

Московская школа на Юго-Западе № 1543

Кафедра биологии

**Исследование активности жуков-плавунцов
Colymbetes paykulli, *Acilius canaliculatus*,
Dytiscus marginalis (Coleoptera, Dytiscidae)
в воде**

Отчет о научно-исследовательской работе

Никита Маренков (9Б)

Антон Одинцов (9Б)

Научные руководители:

П.Н. Петров

П.А. Волкова

Москва

2018

Введение

Жуки-плавунцы (Coleoptera, Dytiscidae) — типичные обитатели разнообразных водных объектов, все стадии их развития, за исключением куколки, связаны с водой. Личинки проводят всю жизнь в воде, покидая ее только для окукливания, в то время как имаго часто перелетают в новые водоемы, что обеспечивает широкое распространение представителей данного семейства (Зайцев, 1953). Русское название этих жуков объясняется их умением плавать в воде с большой быстротой и ловкостью (Павловский и Лепнева, 1948).

Все водные насекомые, включая жуков-плавунцов, нуждаются в кислороде для дыхания. Взрослые жуки-плавунцы имеют «воздушное хранилище», специальную полость под их надкрыльями, куда открываются дыхальца, называется эта полость субэлитарной. Жуки обновляют воздух в субэлитраной полости, выставляя из воды вершины надкрылий и последнего сегмента брюшка (Kehl, 2012). Обычно обмен воздуха совершается плавунцом в течение секунд, или даже долей секунд, но так же иногда жук остается у поверхности очень долго, пока не провентилирует основательно всю свою трахейную систему, что в некоторых случаях занимает более 20 минут (Павловский и Лепнева, 1948).

Данные о частоте всплытий могут быть полезны, для того, чтобы, к примеру, зная число всплытий жуков-плавунцов на какой-либо площади водоема, высчитать, сколько жуков находится под водой в рассматриваемой части водоема и оценить плотность популяции.

В биоклассе московской гимназии на Юго-Западе №1543 проводились две работы по изучению активности жуков-плавунцов в воде (Ребриков и др., 2015); (Бурлаков и Иванников, 2016), основной задачей этих работ было изучение частоты всплывания при разных температурах. В обеих работах была найдена статистически важная связь: чем выше температура воды, тем чаще всплывают жуки-плавунцы. В этом году мы решили проверить взаимосвязанность количества всплытий и активностью жука в воде.

Цели и задачи

Цель:

* Изучение активности жуков плавунцов в воде, особенно частоты всплытий на поверхность.

Задачи:

* Сравнить частоту всплытий разных особей жуков-плавунцов? в течение одного эксперимента.

* Выяснить, есть ли связь между длительностью пребывания у поверхности жуков-плавунцов и длительностью их пребывания в воде.

* Выяснить, есть ли связь между длительностью всплытий и длительностью движения в толще воды.

Методика

Эксперименты проводились в период с 02.07.2017 по 06.07.2017, в Нижне-Свирском государственном природном заповеднике.

Мы ловили жуков в заводях реки Гумбарка и в придорожных лужах. Водным энтомологическим сачком водили по дну или в зарослях водных растений. Затем, достав сачок, давали стечь воде, после чего постепенно выворачивали его, собирая попавшихся жуков и перекладывая их в банку. В лаборатории определяли жуков, пользуясь монографией Нильссона и Хольмена (Nilsson, Holmen, 1995). После определения вида мы пересаживали жука в банку (720мл) с условиями, приближенными к естественным: 50мл речной воды и, в качестве субстрата, скомканный лист плотной бумаги формата А4. Мы не использовали в качестве субстрата камни или гальку, так как их трудно стандартизировать. Банки не закрывались для постоянного доступа атмосферного воздуха, но, так как жуки могли уползти или улететь, горло банки мы обтягивали марлей и закрепляли ее резинкой. Хранились банки на улице, в специальном шкафчике, для постоянного доступа жуков к атмосферному воздуху и поддержания естественной температуры воды.

