

Московская школа на Юго-Западе № 1543

Динамика лёта насекомых на свет в ночное  
время суток на стационаре «Сунога»  
Института биологии внутренних вод РАН  
(Ярославская область)

Выполнили ученицы 9-го «Б» класса:

Виктория Федорова

Полина Авдеева

Амелия Казаченко

Научный руководитель:

Петр Николаевич Петров

Москва

2022

## Введение

Уже много лет учёных интересует лёт на насекомых на искусственный свет. Насекомые, устремляющиеся в темное время суток к искусственным источникам света, называются фотоксенами (Горностаев, 1984). К фотоксенам относятся представители многих отрядов и семейств, в том числе и те, которые встречаются днём. А само явление называется фототаксис, и оно известно ещё с древних времён. Оно не только интересно с точки зрения энтомологии, но имеет и практическое значение. Например, в сельском хозяйстве фототаксис часто используют для уничтожения вредителей. В домах часто устанавливают небольшие светоловушки, чтобы уничтожать комаров и мух. Однако, знания об этом явлении можно использовать не только, чтобы ловить и уничтожать насекомых, но и для того, чтобы защищать их. Ведь большие города сами по себе являются огромными световыми ловушками, приманивающими тысячи насекомых (McDonnell и др., 2009). Световые ловушки появились в 1894 году. Они бывают разные, и в них используются самые разные лампы: газоразрядные, светодиодные, ультрафиолетовые лампы, лампы накаливания и т. д. Это может быть экран, прибитый к стене, либо установленный с помощью специальных креплений в поле, с лампой напротив него, а может быть четырёхлепестковый экран.



Рис. 1. Светоловушка – экран, установленный в поле. Напротив экрана висит лампа, на свет которой слетаются насекомые и садятся на экране. Изображение с сайта [sverchokcorm.ru](http://sverchokcorm.ru)



Рис. 2. Светоловушка – четырёхлепестковый экран. Она разделёна на четыре отсека, в отверстии висит лампа. На её свет слетаются насекомые и садятся на лепестки экрана. Более устойчива, чем обычный экран. Изображение с сайта [naturaliste.ru](http://naturaliste.ru)

Вскоре после появления световых ловушек лов насекомых на свет стали применять в качестве научного метода. Он удобен тем, что при подходящих условиях позволяет поймать большое количество особей за не очень большой промежуток времени. Уже много лет энтомологи исследуют фототаксис, за это время было проведено множество исследований и найдено множество причин такого на первый взгляд странного поведения насекомых. Далее мы приведём некоторые из них.

Некоторые авторы (Горностаев, 1984; Чернышев, 1996) объясняют это тем, что насекомые при полёте ориентируются на свет зари. Поскольку лучи параллельны, насекомое сохраняет направление, двигаясь под определённым углом к лучам (в основном ультрафиолетовым). Однако, лучи ртутной лампы, свет которой тоже содержит ультрафиолет, располагаются радиально, насекомые двигаются по спирали, постепенно приближаясь к лампе. Так же в 1925 Дехтярёв предположил, что свет является индикатором открытого пространства (Горностаев, 1984). Насекомое, попадая ночью в луч света, воспринимает окружающую его темноту как закрытое пространство и летит к источнику света (уже не обязательно ультрафиолетового), стремясь выбраться. Эта идея оставалась предположением, пока её не развил в своих

работах Мазохин-Поршняков (1977). Ж. Леб (1924) называл это явление «реакция бегства».

Предположительно, активность лёта насекомых зависит от разных факторов, таких как температура, атмосферное давление, скорость и направление ветра, а так же время суток. Все эти факторы действуют в сложном сочетании, и разные группы фотоксенов по-разному к ним чувствительны (Горностаев, 1984).

С целью внести вклад в изучение данной темы учениками Московской школы на Юго-Западе № 1543 с 2009 года проводятся исследования. Используется обычный экран, прикрепленный к стене, и метеостанция. В 2009 в качестве результата была обнаружена положительная зависимость от температуры воздуха. В 2011 её не обнаружили, зато выявили отрицательную зависимость численности прилетающих на свет насекомых от скорости ветра (Андреева и др., 2011). В 2012 была выявлена положительная зависимость количества насекомых от температуры (Данилин и др., 2012). В 2013 установили, что число насекомых положительно зависит от температуры и отрицательно зависит от освещённости (Иванова и др., 2013). В 2016 так же была установлена положительная связь с температурой. Так же во все годы было установлено, что численность насекомых увеличивалась примерно с 22:30 до 2:30 по местному времени, а затем начинала уменьшаться, но ни разу не было установлено зависимости количества насекомых от атмосферной влажности.

В 2021 году исследование проводилось в посёлке Борок (Тарасова и др., 2021). Наблюдения проводились 4 дня, максимальное количество насекомых составило 873 особи (в третий день). В остальные дни количество варьировалось от 400 до 600. Была выявлена отрицательная связь между температурой и числом прилетевших насекомых. Определённой связи между количеством насекомых и атмосферным давлением не было выявлено. Представители отрядов *Blattodea* и *Ephemeroptera* не прилетали на световые ловушки ни разу. Зато очень много было представителей семейства *Chironomidae* из отряда *Diptera*. Число насекомых из отрядов *Hemiptera* и *Coleoptera* было довольно невелико. Насекомые из отряда *Trichoptera* на свет практически не прилетали, за исключением четвертой ночи и начала второй. Помимо этого, замечено небольшое повышение численности *Lepidoptera* во вторую ночь наблюдений.

Летом 2022 года мы продолжили это исследование по схожей методике. Однако в отличие от прошлого лета рядом с местом проведения ночного лова появились фонари, создающие световое загрязнение.

**Цели:** продолжить исследование лёта насекомых на свет в ночное время суток. Выяснить, повлияло ли световое загрязнение на количество насекомых.

