

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

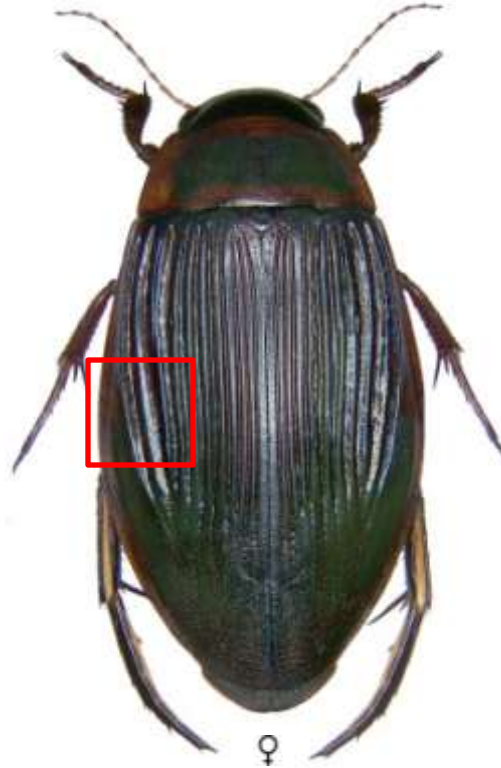


Курсовая работа

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

Автор работы: ученица 10 «Н» класса **Анастасия Кривоженко**
Научный руководитель: к. б. н., ст. преподаватель СУНЦ МГУ,
с. н. с. лаборатории коннектомики и функциональной нейроморфологии
насекомых биологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова
П. Н. Петров

Семейство Dytiscidae

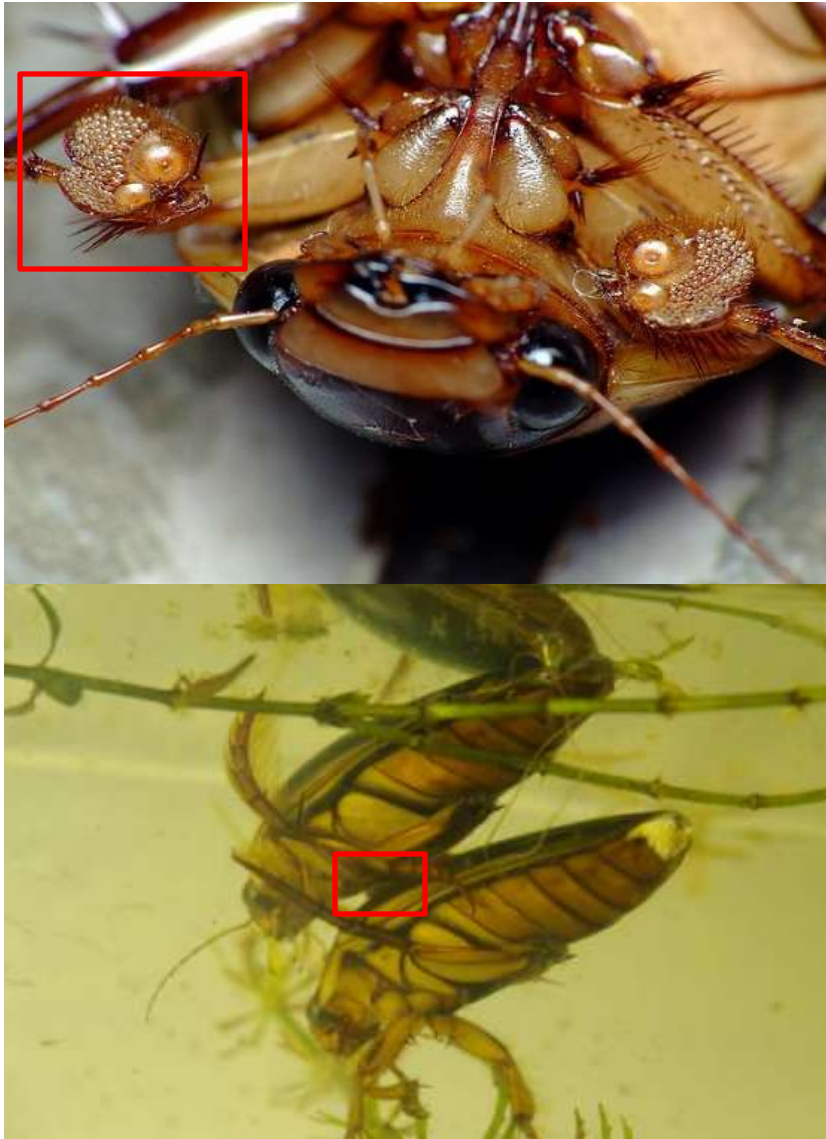


- Описано около 4000 видов
- Многим из них свойственен половой диморфизм

Dytiscus marginalis

www.e-wiki.org/ru/wiki/Окаймлённый_плавунец

Насильственное спаривание



- Спаривание происходит насильственным путем
- Присоски служат для прикрепления самца к самке при спаривании
- Рельеф надкрылий препятствует прикреплению

Проблема

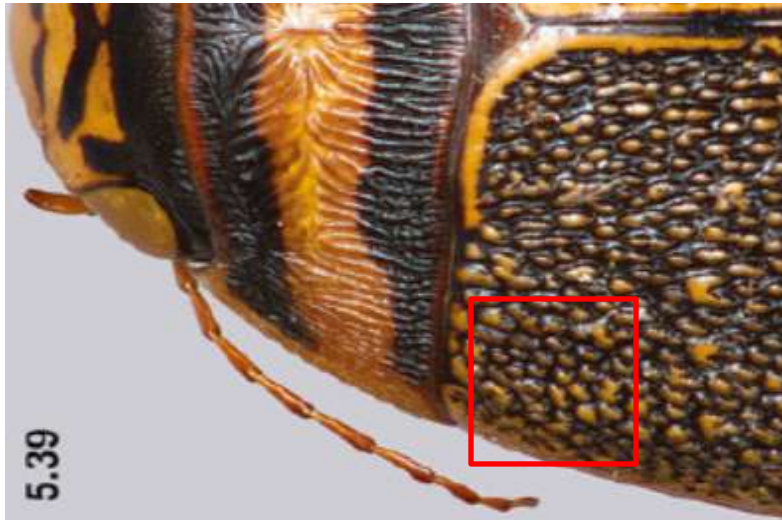
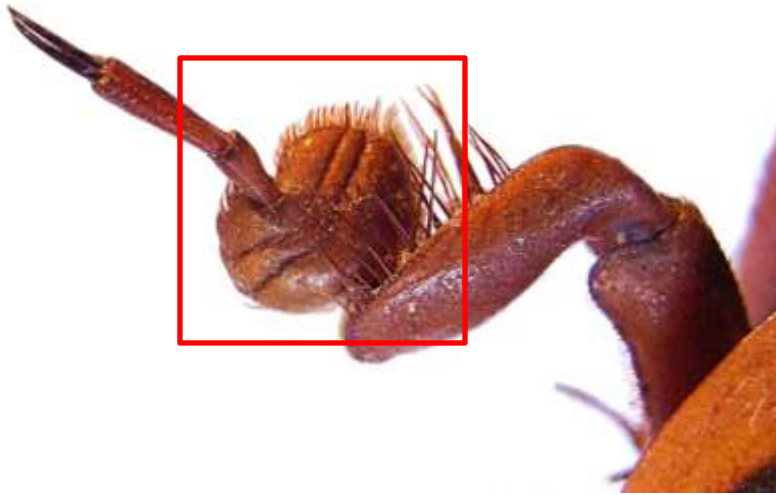