Все жуки, которых мы использовали в экспериментах, были пойманы менее суток назад, а так же использовались после поимки впервые. Для проведения эксперимента мы использовали две прозрачные стеклянные банки по 720 мл. В них наливали 500 мл бутилированной воды 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. Мы решили не использовать воду из реки Гумбарка из-за ее окраса «чайной воды», затрудняющего наблюдение.

Так как жук не может зацепиться за гладкое дно банок, мы устанавливали субстрат: 1/6 листа А4, лист мы придавливали камнем небольшого размера, чтобы лист не всплывал. В банках устанавливалась одинаковая температура воды, обе банки размещали так, чтобы в течение всего эксперимента они находились в тени, во избежание сильного изменения температуры воды во время эксперимента. В эксперименте участвовало два человека, каждый вел наблюдение за одной банкой. Между банками ставили секундомер. Мы начинали эксперимент после того, как одновременно запускали по одному жуку в каждую банку, одновременно с этим запускали секундомер и начинали заполнение бланков. Из-за отсутствия пипеток подходящих размеров мы переносили жуков в экспериментальные банки в руках. Каждый эксперимент длился 45 минут.

Во время эксперимента мы фиксировали три фазы поведения жуков: движение под водой (Рис. 2. b, c, d), неподвижность под водой (жук прикрепляется к субстрату), всплытие (прикрепление к водяной пленке), в течение которого происходит газообмен (Рис. 1. a). При изменении фазы мы фиксировали момент начала новой фазы, записывая время, прошедшее от начала эксперимента. Так же в экспериментах мы фиксировали температуру воды и воздуха в момент начала эксперимента и пол жука. Из-за небольшого количества самих экспериментов эта информация при последующей обработке данных не учитывалась. В экспериментах участвовали жуки видов: *Colymbetes paykulli* Erichson, 1837, *Acilius canaliculatus* Nicolai, 1822, *Dytiscus marginalis* Linnaeus, 1758.



Рис. 1. Дыхание имаго *Acilius canaliculatus*. а) Газообмен во время всплытия. б, с, d) Движение в толще воды, обратите внимания на пузырек воздуха на кончике abdomena, он может играть роль «физической жабры» (из: Kehl, 2012).

Мы провели 5 экспериментов, получив по 45 минут наблюдения за 10 особями, из которых 3 – представители рода *Colymbetes*, 3 – *Dytiscus*, и 4 – *Acilius*.

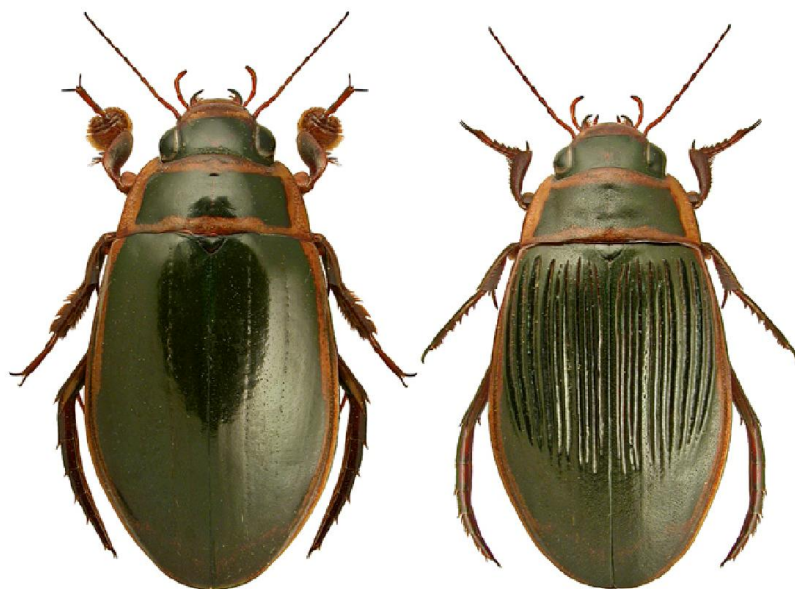


Рис. 2. *Dytiscus marginalis*. Слева — самец, справа — самка (ребристой формы) (фото с сайта: www.coleoptera.org).