### **Задачи:**

1. Выяснить, есть ли связь между количеством и расположением насекомых в пределах квадрата и погодными условиями: температурой воздуха, атмосферным давлением, силой ветра, облачностью, осадками и относительной влажностью.
2. Собрать сведения о летящих на свет насекомых и собрать некоторых прилетевших насекомых, в частности представителей семейства *Sphingidae*.
3. Сравнить полученные данные с результатами исследований прошлых лет, проведенных в Борке (2021) и в других точках по сходным методикам.

### **Материалы и методы**

Наблюдения проводили с 29 июня по 3 июля 2022 года (включительно) на стационаре «Сунога» Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН в Ярославской области, Некоузском районе, окрестностях пос. Борки.

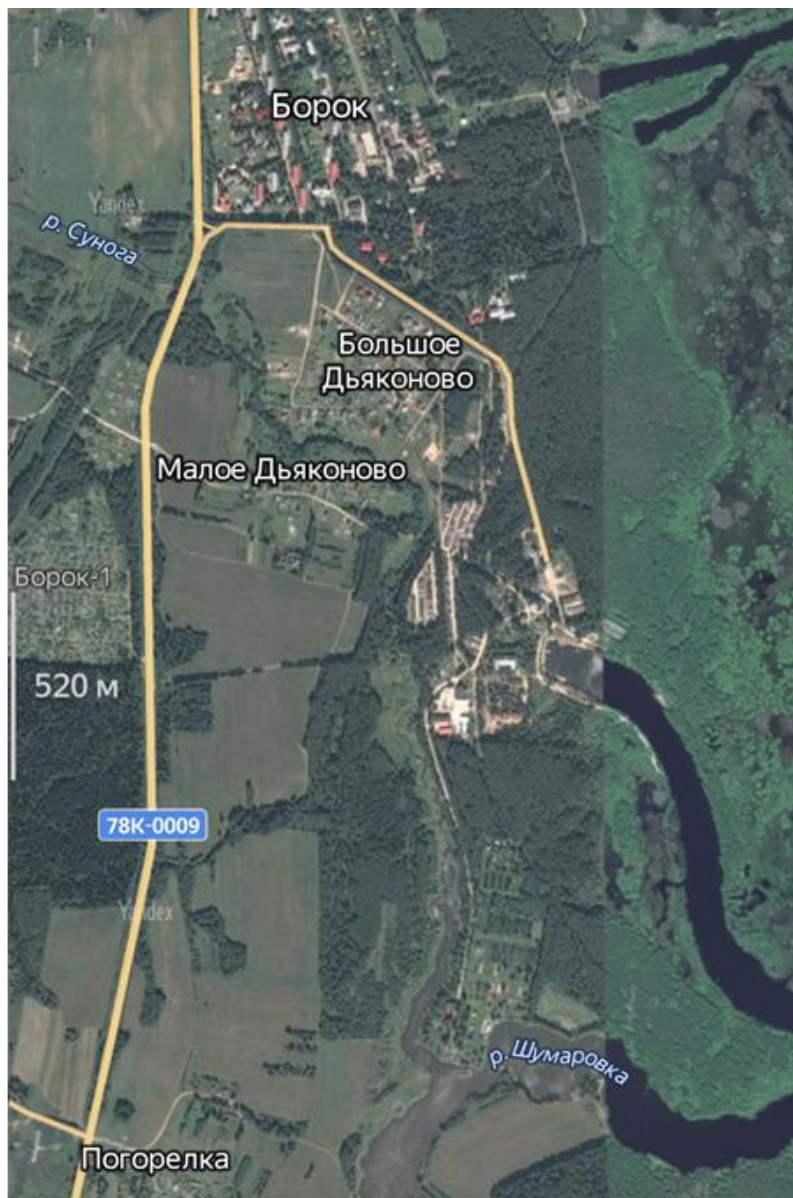


Рис. 3. Карта посёлка Борок и его окрестностей, где проводились исследования по лову насекомых на свет в тёмное время суток в 2021 и 2022 годах. Изображение с сайта yandex.ru



Рис. 4. Карта стационара «Сунога» и его окрестностей, где проводились исследования по лову насекомых на свет в тёмное время суток в 2021 и 2022 годах. Находится в окрестностях посёлка Борок. Красным выделена лаборатория, рядом с которой проводились исследования. Изображение с сайта yandex.ru

Установка была собрана на восточной стене веранды с лабораторией. На стене в качестве экрана была размещена белая простыня, размером 112 × 255 см. На ней был вышит чёрными нитками квадрат размером 50 × 50, центр квадрата обозначили точкой на высоте 183 см от земли. Под экраном в качестве столика на высоте 109 см от земли была закреплена пластиковая панель, конец простыни её накрывал. Лампа была подвешена на металлическом крючке, привязанном нерастяжимой верёвкой к закреплённому на краю карниза крюку и находилась на расстоянии 66 см от стола, 183 см от земли и 19 см от экрана. На стене на расстоянии 61 см от точки была повешена наша метеостанция First Austria FA-2460-4 (измеряющая данные внутри себя, тем самым анализируя данные об окружающей её среде). На расстоянии 3 м на дереве напротив экрана был повешен датчик метеостанции (измеряющий данные об окружающей его среде). После измерений метеостанцию убрали в лабораторию, чтобы она не запотевала.