- Для поддержания нормальной жизнедеятельности необходимо регулярно обновлять запас воздуха
- Самка во время спаривания не имеет такой возможности

Fig. 4.11 Respiration of adult *Acilius canaliculatus*. (a) Gas exchange on the water surface. (b) and (c) Diving, note the air bubble on the tip of the abdomen, acting as physical gill. (d) surfacing

Donald A. Yee (ed.): Ecology, Systematics, and the Natural History of Predaceous Diving Beetles (Coleoptera: Dytiscidae), 2014.

Конфликт полов



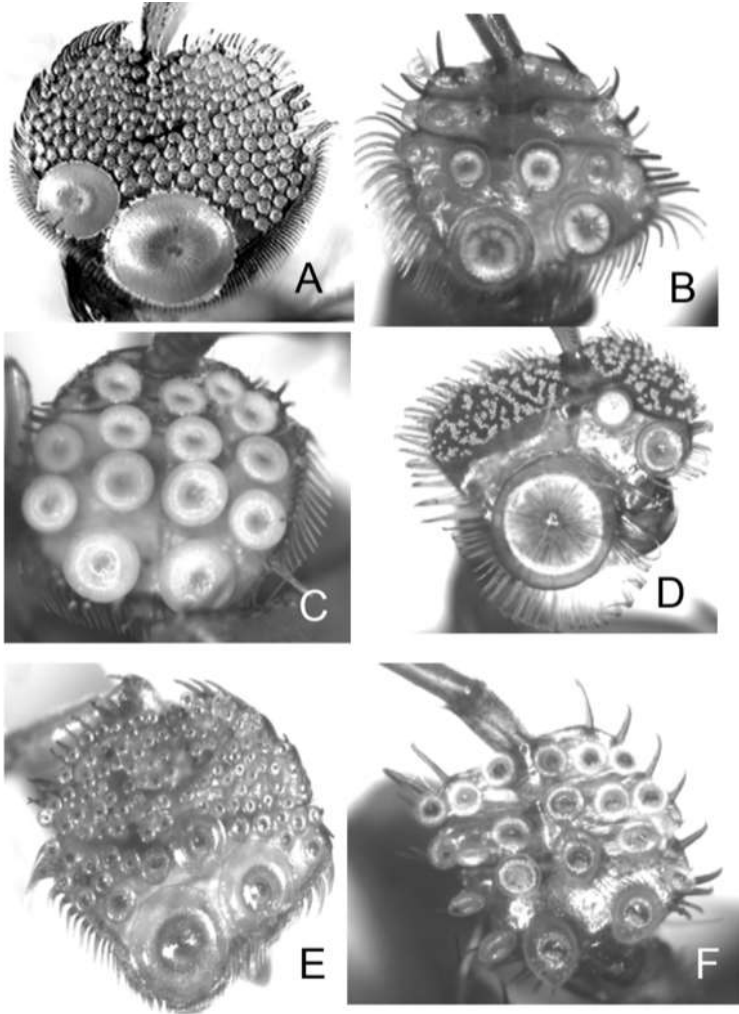
- Репродуктивный успех самки зависит от ее возможности выжить (избавляясь от самца)
- Репродуктивный успех самца зависит от способности оплодотворить как можно больше самок (удерживаясь на них)

www.commonswikimedia.org;

Donald A. Yee (ed.): Ecology, Systematics, and the Natural History of Predaceous Diving Beetles (Coleoptera: Dytiscidae), 2014 .

Цель

Изучить географическую изменчивость основных параметров вторичных половых признаков и основных самцов и самок жуков-плавунцов на примере *Dytiscus lapponicus* (семейство Dytiscidae) в популяциях из европейской части России и Западной Сибири.



Male protarsal palette: A: *Dytiscus dimidiatus*, B: *Hydaticus decorus*, C: *Graphoderus austriacus*, D: *Acilius sulcatus*, E: *Graphoderus zonatus verrucifer*, and F: *Thermonectus marmoratus*.

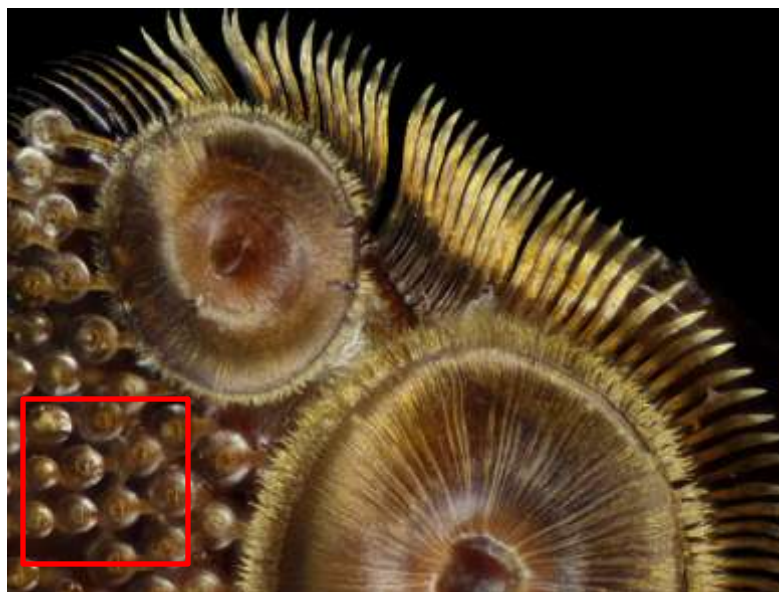
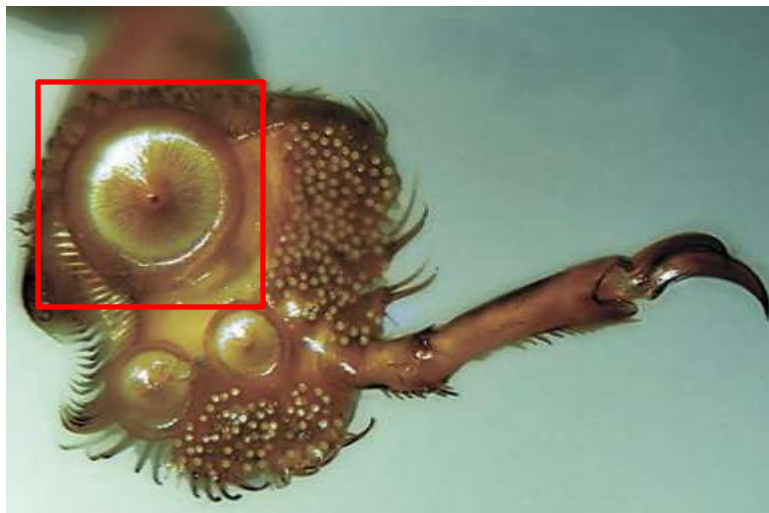
Johannes Bergsten. Taxonomy, phylogeny, and secondary sexual character evolution of diving beetles, focusing on the genus *Acilius*. Sweden, 2005.

