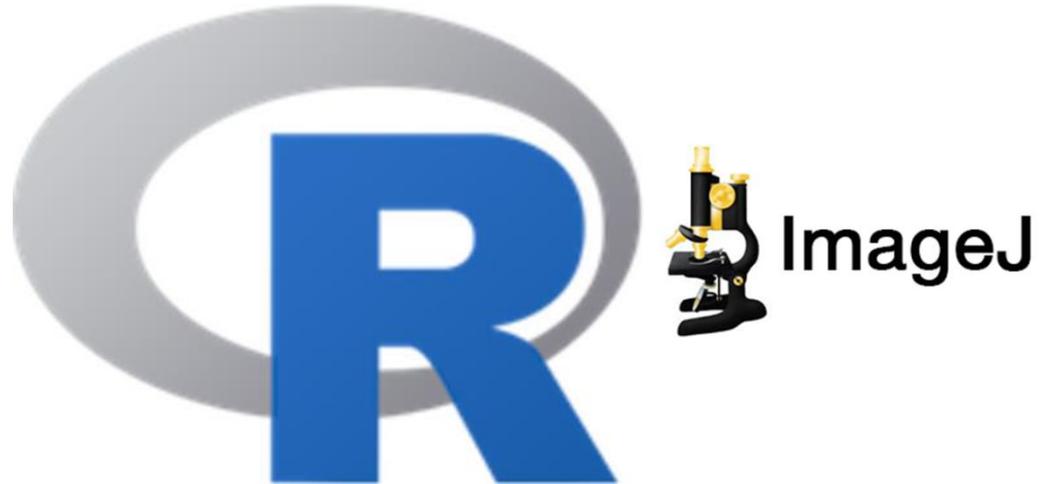
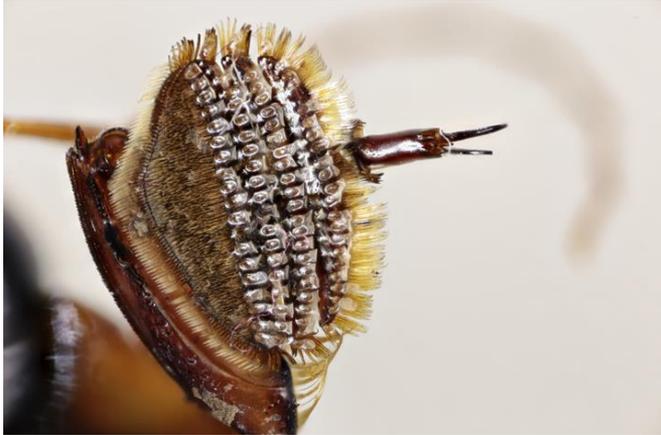


Измерение размеров: штангенциркуль, точность до 0,05 мм.

Послойное фотографирование лапок каждого самца.

Проблема: невозможность удержать в фокусе внутреннюю поверхность лапки полностью

Стекинг фотографий, обработка и обсчет результатов



Присоски подсчитывали с помощью
программы ImageJ

Статистическую обработку данных проводили
с помощью программной среды R.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical
computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
URL <https://www.R-project.org/>.

Соединение всех
фотографий в одну
позволяет получить все
необходимые части лапки в
фокусе.