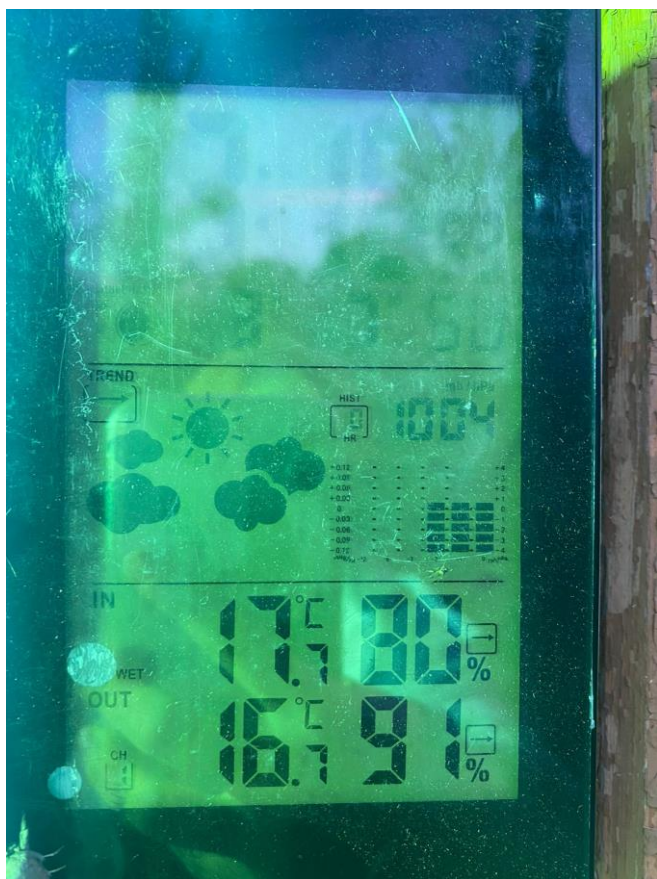


Рис. 5. Метеостанция, подвешенная к дереву рядом с экраном, на восточной стене лаборатории, с которой каждые 15 минут снимались показания о температуре воздуха рядом с экраном и на небольшом расстоянии от него, атмосферном давлении и относительной влажности.

В состав установки входил экран, столик и дроссельно-ртутная лампа высокого давления «TDM ELECTRIC» (ДРЛ) теплого света мощностью 250 Вт.



Рис. 6. Каркас установки, к которой летели насекомые. Состоит из деревянной доски, вкопанной в песок и пластиковой пластины. Расположен у восточной стены лаборатории.



Рис. 7. Установка, состоящая из столика, прибитой над ним к стене белой простыни с квадратом 50 × 50 см. Напротив неё привязана лампа, на свет которой слетались насекомые и садились на установку и стены. Расположена на восточной стене лаборатории, где проводились исследования.

Лампу включали каждый вечер в 21:30 и отключали в 03:30 по московскому времени; наблюдения проводили с 22:30 до 03:30, в это время в лаборатории включали свет, а на улице горели фонари. Каждые 15 минут мы записывали данные о температуре, давлении и относительной влажности с нашей метеостанции. Наша метеостанция не могла измерять данные о силе ветра и его направлении, поэтому их взяли позже с сайта ближайшей метеостанции, которая находилась в 34 километрах от места проведения исследований (деревня Коптюшка, Мышкинский район, метеостанция № 27227). Облачность определяли визуально по балльной шкале (1 – ясно, 2 – переменная облачность, 3 – пасмурно без дождя, 4 – дождь) (табл. 2).

Также каждые 15 минут с помощью мобильного телефона мы фотографировали экран и делали примерные подсчёты насекомых, находящихся в пределах квадрата. Каждый час оценивали, какие отряды насекомых находились в пределах квадрата, занося данные в бланк. Отряды насекомых, которые находились за пределами квадрата, мы записывали отдельно.

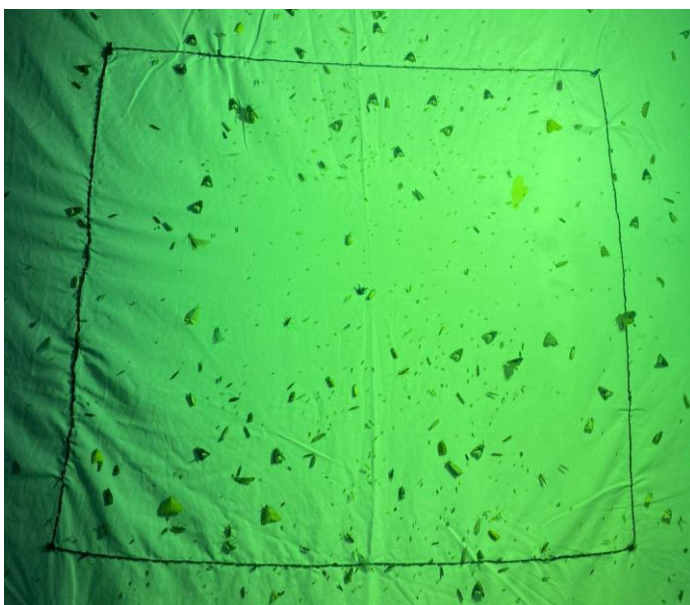


Рис. 8. Квадрат, вышитый чёрными нитками размером  $50 \times 50$  см. с насекомыми, расположившимися на нём. Каждые 15 минут его фотографировали, приблизительно подсчитывали количество насекомых на глаз, а потом в приложении ImageJ делали точный подсчёт количества насекомых в его пределах. Насекомых вне квадрата не считали. Также каждый час записывали отряды насекомых, находившиеся в пределах квадрата.

Для получения более надёжных результатов мы поштучно считали каждое насекомое в рамках квадрата и на его левой и верхней границе с помощью приложения ImageJ, тем самым получая возможность вести точный количественный учёт всех прилетевших за определённый промежуток времени фотоксенов.

Во время дождя наблюдения не прекращали. Все полученные данные заносили в заранее распечатанные бланки, записывая карандашом.

Во вторую ночь с 30 июня на 1 июля 2022 года 21:30 лампа вышла из строя, проблему устранили в 21:37, заменив сломавшуюся лампу на такую же лампу холодного света. Днём 1 июля 2022 метеостанция показывала завышенную внутреннюю температуру предположительно из-за перегрева, но ближе к вечеру показания температуры внутри стали верными. В ночь с 2 июля на 3 2022 года в 22:25 лампа перестала работать, её удалось включить в 22:32.

Некоторых представителей, в особенности насекомых из отряда *Lepidoptera*, ловили сачком и морили либо в морилках, либо с помощью инъекций аммиака, после этого насекомых временно помещали в чашки Петри. Рядом с представителями семейства *Sphingidae* клали бумажки с указанием времени и даты.