Задачи



1. Изучить морфологические признаки первых трех члеников передних и средних лапок самцов *Dytiscus lapponicus* в разных популяциях.
2. Выявить характер изменчивости числа и распределения присосок на лапках.
3. Измерить основные параметры жуков из разных популяций.
4. Изучить соотношение полов в тех же популяциях и самок с разными формами рельефа покровов.
5. Установить возможную связь между изученными показателями.
6. Проанализировать факторы, которые могут влиять на наблюдаемые соотношения и связи.

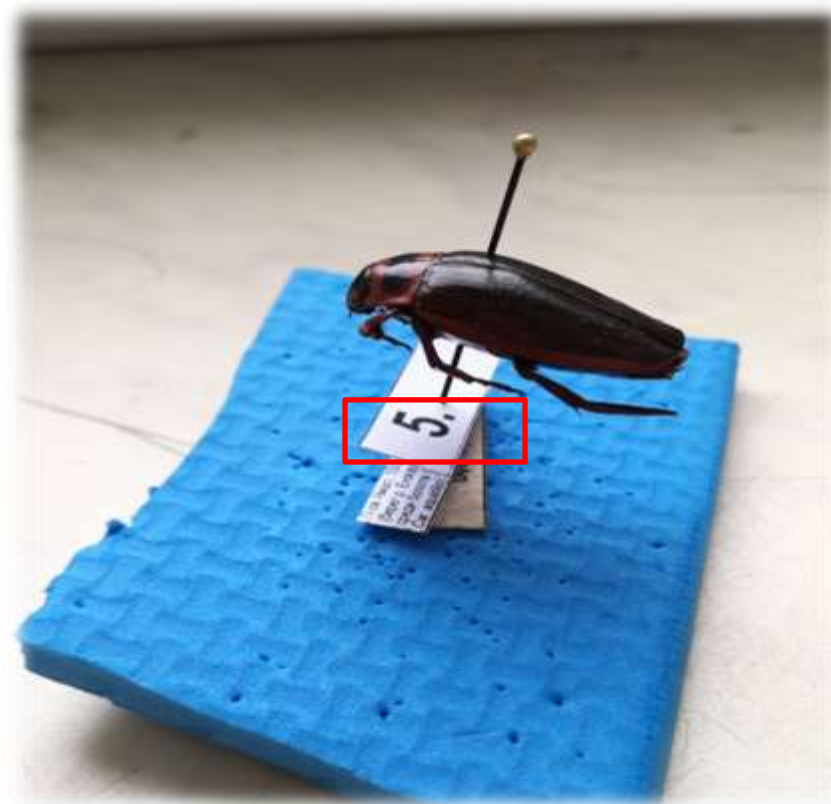
Методика исследования



- 1) Подготовка материалов для фотографирования
- 2) Послойная фотография передних и средних лапок отобранных экземпляров
- 3) Стекинг фотографий
- 4) Измерение размеров экземпляров
- 5) Вычисление доли рельефных самок в популяции из Тверской области и соотношения полов в той же популяции
- 6) Обсчет и обработка полученных результатов

Подготовка материалов для фотографирования

- Каждый экземпляр размачивали в кипятке и просушивали перед фотографированием.



Послойная фотография передних и средних лапок отобранных экземпляров

- Так как лапки имеют некоторый рельеф, невозможно захватить все присоски в резкости одним кадром.