Рис. 3. *Colymbetes paykulli* – самец (слева) и *Acilius canaliculatus* – самка (справа): фото с сайтов www.insectamo.ru и www.zin.ru.

Результаты

Мы нашли статистически значимую отрицательную связь ($p < 0,05$) между длительностью пребывания в толще воды и временем пребывания у поверхности у всех видов (Табл. 1, Рис. 1-3).

Связь между длительностью движения под водой и временем пребывания на поверхности отсутствует ($p > 0,05$) у всех видов, за исключением *Acilius canaliculatus*, у которых мы обнаружили слабую статистически значимую связь.

Вид	p	r	Связь
<i>Acilius canaliculatus</i>	0,007	-0,26	Есть
<i>Colymbetes paykulli</i>	0,04	-0,29	Есть
<i>Dytiscus marginalis</i>	0,02	-0,23	Есть

Табл.1 Поиск зависимости между длительностью пребывания под водой и длительностью всплытий.

Вид	p	r	Связь
<i>Acilius canaliculatus</i>	0,009	0,24	Есть
<i>Colymbetes paykulli</i>	0,48	0,1	Нет
<i>Dytiscus marginalis</i>	0,15	0,14	Нет

Табл. 2. Поиск связи между длительностью движения под и длительностью всплытий водой.