Все пойманные особи были расправлены и позже смонтированы или размещены на матрасике в систематическом порядке (по отрядам).

Затем полученные данные были проанализированы в программной среде R 4.2.1 (R Core Team (2020)).

## Результаты

В течение четырех ночей наблюдений на свет прилетали отряды: Ephemeroptera, Coleoptera, Neuroptera, Lepidoptera, Hymenoptera, Diptera, Trichoptera (табл. 1). Больше всего было представителей семейства Chironomidae.

Табл. 1. Отряды и семейства насекомых, прилетевших на свет.

| Отряд         | Семейство         |
|---------------|-------------------|
| Coleoptera    | 1) Scrabaeidae    |
|               | 2) Silphidae      |
|               | 3) Tenebrionidae  |
|               | 4) Cantharidae    |
|               | 5) Carabidae      |
|               | 6) Geotrupidae    |
| Hymenoptera   | 1) Vespidae       |
|               | 2) Ichneumonidae  |
|               | 3) Apoidea        |
|               | 4) Formicidae     |
|               | 5) Tenthredinidae |
| Diptera       | 1) Syrphidae      |
|               | 2) Chironomidae   |
|               | 3) Empididae      |
| Neuroptera    | 1) Chrysophidae   |
| Ephemeroptera | 1) Baetidae       |
| Hemiptera     | 1) Miridae        |
|               | 2) Cicadellidae   |
| Trichoptera   | 1) Phryganeidae   |
| Lepidoptera   | 1) Sphyngidae     |
|               | 2) Noctuidae      |
|               | 3) Notodontidae   |
|               | 4) Geometridae    |



Рис. 9. Коллекция насекомых, собранных с первой по четвертую ночь (с 29 июня по 4 июля).

Так же мы собрали шесть видов бражников. *Amorpha populi* (Sibernagel, 1934), *Laothoe amurensis* (Staudinger, 1892), *Marumba quercus* (Denis, Schliffermller, 1775), *Hyloicus pinastri* (Linnaeus, 1758), *Smerinthus ocellantus* (Linnaeus, 1758), *Pergesa elpenor* (Gschwandner, 1924). В основном они прилетали до 00:00.



Рис. 10. Представители семейства Sphingidae из отряда Lepidoptera, пойманные с 29 июня по 3 июля 2022 года.

В первую ночь (рис. 1) в 23:30 наблюдалось резкое уменьшение числа насекомых в пределах квадрата (с 156 до 15), затем резкое увеличение и снова медленное уменьшение. Наибольшее число насекомых (156 экз.) было спустя 45 минут от начала эксперимента (23:15). Связь между числом насекомых в первую ночь и временем не выявлена (тест Спирмена  $p = 0,47$ ,  $r = -0,17$ ). Во вторую ночь (рис. 12) в первой половине исследования число насекомых было довольно низким, затем стало резко расти и достигло пика ближе к концу исследования (в 2:45). Наибольшее число насекомых (1263 экз.) было спустя 255 минут от начала эксперимента (2:45). Выявлена положительная связь между числом насекомых во вторую ночь и временем (тест Спирмена  $p = 1,81 \cdot 10^{-6}$ ,  $r = 0,89$ ). В третью ночь (рис. 13) наибольшее число насекомых (138 экз.) было спустя 180 минут от начала эксперимента (1:30). Связь между числом насекомых в третью ночь и временем не выявлена (тест Спирмена  $p = 0,6$ ,  $r = 0,12$ ). В четвертую ночь (рис. 14) наибольшее число насекомых (1042 экз.) было спустя 180 минут от начала эксперимента (1:30). Связь между числом насекомых в четвертую ночь и временем не выявлена (тест Спирмена  $p = 0,29$ ,  $r = 0,24$ ).

На графике за третью и четвертую ночи видно, что количество насекомых увеличивалось к середине наблюдения, а потом снижалось.