1



2



3

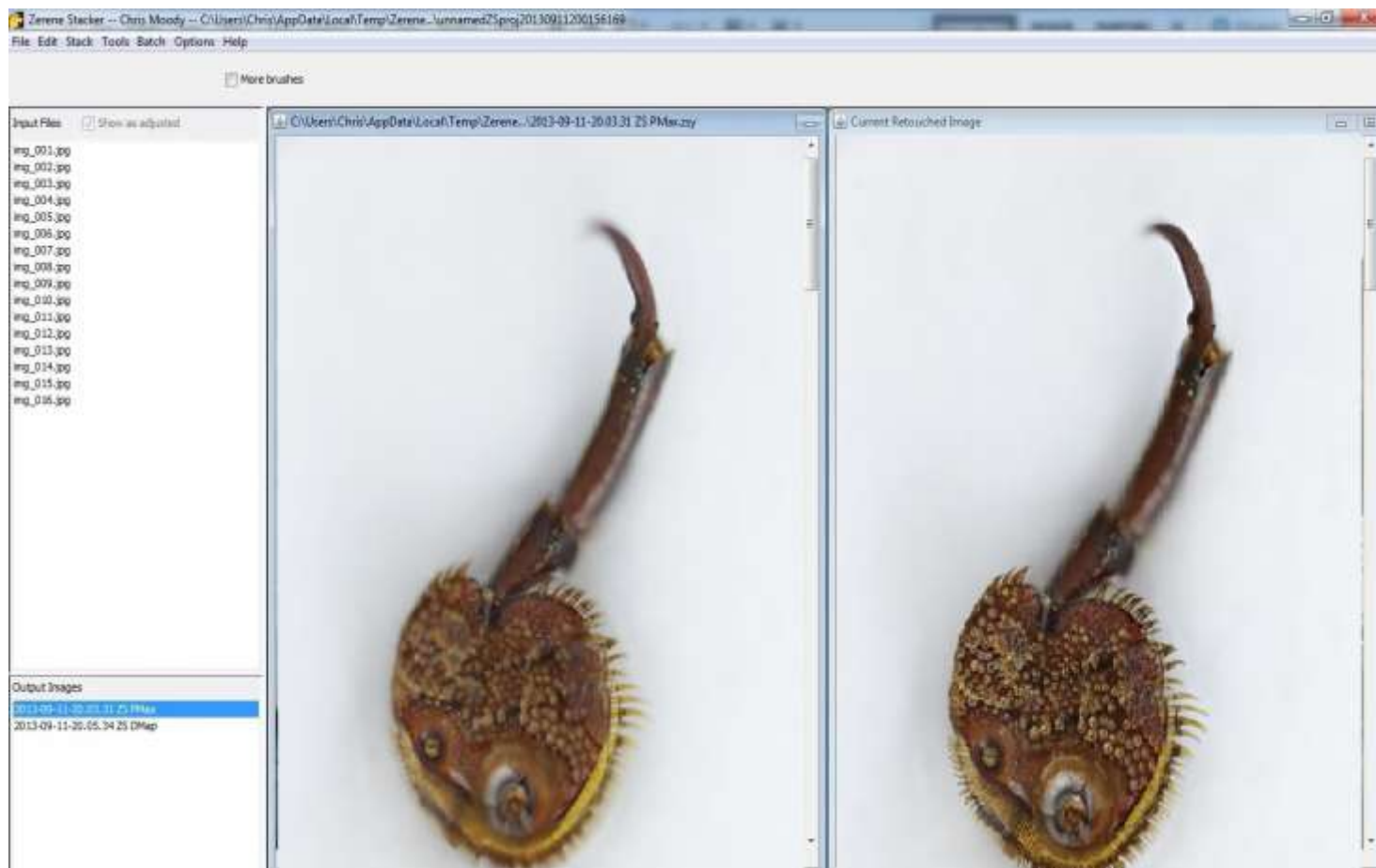


4



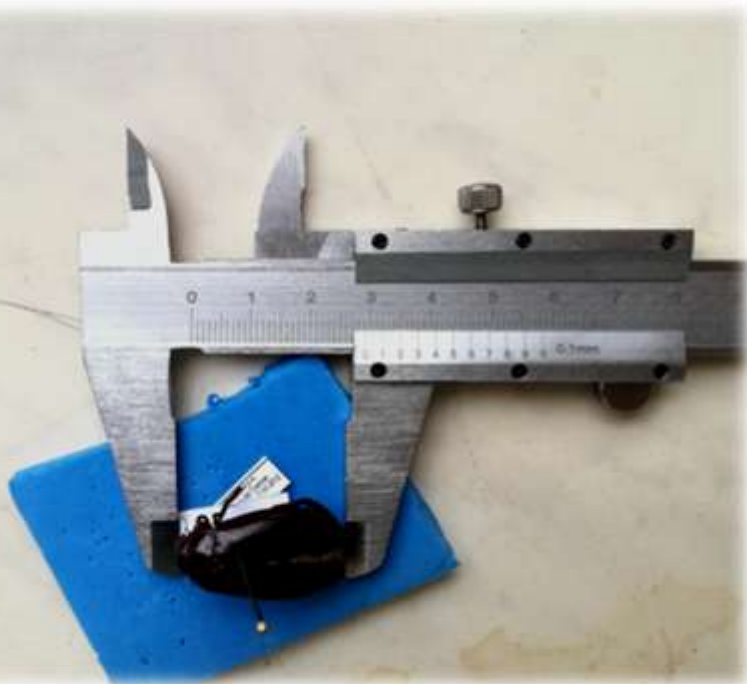
Стекинг фотографий

- Все сделанные фотографии состыковывали в общую резкую фотографию.



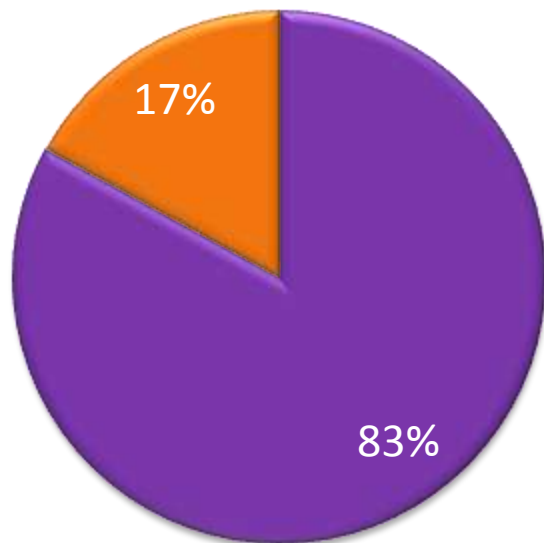
Измерение размеров экземпляров

- Параметры измеряли с помощью штангенциркуля с точностью до 0,5 мм



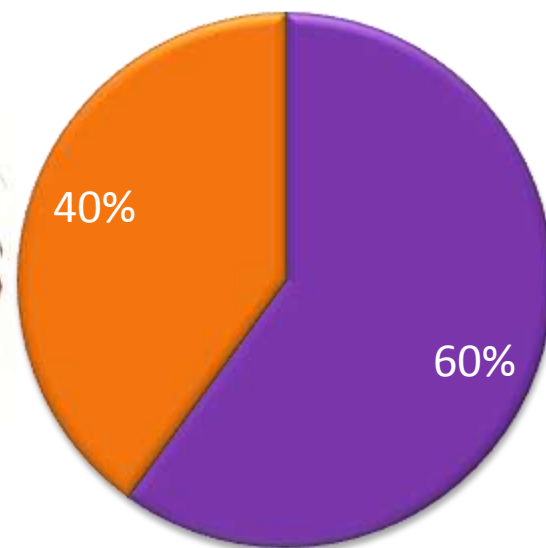
Вычисление соотношения полов и доли рельефных самок в популяции из Тверской области

Соотношение форм надкрыльев самок



■ рельефные ■ гладкие

Соотношение полов



■ самцы ■ самки



Dytiscus lapponicus

Обсчет и обработка полученных результатов.

- Присоски подсчитывали с помощью программы ImageJ
- Статистическую обработку проводили в онлайн-программах:
http://www.statskingdom.com/170median_mann_whitney.html
http://www.statskingdom.com/175wilcoxon_signed_ranks.html
https://www.wessa.net/rwasp_spearman.wasp



Two sample mann-whitney u test, using U tables (n=15) (two-tailed) **(validation)**

Since $n1 \leq 20$ and $n2 \leq 20$, exact calculation is used. The Z statistics is only displayed for illustration.

1. H_0 hypothesis
Since $p\text{-value} < \alpha$, H_0 is rejected.
The randomly selected value of the Group1's population is considered to be not equal to the randomly selected value of the Group2's population.
In other words, the difference between the randomly selected value of the Group1 and Group2 populations is big enough to be statistically significant.

2. P-value
p-value equals 0.0000343224, ($p(x \leq Z) = 0.0000171612$). This means that the chance of type1 error (rejecting a correct H_0) is small: 0.00003432 (0.0034%)
The smaller the p-value the more it supports H_1 .