Результаты подсчета присосок

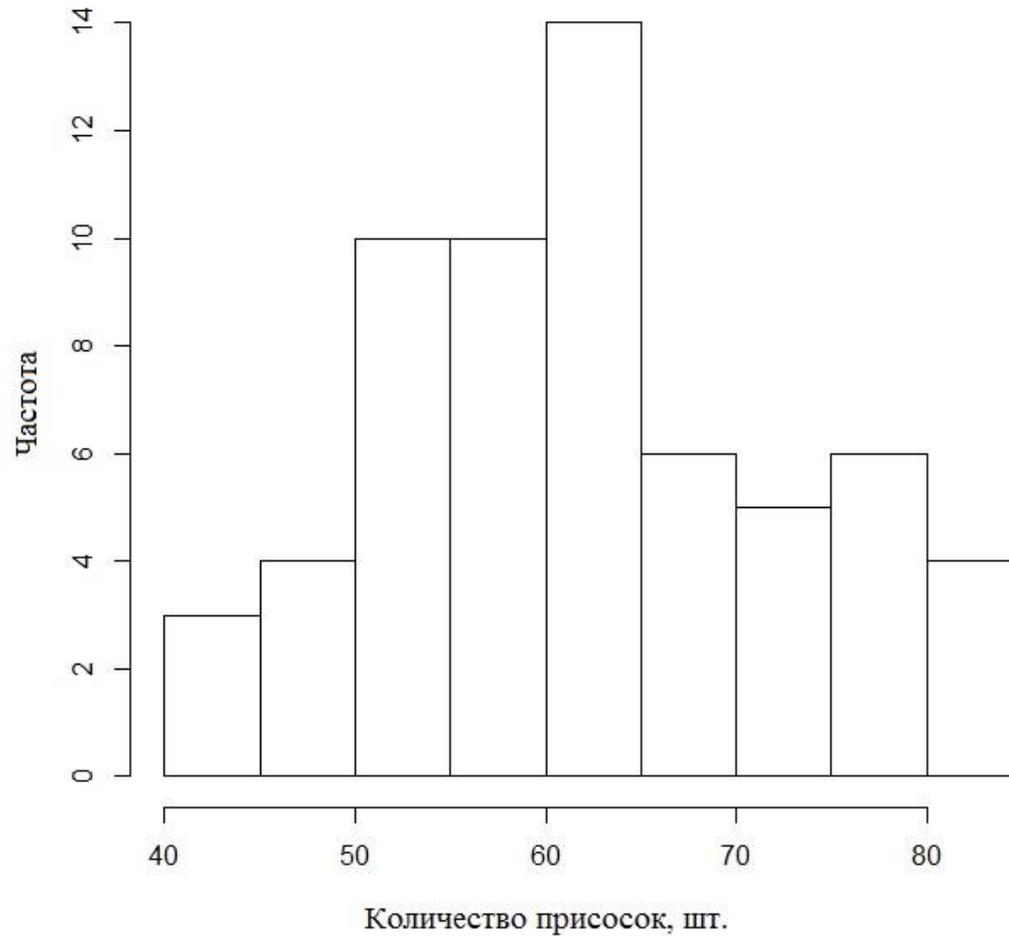
Cybister lateralimarginalis		
	Передняя правая лапка	Передняя левая лапка
Среднее	64,7	60
Максимум	82	85
Минимум	47	43
Размах	35	42

Dytiscus lapponicus (Популяция из п-ова Ямал)				
	Передняя левая лапка	Передняя правая лапка	Средняя левая лапка	Средняя правая лапка
Среднее	285	268,8	687,5	649
Максимум	334	358	786	748
Минимум	227	252	609	525
Размах	107	106	177	223

Dytiscus lapponicus (Популяция из Тверской области)				
	Передняя левая лапка	Передняя правая лапка	Средняя левая лапка	Средняя правая лапка
Среднее	244,7	244,5	723,4	740,6
Максимум	357	302	1150	1193
Минимум	203	193	577	616
Размах	154	109	573	577

