

Московская гимназия на Юго-Западе № 1543
Кафедра биологии

Изучение зависимости активности полоскуна
желобчатого *Acilius canaliculatus* (Coleoptera,
Dytiscidae) от температуры воды

Отчет о научно-исследовательской работе

Работу выполнили учащиеся 9 «Б» класса:

Юрий Бурлаков

Лев Иванников

Научный руководитель:

П.Н. Петров

Москва
2016

Введение

Объектом нашего исследования являлись жуки-полоскуны желобчатые, относящиеся к отряду жесткокрылых (Coleoptera) — одному из крупнейших отрядов насекомых, в котором обитатели пресных вод составляют сравнительно небольшую группу видов. Жуки-плавунцы (Сем. Dytiscidae) часто встречаются в тихих заросших прудах и в других стоячих водах, пригодных для жизни, среди которых широко распространён полоскун желобчатый (*Acilius canaliculatus*: рис. 1, 2).



Рис. 1. Самка *Acilius canaliculatus*. Фото с сайта: macroid.ru.

Жуки-плавунцы на стадиях личинки и имаго живут в воде, стадия окукливания проходит на суше. У ряда видов самок можно отличить по наличию бороздок на надкрыльях (Павловский и Лепнева, 1948).



Рис. 2. Самец *Acilius canaliculatus*. Характерным отличием самцов являются присоски на передних ногах, используемые для удержания самки. Фото с сайта: media.eol.org

Тело плавунца можно сравнить с подводной лодкой. Кпереди, кзади и к бокам оно постепенно утончается, образуя как бы краевой киль. Благодаря такой форме тела плавунец легко рассекает воду и со стороны её испытывает лишь слабое сопротивление при плавании (Павловский и Лепнева, 1948). При плавании двигают задними ногами одновременно (Горностаев и Левушкин, 1973). В воде плавунцы плавают с большой быстротой и ловкостью, чем и объясняется русское название этих жуков. Извлеченного из воды плавунца трудно удержать пальцами, так как он, благодаря форме тела и гладкости покровов, смазанных жировыми выделениями особых желез, очень легко выскальзывает из рук (Павловский и Лепнева, 1948).

Взрослые жуки и личинки большинства видов дышат атмосферным воздухом, поднимаясь для этого на поверхность или используя воздух, содержащийся в тканях подводных растений (Kehl, 2014)□.

Поднявшись на поверхность, плавунец выставляет наружу задний конец брюшка, выдвигая из-под приподнятых надкрылий два последних членика тела; насекомое начинает делать дыхательные движения, расширяя и удлиняя брюшко и попеременно его сокращая. Первое, что делает плавунец, подплыв к поверхности воды, — это глубокий выдох. Выдыхание воздуха из трахейной системы происходит активно, путем сжимания полости тела, а вместе с этим и трахей, с помощью мускулатуры; вслед за этим, вследствие расширения эластичных трахей, наступает вдох (рис. 3). Обычно необходимый для жизни жука обмен воздуха совершается плавунцом в течение нескольких секунд; но, если плавунца не беспокоить, он может оставаться на поверхности воды довольно долго, пока не провентилирует

основательно всю свою трахейную систему, что может продолжаться иногда минут двадцать.