3. The statistics
The test statistic Z equals -4.142711, is not in the 95% critical value accepted range: [-1.9600 : 1.9600]
U=20.50, is not in the 95% accepted range: [64.0000 : 161.0000]

If you like the page, please share or like. Comments and suggestions are appreciated (statskingdom@gmail.com)

Статистические тесты

<i>Тест</i>	Сопоставляемые показатели
Манна – Уитни	Число присосок на соответствующих лапках у жуков из разных популяций
Вилкоксона	Число присосок между с соответствующими левыми и правыми лапками у жуков из одной популяции
Спирмена	Параметр размеров тела и число присосок (или другой параметр размеров тела) у жуков из одной популяции

Результаты подсчета присосок по популяциям

<i>Ямал</i>	Передние левые лапки, шт.	Передние правые лапки, шт.	Средние левые лапки, шт.	Средние правые лапки, шт.
Среднее	285	287	688	649
Минимум	230	252	609	525
Максимум	334	358	786	748
Размах	104	106	117	223

<i>Тверская</i>	Передние левые лапки, шт.	Передние правые лапки, шт.	Средние левые лапки, шт.	Средние правые лапки, шт.
Среднее	245	245	723	741
Минимум	203	193	577	616
Максимум	357	302	1150	1193
Размах	154	109	573	577

Результаты подсчета числа присосок в обеих популяциях вместе взятых

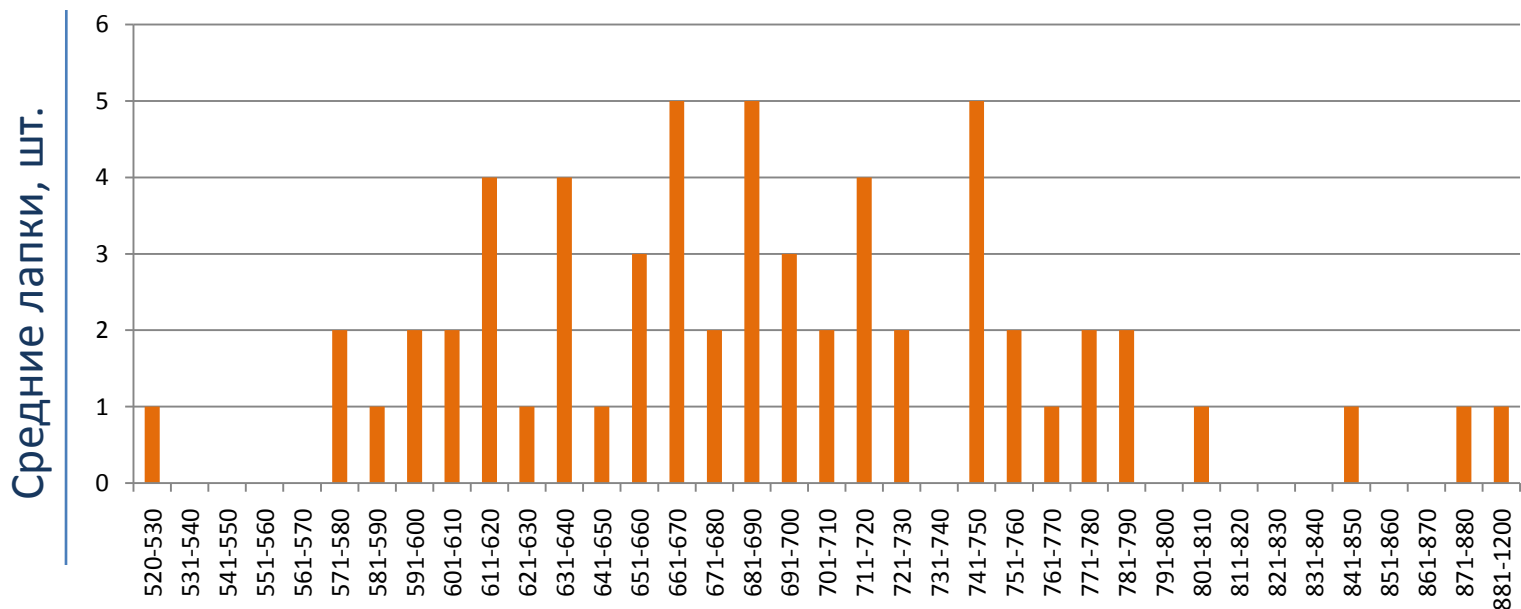
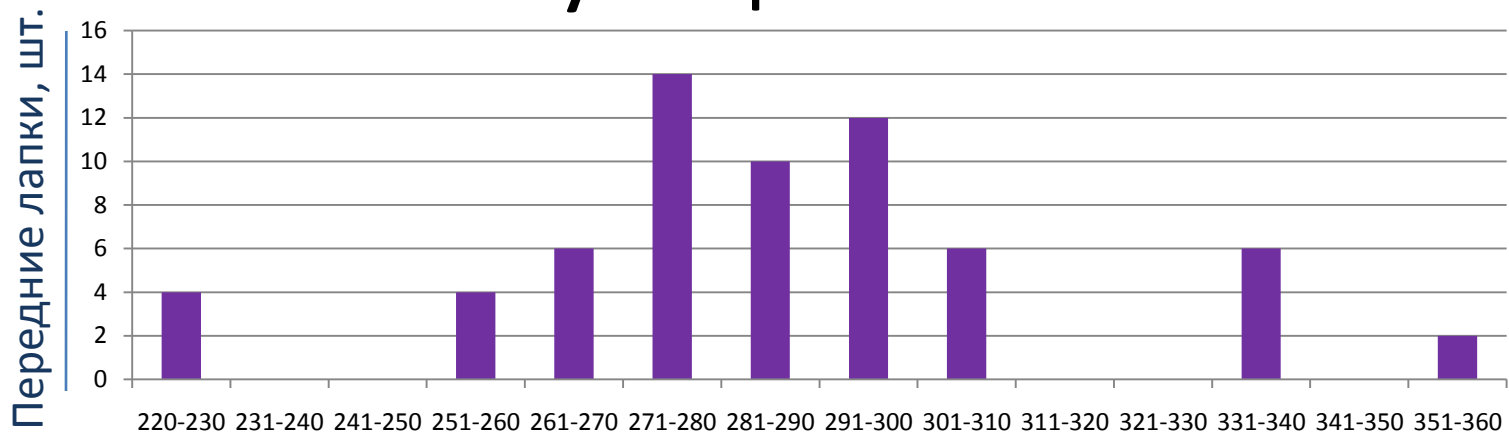