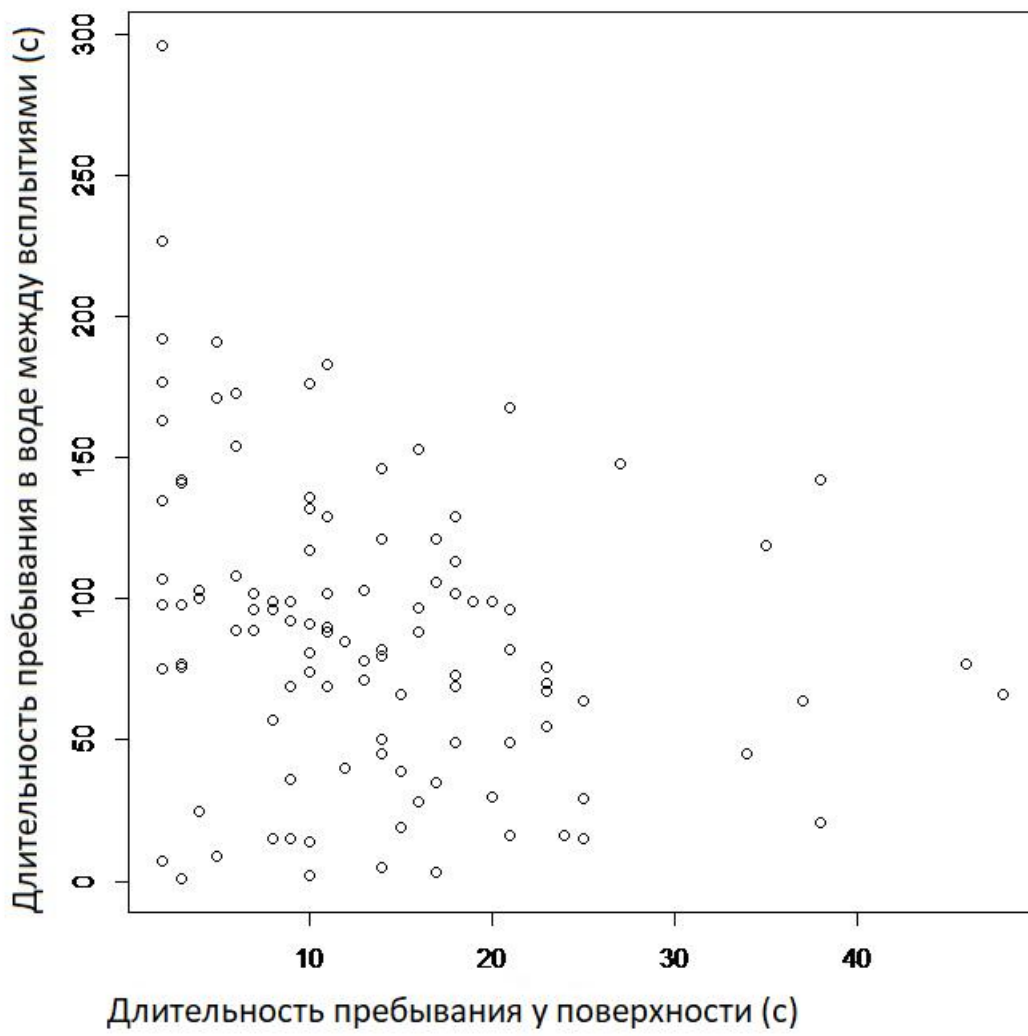


Рис. 4. *Acilius canaliculatus* ($p = 0,007$, $r = -0,26$)