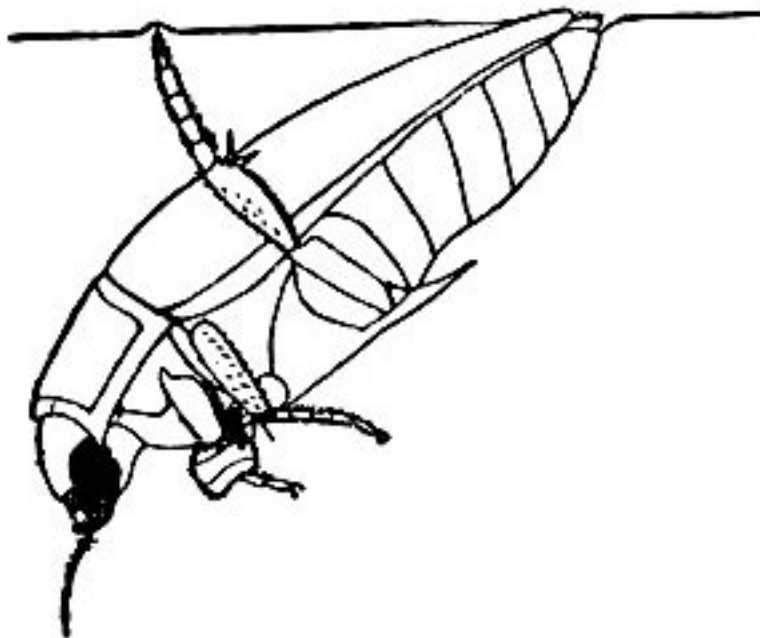


Рис. 3. Поднявшись на поверхность, плавунец выставляет наружу задний конец брюшка, насекомое начинает делать дыхательные движения, расширяя и удлиняя брюшко и попеременно его сокращая. (Павловский и Лепнева, 1948).

Исследования поведения плавунцов в воде проводились первый раз на биостанции Московской гимназии на Юго-Западе № 1543 «Озеро Молдино» в июне 2015 года (Ребриков и др., 2016). В этом году мы решили усовершенствовать и отработать методику исследования, основываясь на результатах, полученных нашими предшественниками в прошлом году.

Цели и задачи

Нашей целью являлось изучение частоты всплывания жуков-плавунцов и различий в их поведении в зависимости от температуры воды, в которой они находятся.

Для этого мы поставили следующие задачи:

- 1) Усовершенствовать методику, использовавшуюся в прошлом году нашими предшественниками (Ребриков и др., 2016).
- 2) Изучить частоту всплывания на поверхность жуков-плавунцов в теплой и прохладной воде.
- 3) Изучить продолжительность пребывания на поверхности жуков-плавунцов в теплой и прохладной воде.
- 4) Оценить различия в активности жуков при разной температуре.

Материалы и методы

Содержание жуков-плавунцов

Жуков содержали в сухом прохладном месте, на деревянных полках, на высоте около 40 см от пола в помещении с искусственным светом. Жуки находились в банках объемом 720 мл с маловодной средой: скомканный и утрамбованный на дне лист А4 (Svetocopy) заливали 50 мл воды, которые отмеряли мерным стаканчиком, помещали в банку этикетку из твердой бумаги размером 5×7 см с номером жука, написанную карандашом. Банки накрывали марлей и завязывали их резинкой, чтобы жуки не улетели. Жуков для исследований брали именно из этих банок. Для содержания плавунцов и проведения опытов использовали питьевую воду марки «Шишкин лес»: содержание анионов и катионов, мг/л, не более: Na^+ — 200, Ca^{2+} — 20, Mg^{2+} — 5, SO_4^{2-} — 100, F^- — 1, HCO_3^- — 400

Изучение активности жуков-плавунцов

Работу проводили в здании Московской гимназии на Юго-Западе № 1543 с 14 по 20 сентября 2016 года при искусственном свете, на школьной парте в одном и том же помещении. 4 самца *Acilius canaliculatus*, использовавшиеся в опытах, были выловлены 11 сентября 2016 года в пожарном пруду, находящемся недалеко от деревни Глотаево в Домодедовском городском округе Московской области (рис. 4).