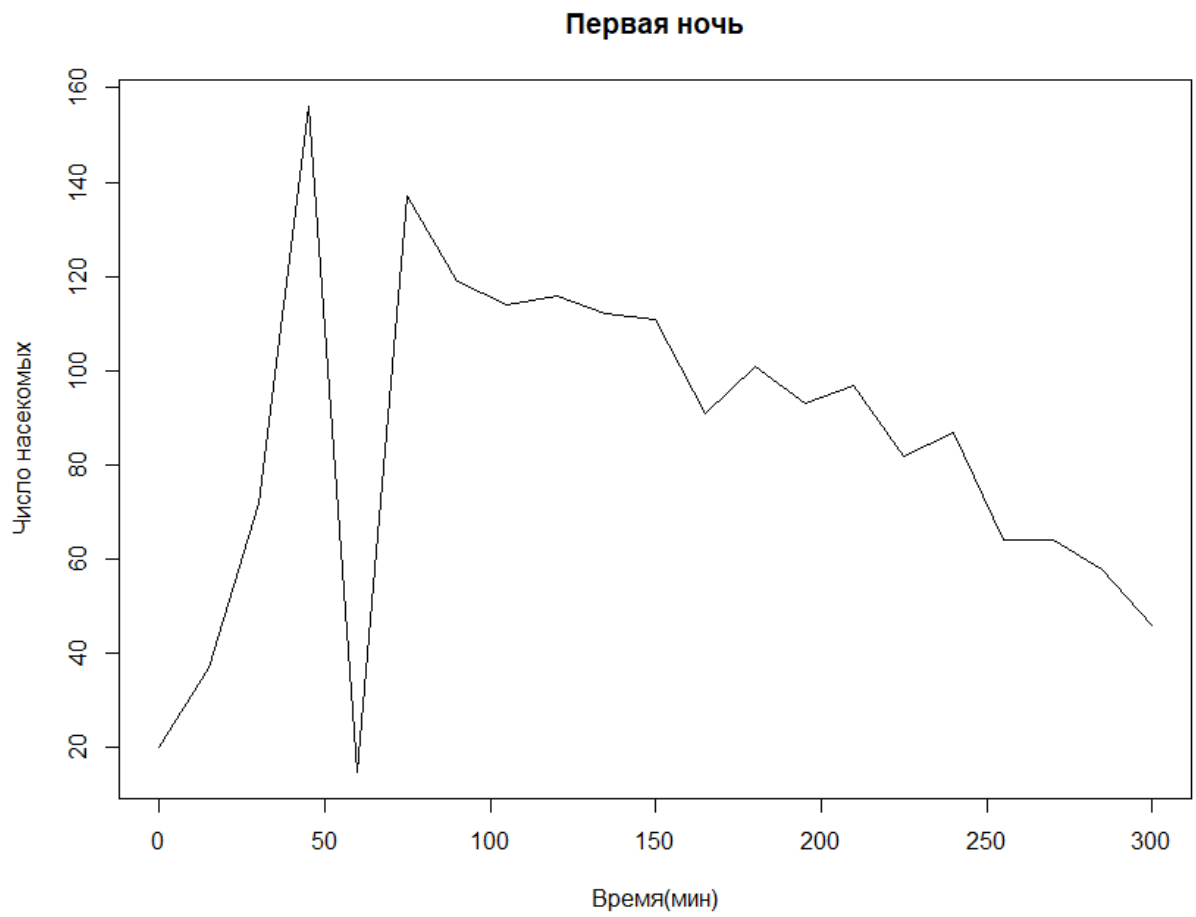


Рис. 11. График зависимости числа насекомых на экране в первую ночь от времени, прошедшего с начала эксперимента.

### Вторая ночь

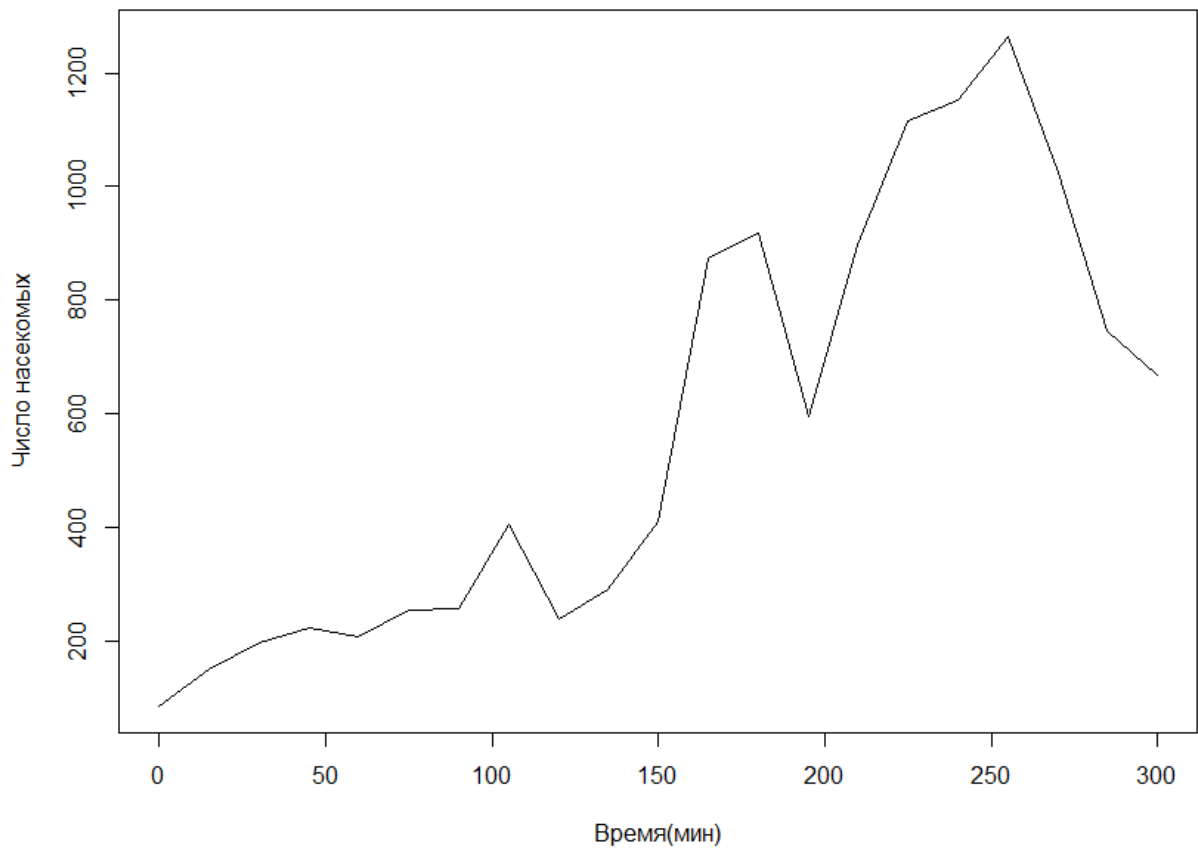


Рис. 12. График зависимости числа насекомых на экране во вторую ночь от времени, прошедшего с начала эксперимента.