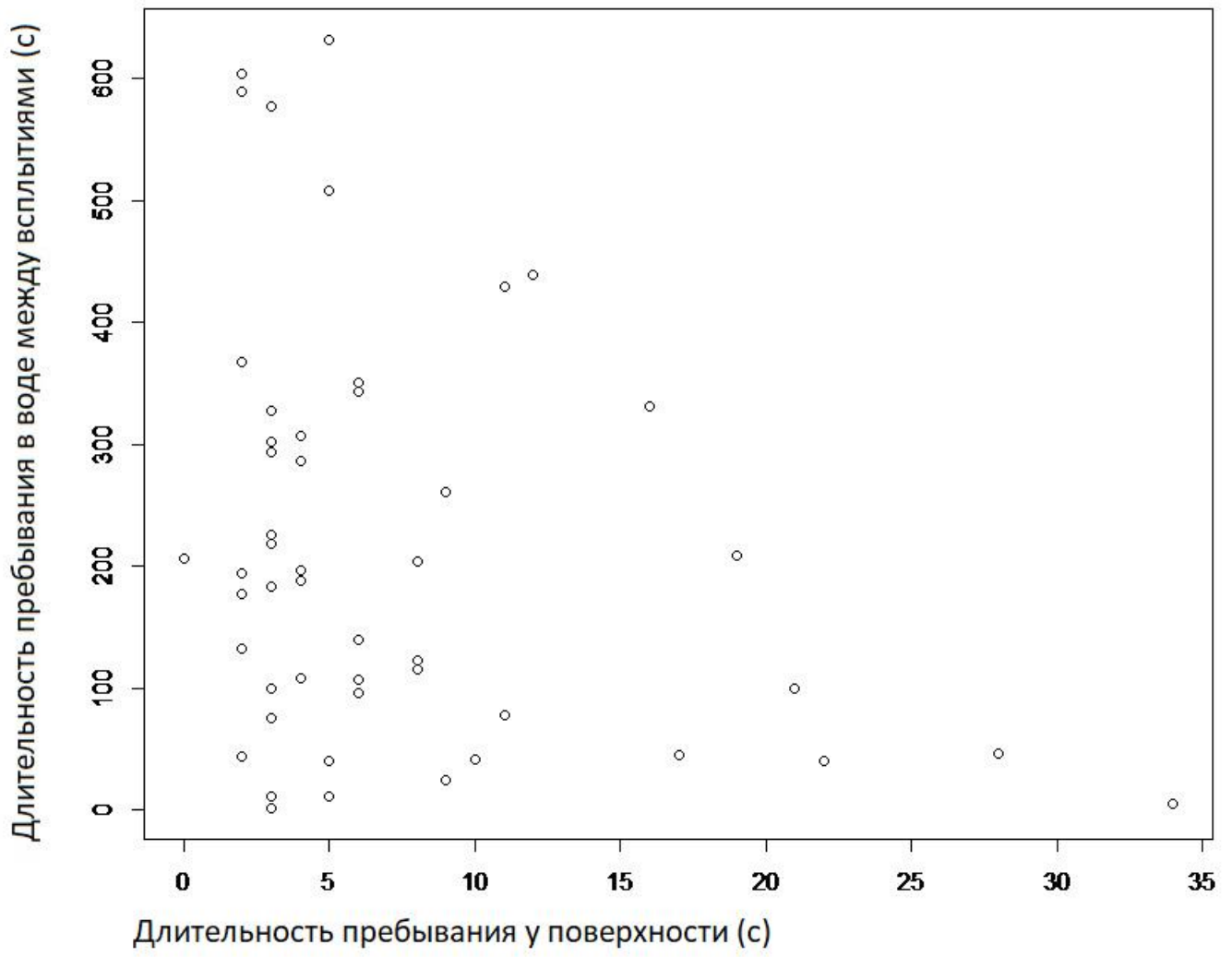


Рис. 5. *Colymbetes paykulli* ($p = 0,04$, $r = -0,29$)