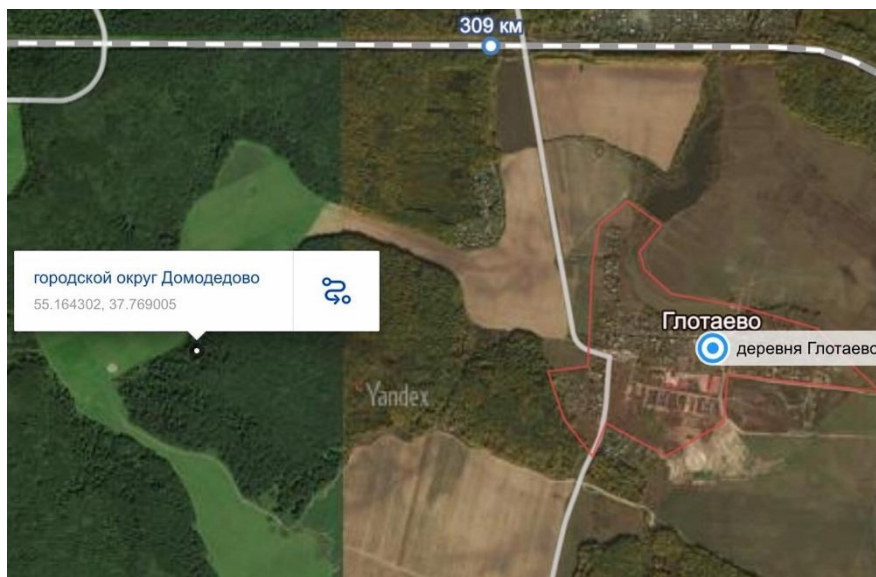


Рис. 4. Примерная точка нахождения водоема, в котором были пойманы жуки, отмеченная на карте и ближайший крупный населенный пункт — деревня Глотаево. Координаты: 55.164302 с.ш., 37.769005 в.д. Карта с сайта: yandex.ru/maps

При проведении опытов на дно банок объема 720 мл, в качестве субстрата, за который можно зацепиться, клали скомканный и утрамбованный так, чтобы в нем не оставалось пузырьков воздуха, белый лист бумаги формата А4 (Svetocopy) и придавливали его камнем (объемом 3 мл), чтобы он не всплывал. В обе банки наливали по 500 мл воды (рис. 5). Одну банку помещали в пластиковый аквариум, оснащенный терморегулятором, размеры аквариума 25×20×14 см; (рис. 6) с водой, нагретой до температуры 29 °С, а вторую, в которой вода была комнатной температуры (16-19 °С), ставили рядом на парту так, чтобы она не соприкасалась со стенками аквариума. Напротив данной «установки» располагали видеокамеру так, чтобы в ее поле зрения находились обе банки целиком. После этого начинали видеозапись и синхронно выпускали в банки жуков-плавунцов. Опыт продолжался 45 мин, после чего, жуков меняли банками (одного пересаживали из теплой в прохладную, второго — из прохладной в теплую) и наблюдали их поведение еще 45 мин. Видеозапись велась для возможности точно определить, в какой момент времени, какой жук, что делал. После, по материалам видеозаписей, данные вносили в бланки, где отмечали время начала и окончания определенного типа поведения жука. Выделяли три типа поведения жука: нахождение на дне (хотя бы одна конечность жука касается субстрата, камня или дна банки, или жук перемещается с поверхности воды ко дну, затрачивая на перемещение не более 2 с), плавание в толще воды (жук перемещается в толще больше 2 с), и всплывание и нахождение у поверхности (жук касается поверхности хотя бы в одной точке). Кроме того в ряде случаев жук вылезал на термометр, данный тип поведения являлся четвертым. Температуру в

обеих емкостях измеряли непосредственно перед началом опыта и в его конце с помощью стеклянных спиртовых термометров с ценой деления 1 °С, данные о температуре записывали в специальные бланки (прил. 1). Длительность одного эксперимента составляла 45 минут. В день проводили 2 таких эксперимента. Для анализа статистических данных использовали программу R (Development Core Team, 2013).



Рис. 5. Экспериментальная установка. Банки с плавунцами объемом 720 мл для проведения опытов. В две одинаковые банки наливали по 500 мл питьевой воды. Одну помещали в аквариум с нагретой водой. Вторую ставили рядом с первой на стол так, чтобы она не соприкасалась с аквариумом.



Рис. 6. Экспериментальная установка: пластиковый аквариум (25×20×14 см) с терморегулятором. Банку ставили в угол противоположный тому, в котором находился терморегулятор. Контрольную банку устанавливали

зеркально относительно первой банки и дальнего от терморегулятора бортика (см. также рис. 5).

Результаты

Мы проанализировали частоту, продолжительность и количество всплываний жуков вида *Acilius canaliculatus* в экспериментах 14.09, 15.09 и 20.09, построив диаграммы размаха продолжительности всплывания жуков (рис. 7–12) и столбчатые диаграммы, показывающие частоту всплываний при разной температуре (рис. 19–24). *Acilius canaliculatus* в первом эксперименте 15.09 и во втором эксперименте 14.09 дольше находился у поверхности в прохладной воде по сравнению с теплой (рис. 7), эти различия статистически значимы (тест Вилкоксона, $p < 0,05$). В остальных экспериментах 14.09, 15.09 и 20.09 подобных статистически значимых различий не выявлено (рис. 8–11, тест Вилкоксона: $p > 0,05$). Сравнили частоты всплываний жуков в теплой и прохладной воде в указанные дни, объединив данные по всем опытам. В теплой воде жуки всплывают чаще, чем в холодной, и эти различия статистически значимы (тест Вилкоксона, $p = 0,01$). Также, построили диаграммы размаха продолжительности сидения жуков на дне при разной температуре (рис. 13–18). Во всех экспериментах, кроме второго опыта 15.09 ($p = 0,48$), жуки в прохладной воде находились на дне достоверно дольше, чем в теплой ($p < 0,05$).