Диаграмма для обеих популяций, распределение числа присосок

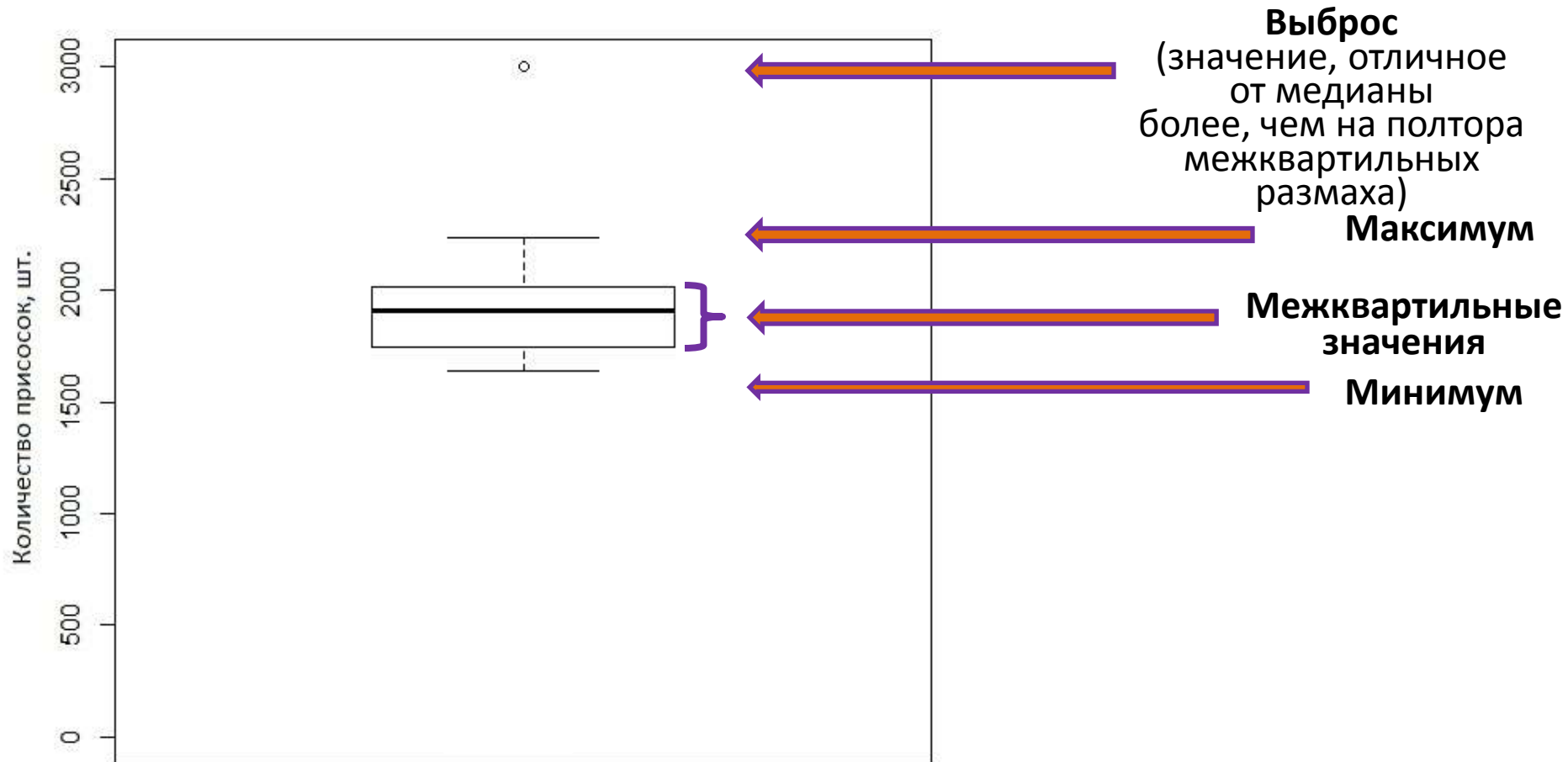
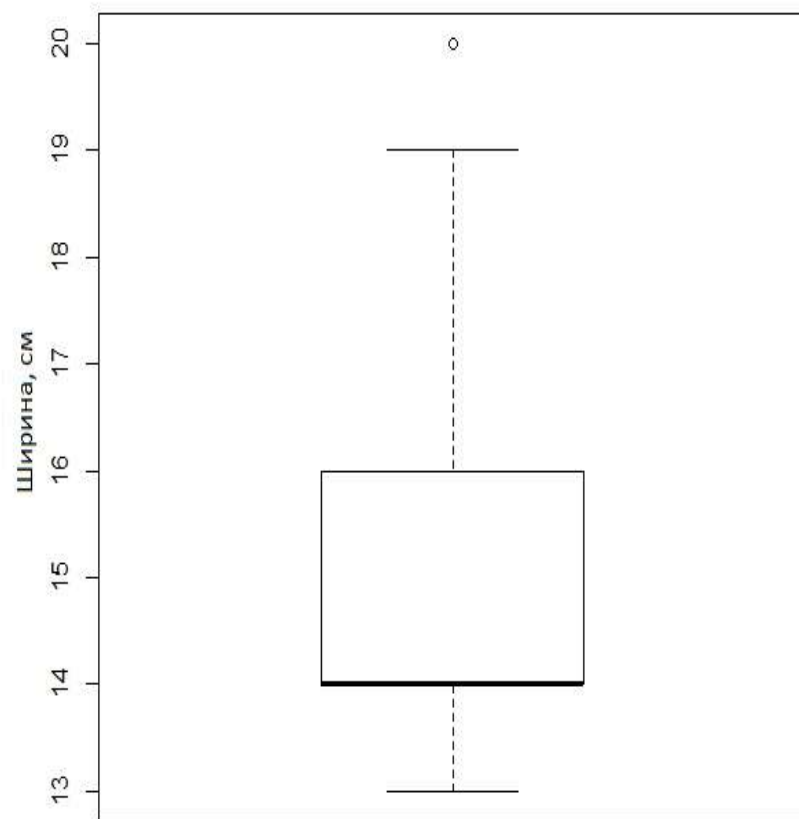
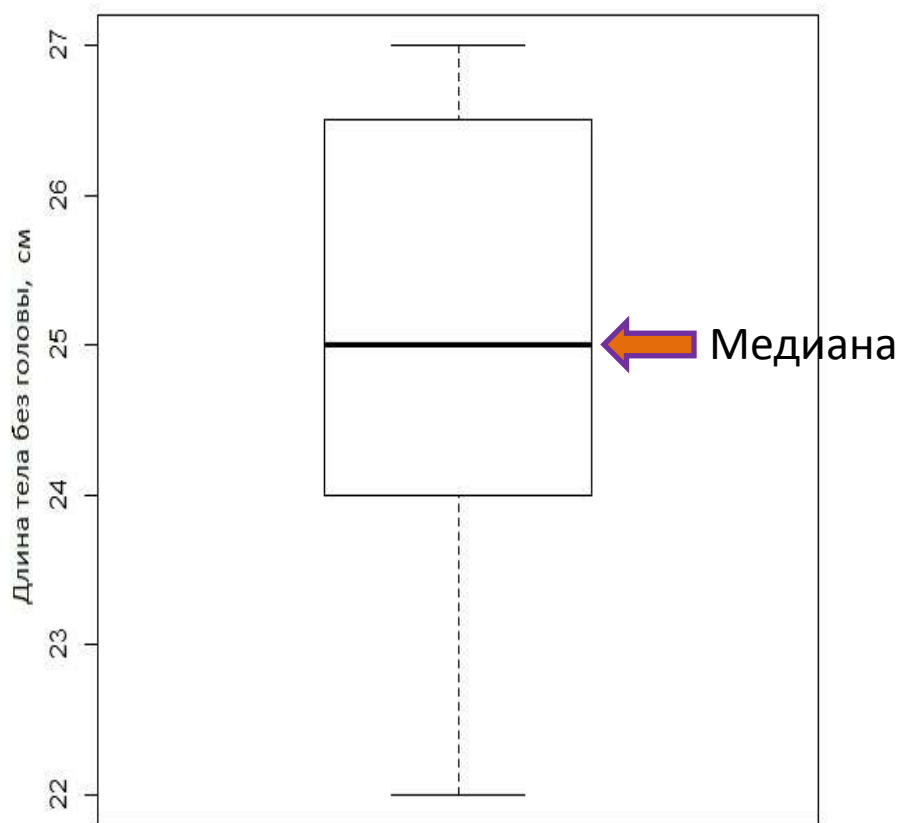