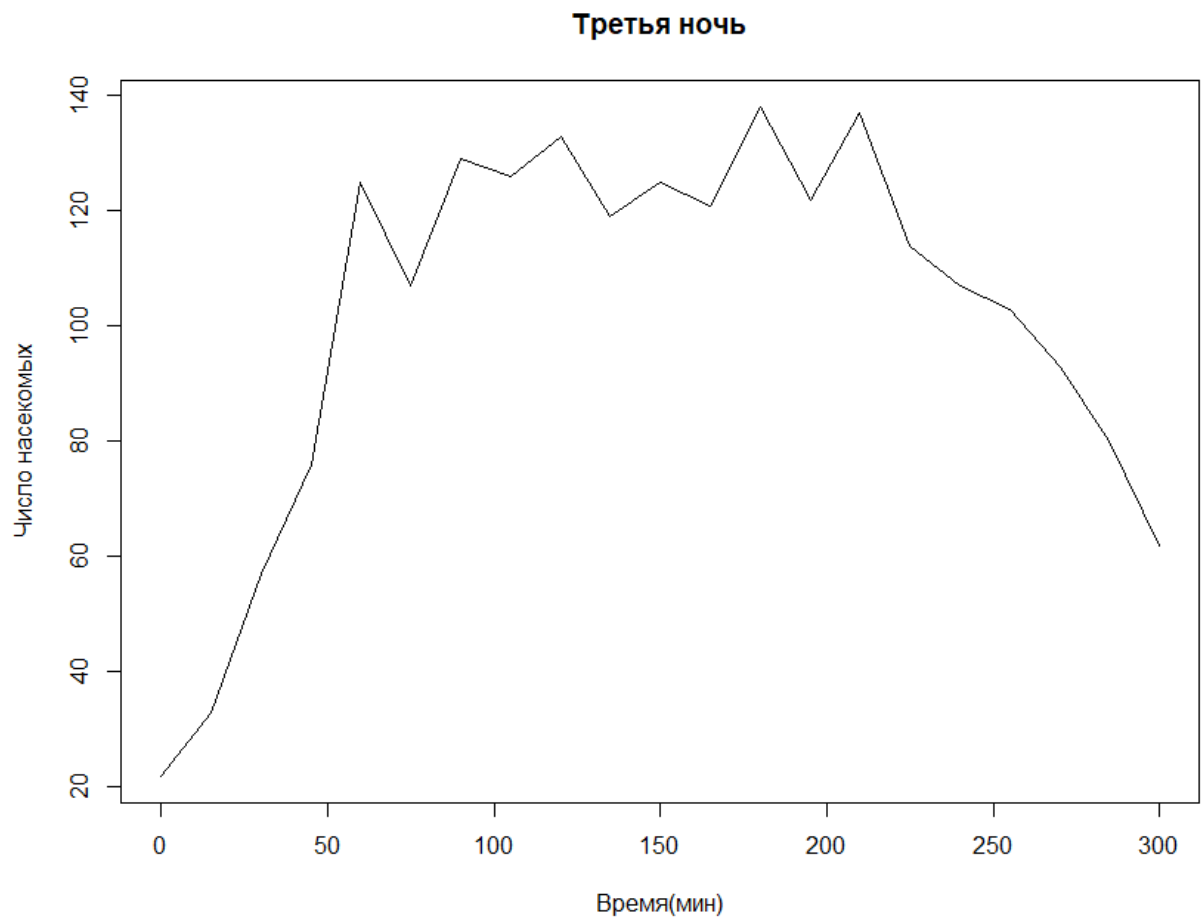


Рис. 13. График зависимости числа насекомых на экране в третью ночь от времени, прошедшего с начала эксперимента.

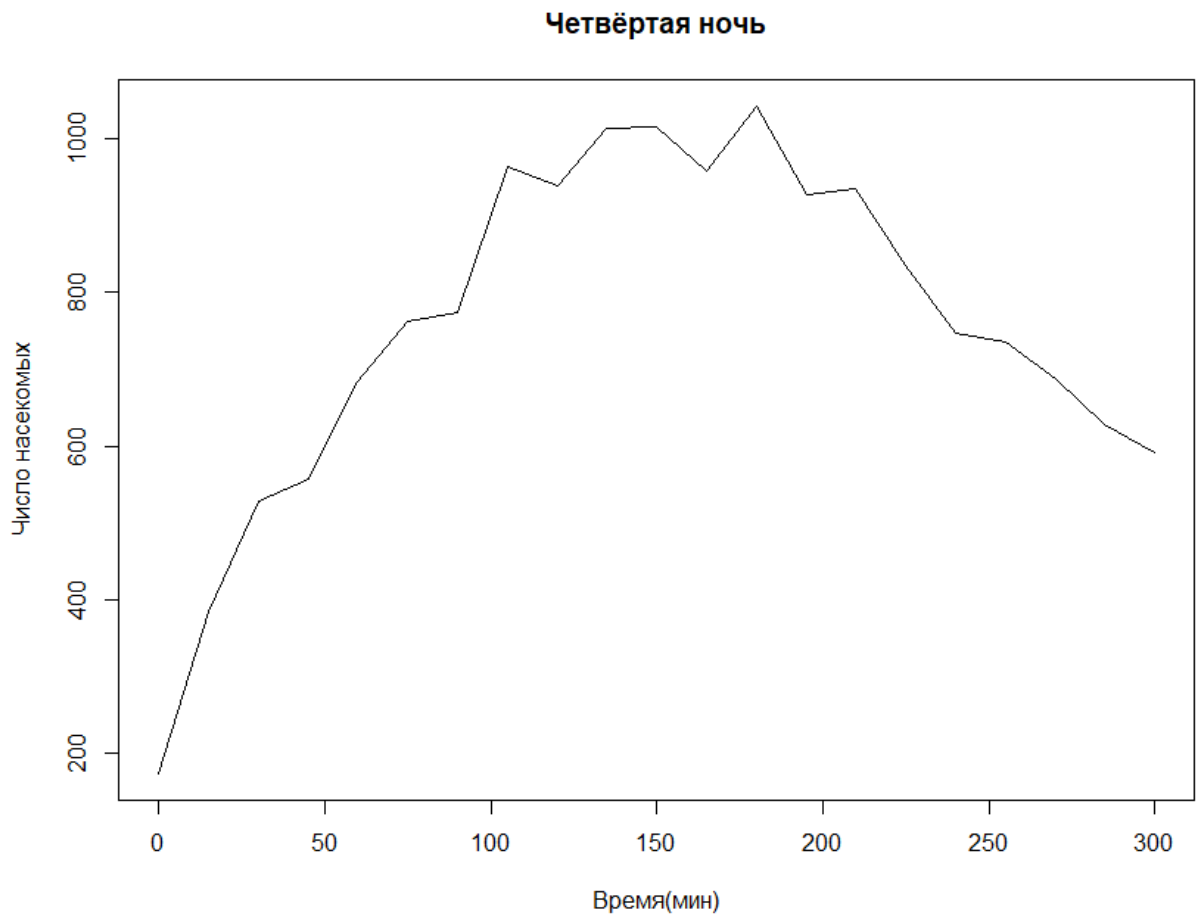


Рис. 14. График зависимости числа насекомых на экране в четвёртую ночь от времени, прошедшего с начала эксперимента.