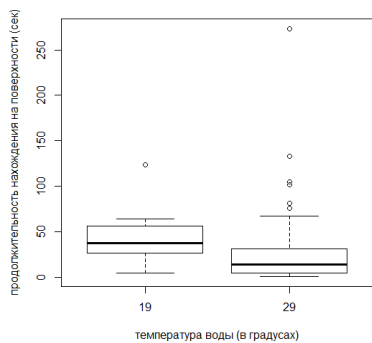


Рис. 7. Первый эксперимент 15.09

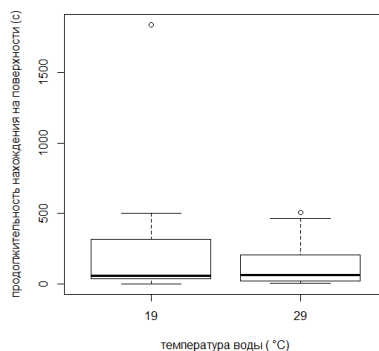


Рис. 8. Второй эксперимент 15.09

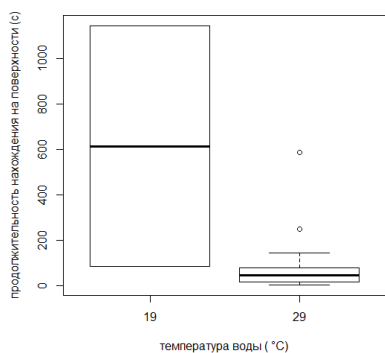


Рис. 9. Первый эксперимент 20.09

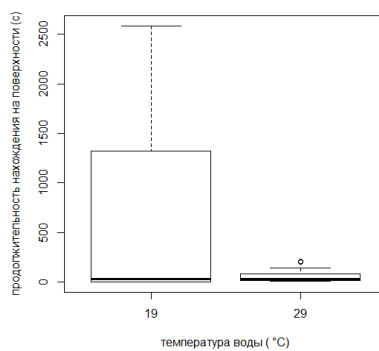


Рис. 10. Второй эксперимент 20.09

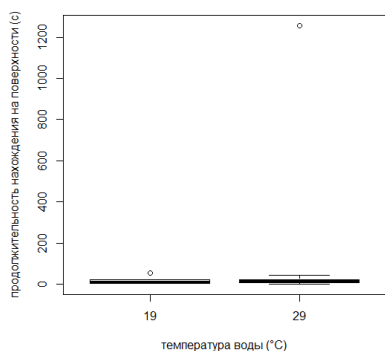


Рис. 11. Первый эксперимент 14.09

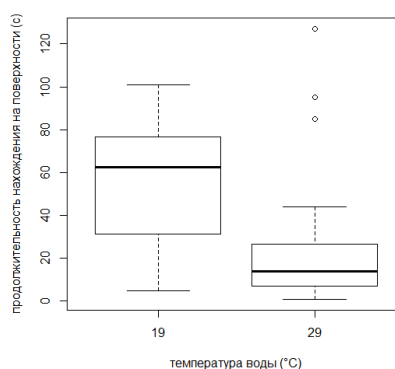


Рис. 12. Второй эксперимент 14.09

Рис. 7-12. Продолжительность нахождения на поверхности в теплой и прохладной воде.