Диаграмма для обеих популяций, распределение значений длины тела без головы и ширины тела



Результаты измерений размеров

<i>Ямал</i>	Длина тела с головой, мм	Длина тела без головы, мм	Ширина, мм
Среднее	26	24	14
Минимум	24,5	22	13
Максимум	27	26,5	20
Размах	2,5	4,5	7

<i>Тверская</i>	Длина тела с головой, мм	Длина тела без головы, мм	Ширина, мм
Среднее	29	26	16
Минимум	27	25,5	14
Максимум	30,5	27	18,5
Размах	3,5	1,5	4,5

Результаты статистических тестов

Тест Манна – Уитни	Число присосок передних левых лапок	Число присосок передних правых лапок	Число присосок средних левых лапок	Число присосок средних правых лапок
Значение p	0,0006	0,00003	0,5	0,02

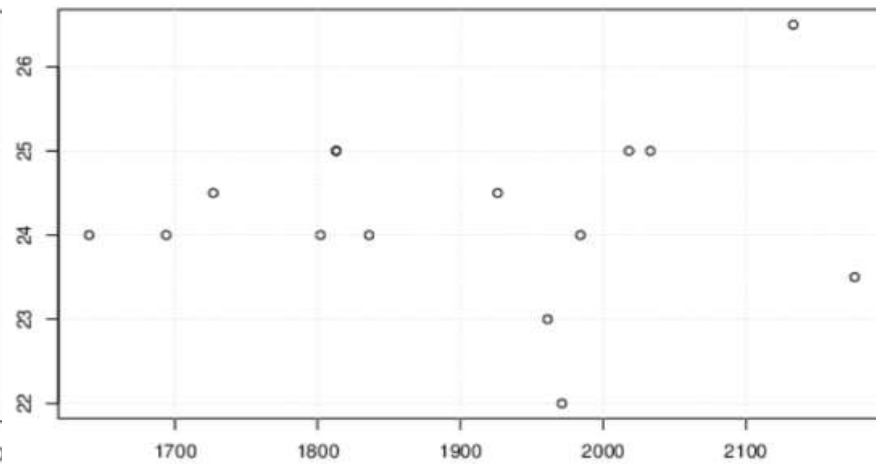
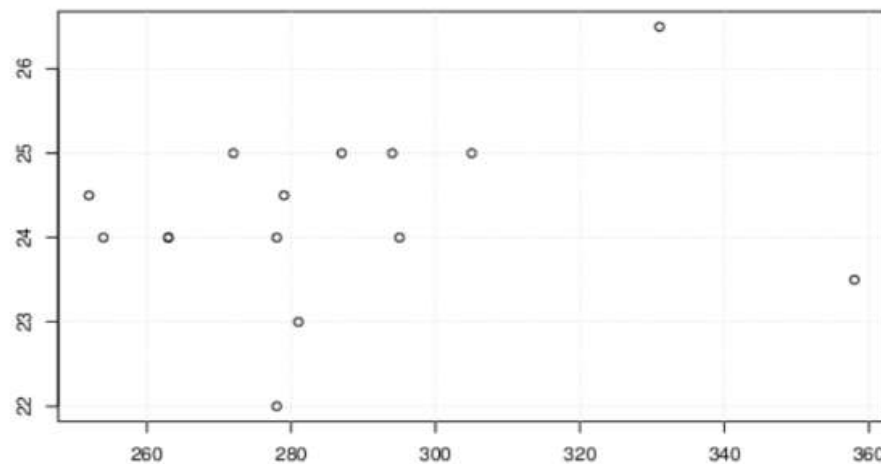
Тест Вилкоксона	Число присосок передних лапок Ямала	Число присосок средних лапок Ямала	Число присосок передних лапок Тверской	Число присосок средних лапок Тверской
Значение p	0,75	0,01	0,64	0,37

Тест Спирмена	Ямал: количество всех присосок – длина без головы	Ямал: количество присосок правой передней – длина без головы	Ямал: длина без головы – ширина	Тверская: количество всех присосок – длина без головы	Тверская: количество присосок правой передней – длина без головы	Тверская: длина без головы – ширина
Значение p	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