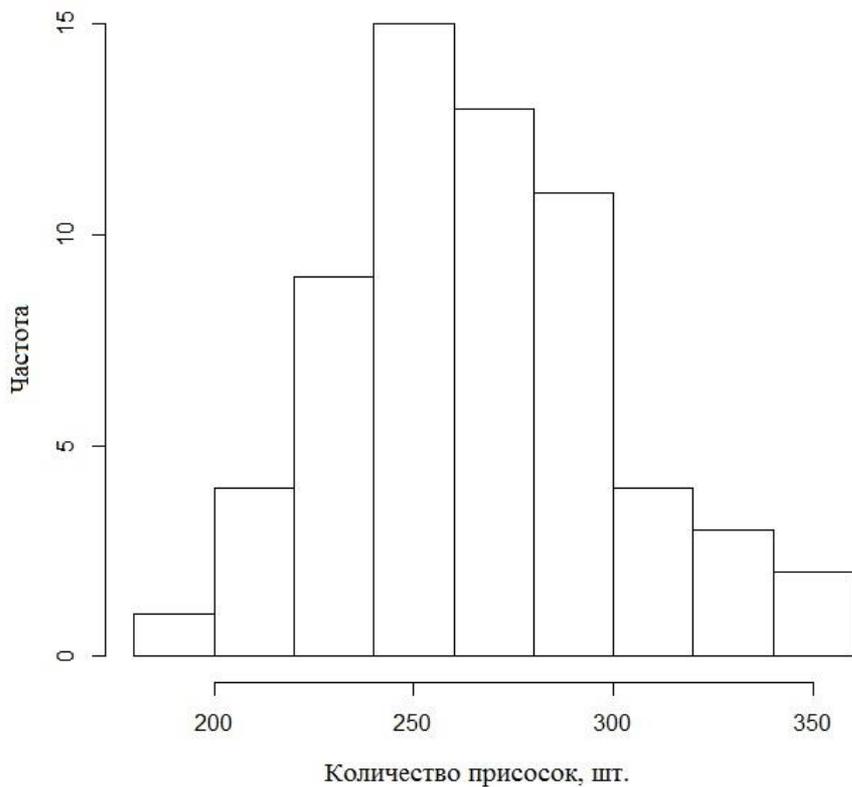
Результаты подсчета количества присосок

Присоски на передних лапках
Cybister lateralimarginalis (De Geer, 1774)