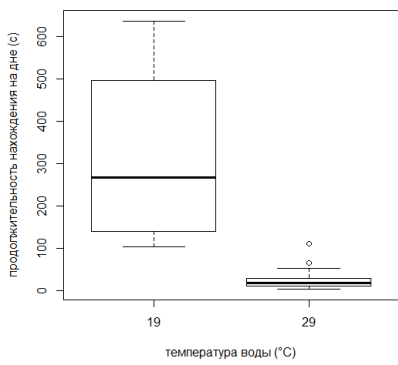


Рис. 13. Первый эксперимент 14.09

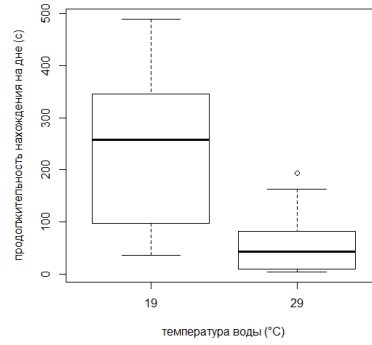


Рис. 14. Второй эксперимент 14.09

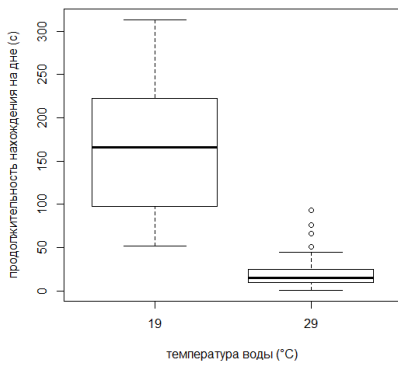


Рис. 15. Первый эксперимент 15.09

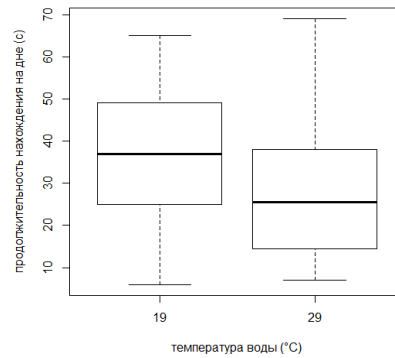


Рис. 16. Второй эксперимент 15.09

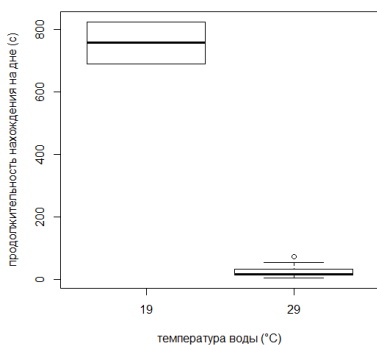


Рис. 17. Первый эксперимент 20.09

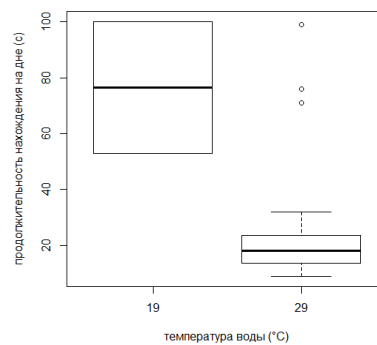


Рис. 18. Второй эксперимент 20.09

Рис. 13–18. Продолжительность нахождения у дна в прохладной и теплой воде.