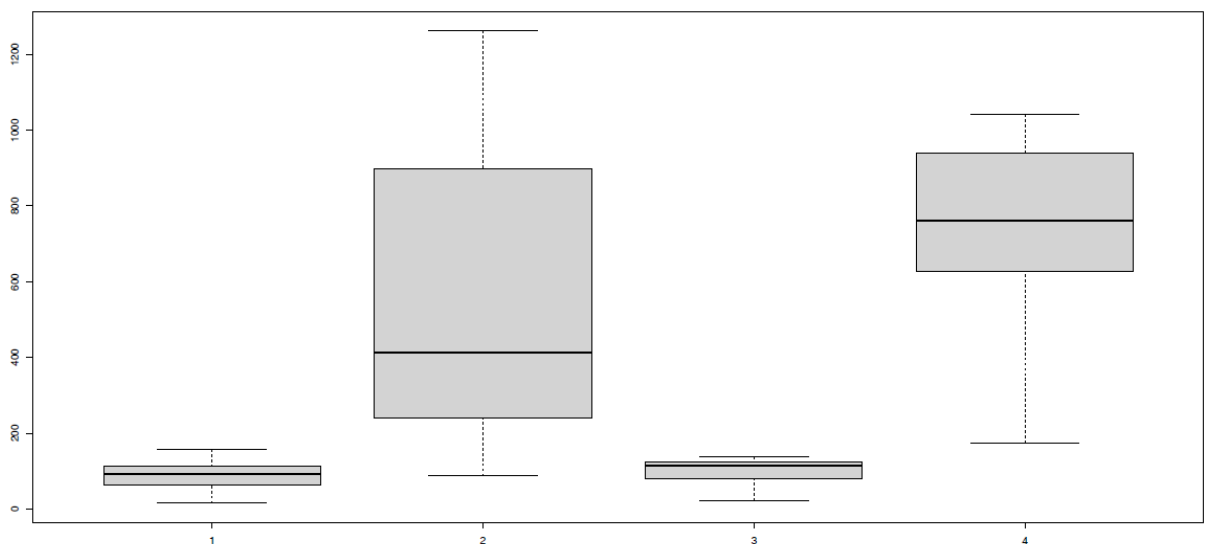


Рис. 15. Сравнение числа насекомых на экране с первой по четвёртую ночь (с 29 июня по 3 июля). Темная черта на «ящике» означает медиану, сам «ящик» (серый прямоугольник) — межквартильный размах, верхний и нижний его края — верхний и нижний квартили, горизонтальные линии, лежащие перпендикулярно пунктирным полосам сверху и снизу от квартилей — максимум и минимум соответственно.

На рисунке 15 видно, что в первую и четвёртую ночь число насекомых было примерно одинаковым, во вторую и третью оно было гораздо больше. В первую ночь максимальное число насекомых – 156, во вторую – 1263, в третью – 138, в четвёртую – 1042. Больше всего насекомых было в квадрате во вторую ночь (с 30.06 по 01.07) в 02:45 (1263 экз.).

На рисунке 16 видно, что число насекомых гораздо больше при температуре от 14 градусов. Выявлена положительная связь между числом насекомых и температурой вблизи лампы (рис. 16) (тест Спирмена  $p = 9,03 \cdot 10^{-14}$ ,  $r = 0,7$ ). Большой разницы в данных полученных вблизи и вдали от лампы нет. Выявлена положительная связь между числом насекомых и температурой вдали от лампы (рис. 17) (тест Спирмена  $p = 2,35 \cdot 10^{-15}$ ,  $r = 0,73$ ). Связь между числом насекомых и влажностью вблизи от лампы (рис. 18) не выявлена (тест Спирмена  $p = 0,57$ ,  $r = -0,06$ ). Выявлена отрицательная связь между числом насекомых и влажностью вдали от лампы (рис. 19) (тест Спирмена  $p = 1,85 \cdot 10^{-6}$ ,  $r = -0,49$ ). Выявлена отрицательная связь между числом насекомых и атмосферным давлением (рис. 20) (тест Спирмена  $p = 3,42 \cdot 10^{-13}$ ,  $r = -0,69$ ). Связь между числом насекомых и облачностью (рис. 21) не выявлена (тест Спирмена  $p = 0,2$ ,  $r = 0,14$ ). Выявлена положительная связь между числом насекомых и ветром (рис. 22) (тест Спирмена  $p = 2,93 \cdot 10^{-5}$ ,  $r = 0,44$ ).