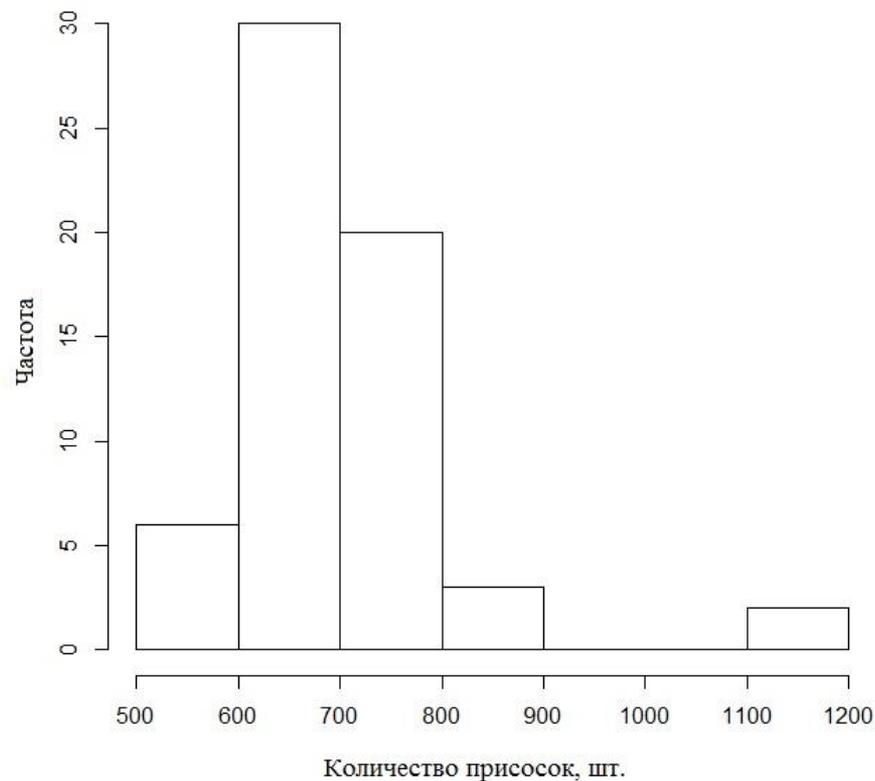


Результаты подсчета количества присосок

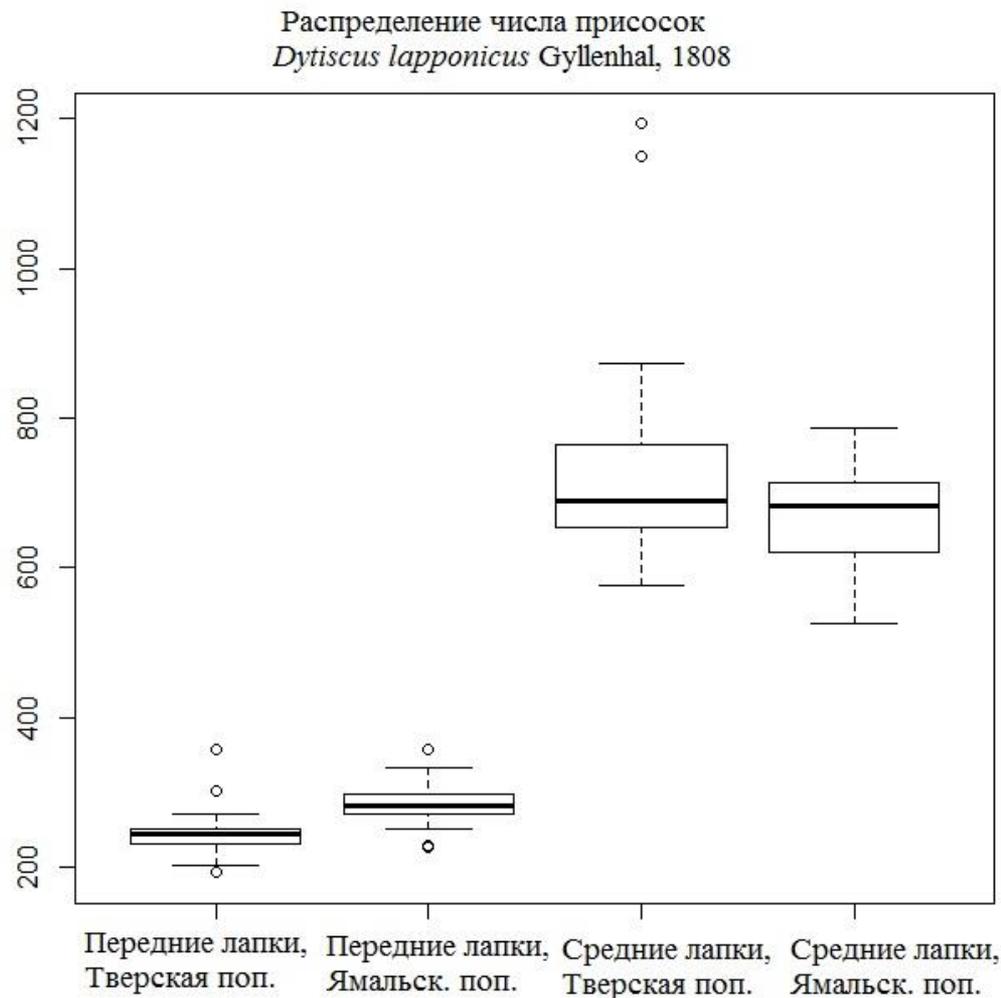
Присоски на передних лапках
Dytiscus lapponicus Gyllenhal, 1808