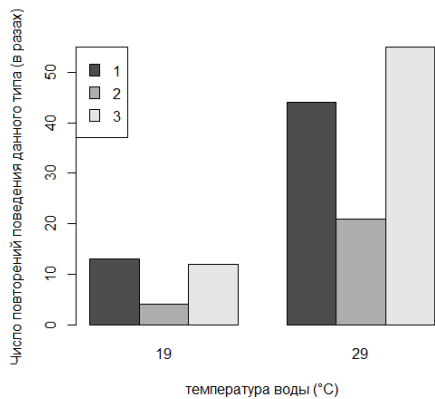


Рис. 19. Первый эксперимент 15.09

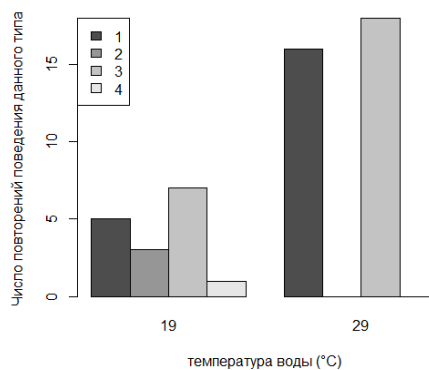


Рис. 20. Второй эксперимент 15.09

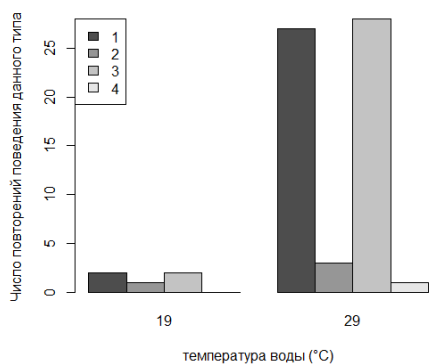


Рис. 21. Первый эксперимент 20.09

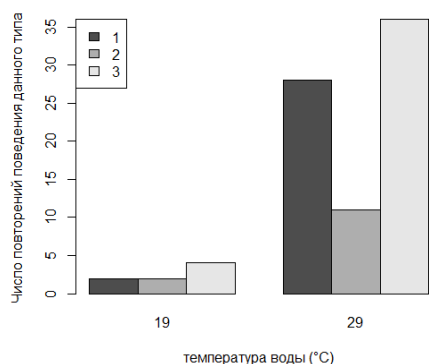


Рис. 22. Второй эксперимент 20.09

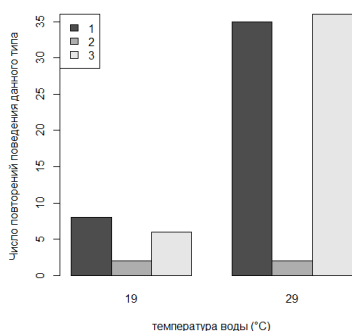


Рис. 23. Первый эксперимент 14.09

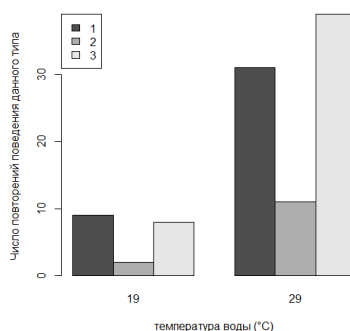


Рис. 24. Второй эксперимент 14.09

Рис. 19–24. Частота разных типов поведения в прохладной и теплой воде. 1 — сидение на дне; 2 — плавание в толще воды; 3 — всплытие на поверхность и нахождение там; 4 — вылезание из воды по термометру.

Обсуждение

В этом году мы использовали доработанную по сравнению с применявшейся в прошлом году (Ребриков и др., 2016) методику, в которой применили видеокамеру для регистрации поведения жуков и термонагреватель для создания и поддержания постоянной температуры в банке с теплой водой в ходе эксперимента. Также, для увеличения продолжительности изучения поведения жуков мы увеличили время проведения одного эксперимента с 10 до 45 мин.

Применение камеры показало ее преимущество над простым визуальным наблюдением жука и записыванием в бланки данных о его поведении. Видеокамера позволяет с точностью до 1 секунды определить в какой момент времени, что делал жук, а также, проверить уже полученные данные на предмет ошибок еще раз. Однако просмотр отснятого видеоматериала оказывается довольно продолжительным и трудоемким, что компенсируется вышеприведенными преимуществами.

Применение термонагревателя позволило быстро и довольно точно доводить воду до нужной температуры с точностью до 1 °С. Однако при проведении двух экспериментов по 45 мин каждый к концу второго эксперимента температура в емкости с теплой водой падает более, чем на 4 °С, что может влиять на качество данных, получаемых в опытах. При этом, в ходе первого эксперимента за 45 мин температура падает не более, чем на 1 °С. Это явление можно объяснить тем, что изначально вода в аквариуме нагревается сильнее, чем в банке. Затем более нагретая вода из аквариума подогревает экспериментальную банку, не давая воде в ней остыть. Ко времени второго эксперимента вода в аквариуме тоже довольно сильно охлаждается, а следовательно, не может поддерживать в погруженной в нее емкости прежнюю температуру. Данную проблему можно решить различными способами — например, укоротить каждый эксперимент вдвое, до 20 мин. При этом теплая вода не будет успевать значительно остыть, однако количество данных по данной паре жуков будет уменьшаться. Кроме того, проблему можно решить путем подогревания воды после каждого эксперимента. Данное решение не влияет на продолжительность опытов, но имеет некоторые технические сложности, связанные, например, с содержанием жуков во время нагревания воды, которое занимает некоторое время. Возможно, для снижения скорости остывания воды в аквариуме его можно накрывать герметичной крышкой, имеющей плохую теплопроводность. Данное решение нам представляется довольно трудоемким и сложновыполнимым. Также, можно увеличить объем аквариума, в который погружают банку.