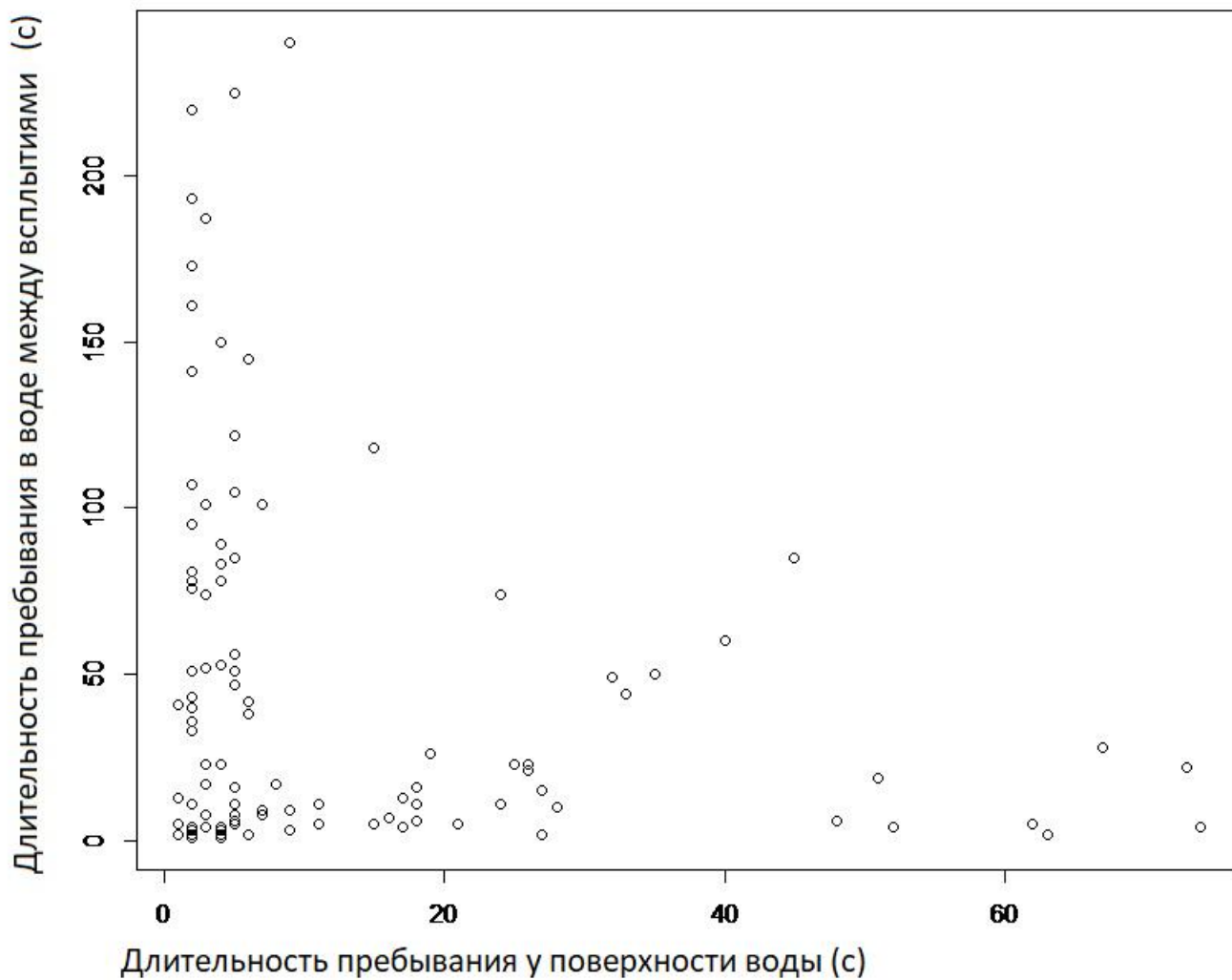


Рис. 6. *Dytiscus marginalis* ($p = 0,02$, $r = -0,23$)

Также мы сравнили количество всплытий у разных особей внутри экспериментов (Табл. 3), но обработать полученные данные мы не смогли, так как во всех экспериментах сильно разная температура воды, так же количество провиденных экспериментов крайне мало.

№	Первый жук	Второй жук	Кол-во всплытий		t °
			Первого	Второго	
1	<i>Colymbetes paykulli</i>	<i>Acilius canaliculatus</i>	17	20	14
2	<i>Acilius canaliculatus</i>	<i>Acilius canaliculatus</i>	26	26	22
3	<i>Colymbetes paykulli</i>	<i>Colymbetes paykulli</i>	6	11	20
4	<i>Dytiscus marginalis</i>	<i>Acilius canaliculatus</i>	24	17	14
5	<i>Dytiscus marginalis</i>	<i>Dytiscus marginalis</i>	18	65	17

Табл. 3. Количество всплытий жуков – плавунцов в разных экспериментах
* t ° – температура воды

Обсуждение

Так как чем дольше жук проводит под водой, тем больше кислорода он потребляет, мы предположили, что длительность погружений влияет на время пребывания у поверхности. Чтобы проверить наше предположение, мы сравнили данные величины. В результате, мы нашли слабую, отрицательную, статистически значимую связь для всех исследуемых видов.

То, что связь отрицательная, значит, что чем дольше жук находится в толще воды, тем меньше длительность пребывания у поверхности. Это может быть связано с тем, что у жуков-плавунцов имеется «физическая жабра» – пузырек воздуха на кончике абдомена, который сообщается с воздухом в субэлитральной полости. В работе (Giovanni и др., 1999) было показано, что кислород, растворенный в воде, отчасти диффундирует в этот пузырек, возможно, так как чем большее время жук плавунец проводит под водой, тем большее количество кислорода он получает благодаря «физической жабре», тем меньше кислорода ему необходимо получить из воздуха. Также, так как большую часть кислорода жук расходует в движении, а под водой помимо движения большую часть времени жук плавунец проводит неподвижно, прикрепившись к субстрату, нужно искать взаимосвязь длительности пребывания у поверхности не с длительностью пребывания под водой, а с длительностью движения под водой, учитывая длительность неподвижности.

Также это, возможно, отражает стрессовое состояние жука, так как известно, что в стрессовых ситуациях жуки пытаются проводить у поверхности воды как можно меньше времени, в отличие от ситуаций, когда жук «считает» себя в безопасности и проводит у поверхности больше, чем того требуется для обновления воздуха. В нашем случае, стрессовое состояние жука может быть связано с тем, как мы переносили жука в экспериментальные банки: мы, из-за отсутствия подходящего размера пипеток, переносили жуков в руках, чем могли их потревожить. В

последующих работах, во избежание данной проблемы, нужно изготовить небольшой сачок или черпак.

Малый коэффициент корреляции может быть связан с тем, что мы обрабатывали данные, собранные в экспериментах с сильно отличающейся температурой воды, поэтому при проведении подобных экспериментов в последующем нужно будет установить одну температуру воды во всех экспериментах. Также температура воды влияет на концентрацию растворенного в ней кислорода: чем ниже температура, тем больше кислорода может быть растворено в воде, а значит изменение температуры влияет и на эффективность «физической жабры».