Присоски на средних лапках
Dytiscus lapponicus Gyllenhal, 1808



Распределение числа присосок *Dytiscus lapponicus*

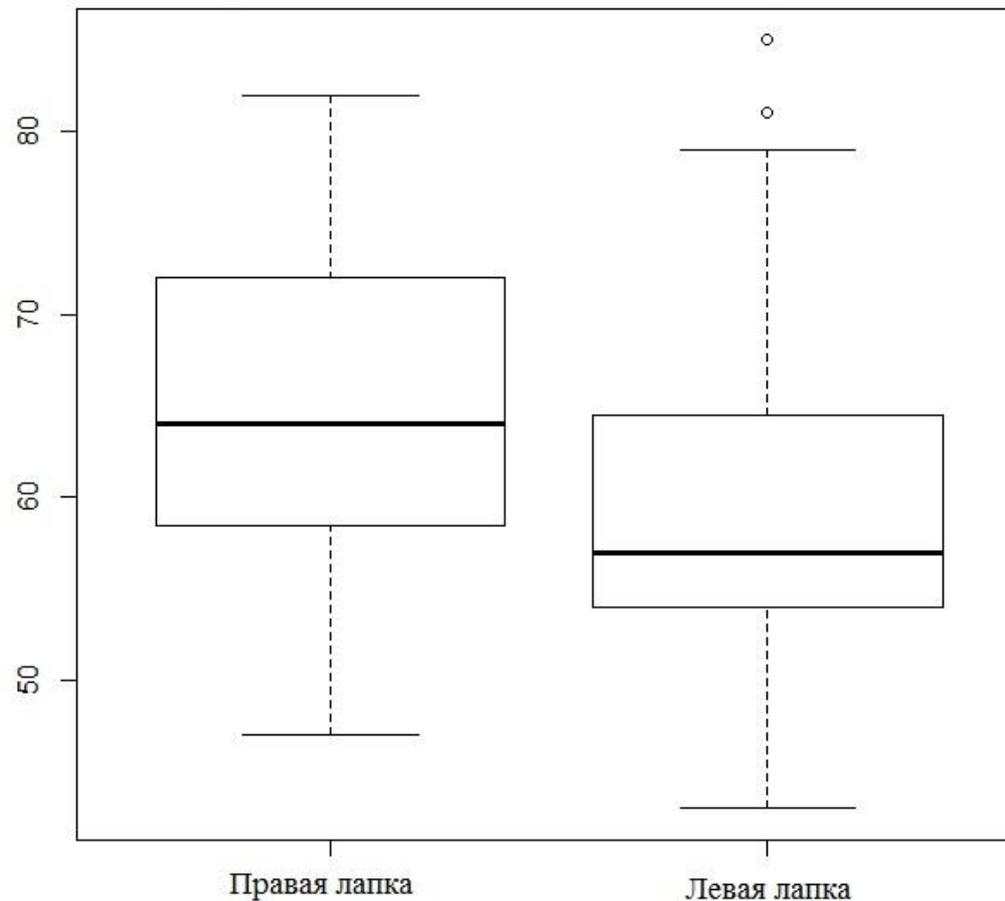


Статистические тесты

- Различия между передними лапками жуков в Ямальской и Тверской популяциях: значение P в тесте Манна — Уитни = 0,000000035. **Различия значимы.**
- Различия между средними лапками жуков в Ямальской и Тверской популяциях: значение P в тесте Манна — Уитни = 0,06072. **Значимые различия не выявлены.**
- Различия между передними левыми лапками двух популяций: в тесте Манна — Уитни значение $P = 0,001$. **Различия значимы.**
- Различия между передними правыми лапками в двух популяциях: в тесте Манна — Уитни значение $P = 0,0001$. **Различия значимы.**
- Различия между средними левыми лапками в двух популяциях: в тесте Манна — Уитни значение $P = 0,66$. **Значимых различий не выявлено.**
- Различия между средними правыми лапками в двух популяциях: в тесте Манна — Уитни значение $P = 0,02$. **Различия значимы.**

Распределение присосок для правых и левых лапок *Cybister lateralimarginalis*

Распределение присосок для правых и левых передних лапок
Cybister lateralimarginalis (De Geer, 1774)