Мы заметили, что к концу второго эксперимента вода в банках мутнеет, что связано с размоканием бумажного субстрата. Кроме того, между субстратом и дном довольно часто образуются зазоры, в которые может прятаться жук, становясь при этом невидимым для камеры. Также, части субстрата довольно часто начинают всплывать из-за накапливающихся под ними пузырьков воздуха, уменьшая тем самым обзор камеры. Поэтому, возможно, при дальнейшем проведении опытов по изучению частоты всплывания жуков-плавунцов стоит выбрать другой, более плотный и «водостойкий» субстрат, например, более плотную бумагу или насыпать на дно слой песка или мелкого гравия толщиной 1-2 см.

Мы проанализировали поведение полоскуна желобчатого (*Acilius canaliculatus*) в теплой и прохладной воде, изучив его продолжительность пребывания на дне и на поверхности, а также активность при разной температуре в целом. Выяснили, что в теплой воде жуки более активны, то есть они чаще всплывают и сменяют свои формы поведения, чем в прохладной. Это можно объяснить тем, что при более высокой температуре среды метаболизм жука ускоряется, что приводит к повышению потребности в кислороде, приводящей к большей частоте всплываний. Эту гипотезу подтверждает тот факт, что в холодной воде жук проводит больше времени на дне и, соответственно, является более пассивным. Примечательно, что продолжительность самих всплытий в прохладной и теплой воде достоверно не отличается, из чего можно сделать вывод, что как в теплой, так и в холодной воде жук затрачивает на дыхание одинаковое время.

Выводы

Мы опробовали новую, доработанную по сравнению с прошлым годом (Ребриков и др., 2016) методику изучения поведения жуков-плавунцов в воде. Она показала преимущество в точности наблюдений и поддержания постоянной температуры. Внесенные в методику эксперимента изменения (использование термонагревателя и видеокамеры) позволили увеличить точность регистрации поведенческих актов до 1 с и стабилизировать температуру в экспериментальной банке (29 °C) на период до 45 мин.

Мы изучили частоту всплываний на поверхность жуков-плавунцов вида *Acilius canaliculatus*, подтвердили, что в теплой воде жуки всплывают чаще.

Проанализировали продолжительность различных форм поведения, таких как пребывание на дне и на поверхности, выяснив, что продолжительность всплываний у жуков в теплой воде и прохладной не различается, но в более

прохладной воде продолжительность пребывания на дне выше, чем в более теплой.

В более теплой воде (29 °С) жуки более активны, чем в холодной (19 °С).

Благодарности

Благодарим С. М. Глаголева и Е. В. Елисееву за организацию практики на биостанции «Озеро Молдино», где была опробована и доработана методика, Д. В. Ребрикова за предоставленное оборудование, Д. Д. Ребрикова за помощь в создании методики, П. А. Волкову за помощь в обработке данных и ценные замечания по поводу работы и А. К. Сенаторова за помощь в ловле и транспортировке жуков.

Литература

Горностаев Г.Н., Левушкин С.И., 1973. Определитель пресноводных насекомых средней полосы Европейской части СССР. М.: Изд-во МГУ. 186 с.

Павловский Е.Н., Лепнева С.Г., 1948. Очерки из жизни пресноводных животных. Л.: Советская наука. 458. с.

Ребриков Д., Привалова А., Троицкая А., 2015. Изучение частоты всплывания и изменчивости признаков, связанных с полетом, у жуков-плавунцов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bioclass.ru/files/konf16/vspliv.pdf>. Дата обновления: 23.01.2016

Nilsson A.N., Holmen M., 1995. The aquatic Adepaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. II. Dytiscidae. Leiden; New York; Köln: E.J. Brill. 192 p. (Fauna entomologica scandinavica. V. 32).

Kehl S., 2014. Morphology, anatomy, and physiological aspects of dytiscids // Ecology, systematics and natural history of predaceous diving beetles (Coleoptera, Dytiscidae). Yee D. (Ed.). Dordrecht; Heidelberg; New York; London: Springer. P. 173–198.

Приложение

Пример бланка для записи температуры, московского времени проведения эксперимента и исследуемых жуков.

Бланк №____ Дата_____ Время_____

№ опыта	1 (начало)	1 (конец)	2 (начало)	2 (конец)
Температура теплой	29	28	29	27
Температура холодной	19	19	19	19
Время набл.	16:24	17:09	17:16	18:02
№ жука в теплой	1	1	3	3
№ жука в холодной	3	3	1	1