Диаграммы рассеяния для связи длины тела без головы и количества присосок

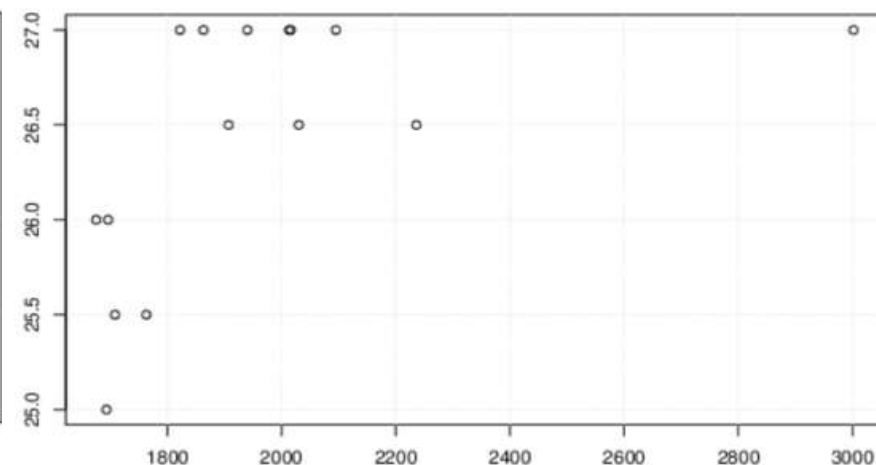
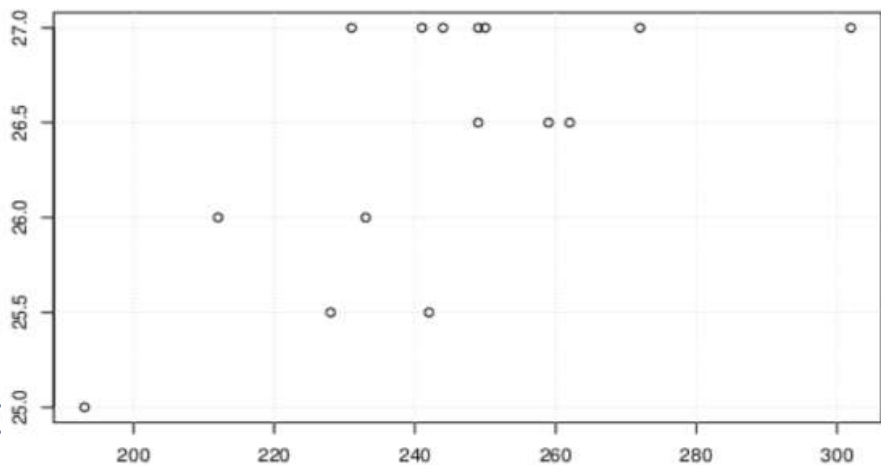
Ямальная популяция

Длина без головы, мм



Тверская популяция

Длина без головы, мм



Присоски передних правых лапок, шт.

Все присоски, шт.

Выводы

1. Расширения первых трех члеников передних и средних лапок самцов несут присоски: в среднем 286 присосок на передних лапках ямальских жуков и 245 присосок на передних лапках тверских жуков. На средних лапках в ямальской популяции 669 присосок, а в тверской популяции 732.
2. Распределение числа присосок близко к нормальному. Среднее число присосок у изученных популяций и диапазон их изменчивости выше, чем у описанных ранее популяций из Швеции.
3. Соотношение самок и самцов в Тверской популяции составляет 2 : 3 соответственно; доля рельефных самок в Тверской популяции 5/6.
4. Число присосок передних и средних правых лапок различных популяций имеет статистически значимо различается; на средних левых лапках значимая разница не обнаружена. Найдены сходства между числом присосок правых и левых лапок жуков из тверской популяции и передних лапок ямальской популяции, а между числом присосок средних лапок этой популяции — нет. Установлена корреляция между длиной тела и числом присосок в Тверской популяции. В ямальской популяции корреляция не обнаружена.
5. Предполагаемый фактор, который может влиять на наблюдаемые соотношения и связи — климатический (температура окружающей среды).
6. Отработанная методика может быть улучшена, но вполне пригодна для подобных исследований.

Источники информации

1. Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness. Zootaxa, 3703, 1–82, Addenda 2013.
2. JACH, M.A. & L. Ji (cnds.): Water Hectics of China Vol. II 25 — 42, Wien, 1998.
3. Nilsson, A. N. : Dytiscidae, pp. – 37-78 – In. I. Lobl & A. Smetana (editors): Catalogue of Palearctic Coleoptera, Vol. 1. Stentrup: Apollo Books, 819 pp., , 2003.
4. Павловский, Е. Н., Лепнева, С. Г.: Очерки из жизни пресноводных животных. – М.: Государственное издательство «советская наука», 1948г.
5. JOHANNES BERGSTEN: Intraspecific variation and intersexual correlation in secondary sexual characters of three diving beetles (Coleoptera: Dytiscidae). Biological Journal of the Linnean Society, 221-232, Sweden, 2001.
6. Шванвич, Б. Н.: Введение в энтомологию. – СПб.: Издательство ленинградского университета, 1959 г.
7. Догель В. А. / Под ред. Полянского Ю. И.: Зоология беспозвоночных: Учебник. Изд. 9-е. – М.: ЛЕНАНД, 620 с., 2017.
8. John H. Epler: Identification Manual for the Water Beetles of Floruda (Coleoptera: Dryopidae, Dytiscidae, Elmidae, Gyrinidae, Haliplidae, Hydraenidae, Hydrophilidae, Noteridae, Psephenidae, Ptilodactylidae, Scirtidae. – Florida Department of Environmantal Protection, 1996.
9. Зайцев, Ф. А.: Насекомые жесткокрылые. Том 4: плавунцовые и вертячки.– М.: Издательство академии наук СССР, 1953.
10. Johannes Bergsten. Taxonomy, phylogeny, and secondary sexual character evolution of diving beetles, focusing on the genus Acilius. Dis. ...c.b.s. – Sweden, 2005.
11. TPB № 25 (44N) 3A 2009 Г.
12. JOHANNES BERGSTEN: Taxonomic revision of the Holarctic diving beetle genus Acilius Leach (Coleoptera: Dytiscidae). – Department of Ecology and Environmental Science, Umea University, Umea, Sweden, and Department of Integrative Biology, Brigham Young University, Provo, Utah, U.S.A., 2006.
13. http://darwin-online.org.uk/converted/pdf/1871_Descent_F939.1.pdf
14. JOHANNES BERGSTEN: Phylogeny of Diving Beetles Reveals a Coevolutionary Arms Race between the Sexes. – Entomology Department, Natural History Museum, London, United Kingdom, Division of Biology, Imperial College London, Silwood Park Campus, Ascot, United Kingdom, Department of Entomology, Museum of Southwestern Biology, University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico, United States of America., 2007.
15. Green, K. K. et al.: Journal of the royal society “Interface”. Male clasping ability, female polymorphism and sexual conflict: fine-scale elytral morphology as a sexually antagonistic adaptation in female diving beetles., 2013.
16. Chen, Y. et al.: Journal of the royal society “Interface”. Underwater attachment using hairs: the functioning of spatula and sucker setae from male diving beetles., 2018.
17. Potts, K.: Secondary sexual characters in crawling water beetles (Coleoptera: Haliplidae): evidence for sexual conflict? – School of Marine Science and Engineering (Faculty of Science and Engineering), Plymouth University., 2016.
18. Donald A. Yee: Ecology, Systematics, and the Natural History of Predaceous Diving Beetles (Coleoptera: Dytiscidae). – Biological Sciences²⁴ University of Southern Mississippi, Hattiesburg , MS , USA., 2014.



Спасибо за внимание!

Автор работы: ученица 10 «Н» класса **Анастасия Кривоженко**

Научный руководитель: к. б. н., ст. преподаватель СУНЦ МГУ,
с. н. с. лаборатории коннектомики и функциональной нейроморфологии
насекомых биологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова

П. Н. Петров 25