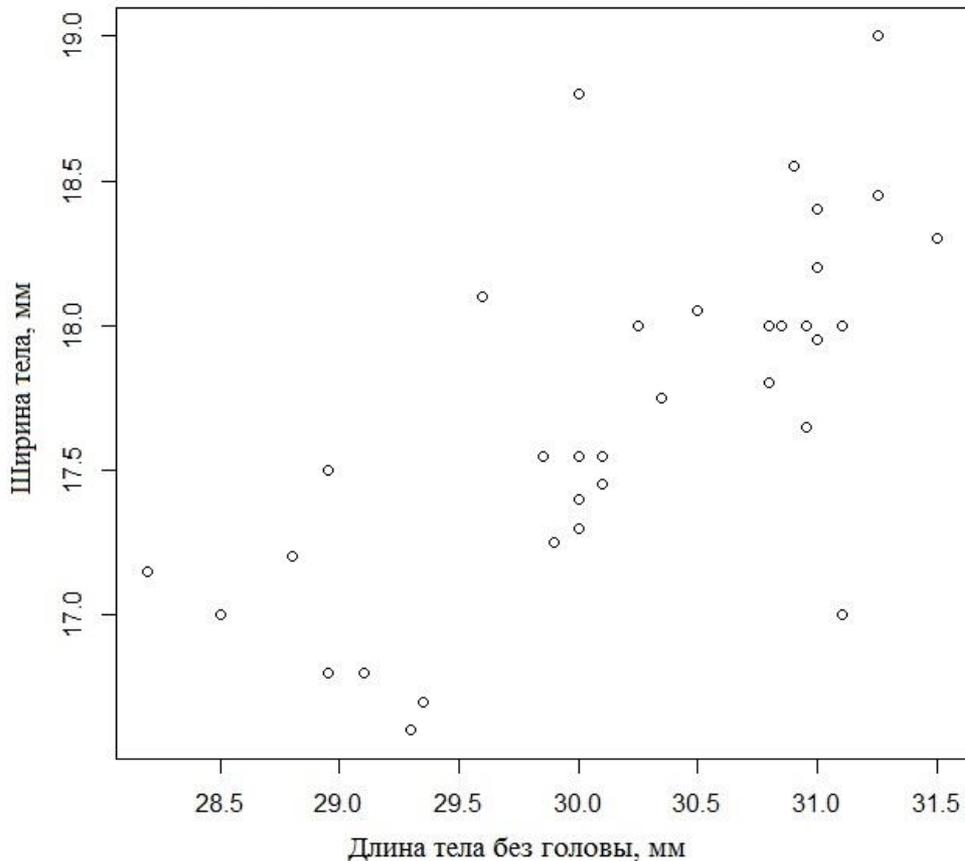
Статистические тесты

- Различия между правыми и левыми передними лапками: значение P в тесте Вилкоксона = 0,05692.

Значимые различия строго не доказаны, однако значение близко к пограничному – различия могут быть выявлены в генеральной совокупности.

Распределение размеров *Cybister lateralimarginalis*

Распределение длины без головы и ширины жуков
Cybister lateralimarginalis (De Geer, 1774)



Корреляционный тест Спирмена:
Коэффициент корреляции – 0,692
Значение P – 0,0000005

Значимая корреляция

Средняя длина тела без головы – 30,18 мм
Средняя ширина тела – 17,7 мм

Связь размеров и общего количества присосок *Cybister lateralimarginalis*

- Корреляция количества присосок и длины тела без головы: в тесте Спирмена коэффициент корреляции $-0,16$, значение $P = 0,376$ **Значимой корреляции не обнаружено**
- Корреляция количества присосок и ширины тела: в тесте Спирмена коэффициент корреляции $-0,17$, значение $P = 0,337$ **Значимой корреляции не обнаружено**
- Корреляция количества присосок левой лапки и ширины тела: в тесте Спирмена коэффициент корреляции $-0,42$, значение $P = 0,017$ **Корреляция значима.**