Исходя из некоторых, приведенных выше выводов мы сравнили длительность движения в воде с длительностью пребывания у поверхности. Статистически значимой связи между длительностью движения под водой и всплытиями мы не нашли у видов *Dytiscus marginalis* и *Colymbetes paykulli*, но нашли у вида *Acilius canaliculatus*. То, что мы обнаружили связь только для представителей вида *Acilius canaliculatus* скорее всего связано с тем, что для данного вида было проведено больше экспериментов, чем для других.

Возможно, отсутствие данной связи обуславливается способом обработки данных: мы связывали время пребывания на поверхности только с длительностью предшествующего погружения, не учитывая соотношение длительности всплытий и движения в целом в течение эксперимента, в нашем случае это невозможно сделать из-за слишком маленького количества проведенных экспериментов.

Также эта связь может отсутствовать из-за того, что она не учитывает длительность неподвижности в течение экспериментов. Все погружения можно разделить на погружения, в течение которых жук только двигался, и на погружения, в течение которых жук двигался и неподвижно прикреплялся к субстрату. Эти «разновидности» погружений в обработке данных мы не учитывали, что могло повлиять на получаемые данные.

Кроме того, некоторые издержки методики могли повлиять на полученные данные. Мы не учитывали при наполнении банок для хранения, что часть жуков была поймана не в Гумбарке, а в придорожных лужах. По поводу экспериментальных банок есть другое, важное замечание, банку мы наполняли бутилированной водой для стандартизации получаемых результатов. Бутилированная вода сильно отличается по химическому составу, что может повлиять на поведение жука, поэтому в последующих работах лучше, несмотря на небольшое неудобство, наполнять банки водой из места поимки жука, а от жуков, пойманных в луже отказаться, либо использовать отстоявшуюся воду, взятую из луж.

Выводы

Мы выявили слабую статистически значимую связь между длительностью погружения и длительностью пребывания у поверхности воды.

Статистически значимой связи между длительностями движения под водой и пребывания у поверхности мы не нашли у видов *Dytiscus marginalis* и *Colymbetes raucullii*, но нашли у вида *Acilius canaliculatus*.

У нас не получилось найти каких-либо закономерностей в количестве всплытий в разных экспериментах из-за слишком небольшого количества экспериментов по каждому виду и из-за большой разницы температур воды между экспериментами.

Благодарности

Мы благодарим Сергея Менделевича Глаголева, Екатерину Викторовну Елисееву и Полину Андреевну Волкову за организацию практики в Нижне-Свирском заповеднике; администрацию Нижне-Свирского заповедника за разрешение проведения практики на его территории, особенно Виктора Алексеевича Ковалева за всестороннюю помощь в организационных моментах; Александра Михайловича Неверова и Марию Андреевну Чуркину за помощь в поимке жуков и последующем определении, Игоря Алексеевича Зайцева за помощь в поимке жуков, а так же за обеспечение хранения живых насекомых; Василия Геннадьевича Дядичко за рецензирование работы.

Литература

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

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.

Зайцев, Ф.А., 1953. Сем. — Dytiscidae. Плавунцы // Фауна СССР. Т. 4. Плавунцовые и вертячки. Академия Наук СССР. С. 76-95.

Ребриков Д., Привалова А., Троицкая А., 2016. 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

Бурлаков Ю., Иванников Л., 2017. Изучение зависимости активности полоскуна желобчатого *Acilius canaliculatus* (Coleoptera, Dytiscidae) от температуры воды [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bioclass.ru/files/konf17/burlakov.pdf>. Дата обновления 23.01.2017

Calosi P., 2011. The comparative biology of diving in two genera of European Dytiscidae (Coleoptera) // Journal of Evolutionary Biology. V. 25 P. 329–341.

Nilsson A.N., Holmen M., 1995. The aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark , II, Dytiscidae // Fauna Entomologica Scandinavica. V. 32. P. 1-192.

Giovanni M. V. di, Pirisinu Q., Giangiuliani G., Goretti E., Pampanella L., 1999. Oxygen consumption in two aquatic Coleoptera species: *Hydrous piceus* and *Dytiscus marginalis* // Italian Journal of Zoology. V. 66. P. 329–332.