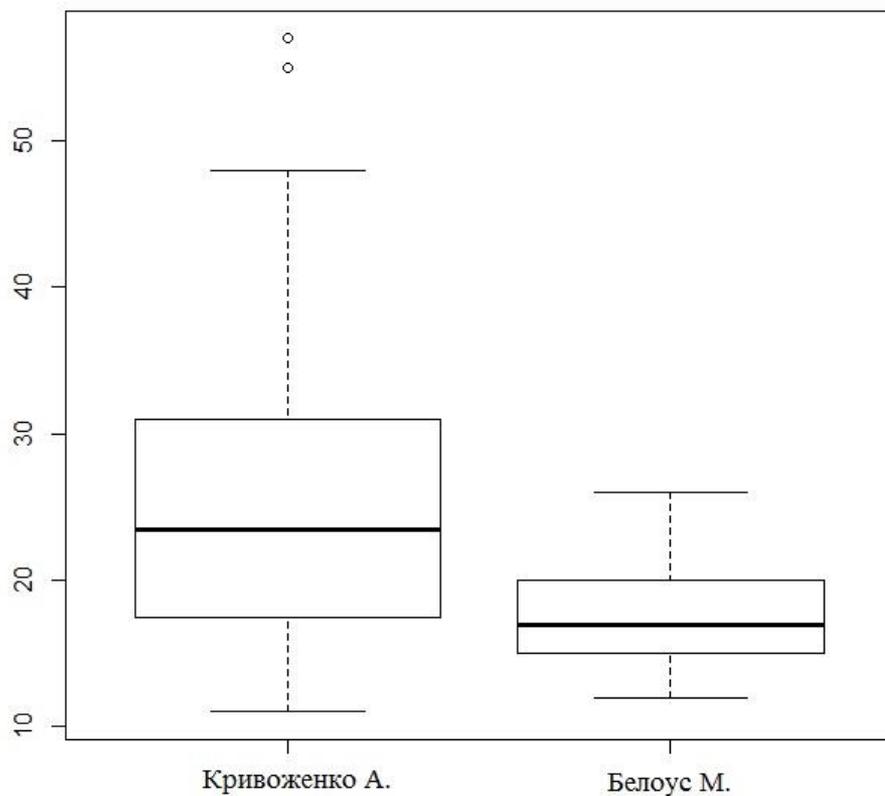
Связь размеров тела с количеством присосок в популяциях *Dytiscus lapponicus*

Результаты корреляционного теста Спирмена

	Ямальская популяция: количество присосок – длина без головы	Ямальская популяция: кол-во присосок правой передней лапы – длина без головы	Ямальская популяция: длина - ширина	Тверская популяция: количество присосок – длина без головы	Тверская популяция: кол-во присосок правой передней лапы – длина без головы	Тверская популяция: длина - ширина
Значение Р	0,72	0,45	0,4	0,01	0,03	0,02
Коэффициент корреляции	0,1	0,2	0,2	0,7	0,6	0,6

Распределение количества фотографий

Распределение количества фотографий



Среднее количество фотографий:

Белоус М. : 17,36

Кривоженко А.: 25,56

В тесте Манна — Уитни

значение $P = 0,00000001$

Различия

значимы.

Выводы

- Определены средние значения числа присосок для *Dytiscus lapponicus*: 285 и 244,7 для левой передней лапки; 268,8 и 244,5 для передней средней; 687,5 и 723,4 для левой передней лапки; 649 и 740,6 для правой передней лапки в популяциях пойма Ямал и Тверской обл. соответственно. Среднее количество присосок у *Cybister lateralimarginalis*: 64,7 и 60 для правой и левой передних лапок соответственно.
- Доказано, что среднее количество и диапазон изменчивости числа присосок в исследуемых популяциях *Dytiscus lapponicus* выше, чем в описанных ранее популяциях из Швеции. Получены новые данные для вида *Cybister lateralimarginalis*.
- Для вида *Dytiscus lapponicus* обнаружена значимая разница между числом передних лапок в обеих популяциях, а также найдены различия между количеством присосок в передних левых, передних правых и средних правых лапках в обеих популяциях.
- По-видимому, для вида *Cybister lateralimarginalis* обнаружена разница между количеством присосок на правой и левой лапках.
- Определены средние значения линейных размеров тела для вида *Cybister lateralimarginalis*: 30,18 мм и 17,7 мм в длину и ширину соответственно. Обнаружена значимая корреляция.
- Значимой корреляции между общим количеством присосок и линейными размерами тела у *Cybister lateralimarginalis* не обнаружено, однако обнаружена значимая корреляция между количеством присосок на левой лапке и шириной тела.
- Предполагаемый фактор, влияющий на наблюдаемые связи – климатический, а именно температура окружающей среды.

Спасибо за внимание!