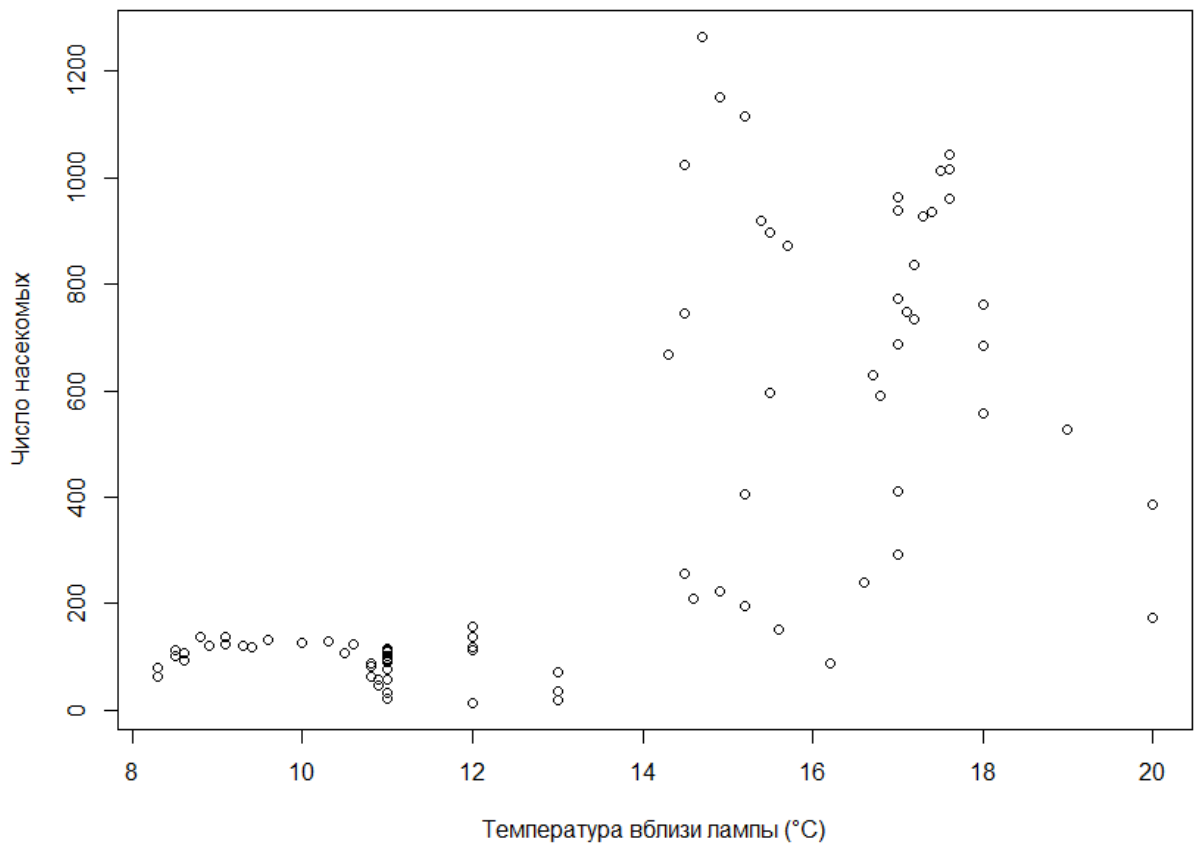


Рис. 16. Диаграмма рассеяния, показывающая соотношение количества насекомых на экране и температуры вблизи лампы. Данные о температуре были взяты с нашей метеостанции.

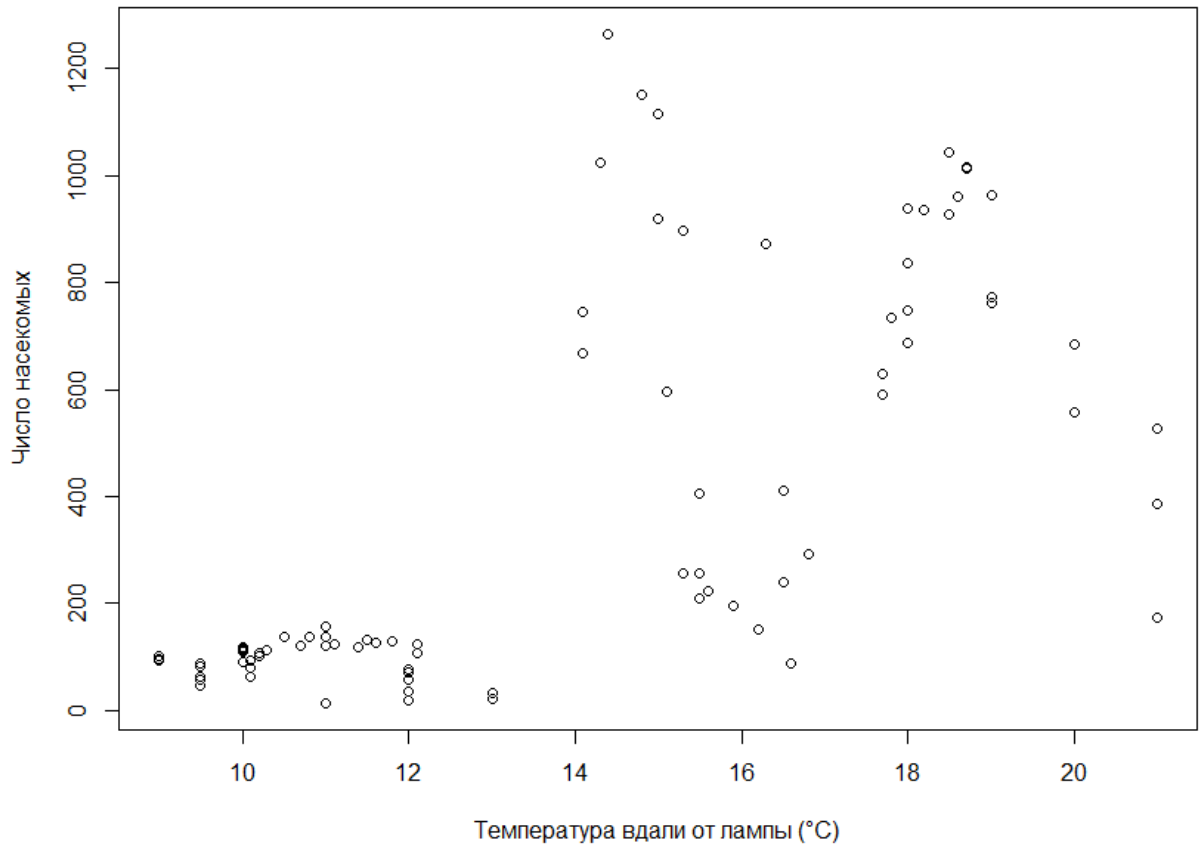


Рис. 17. Соотношение числа насекомых на экране и температуры вдали от лампы.

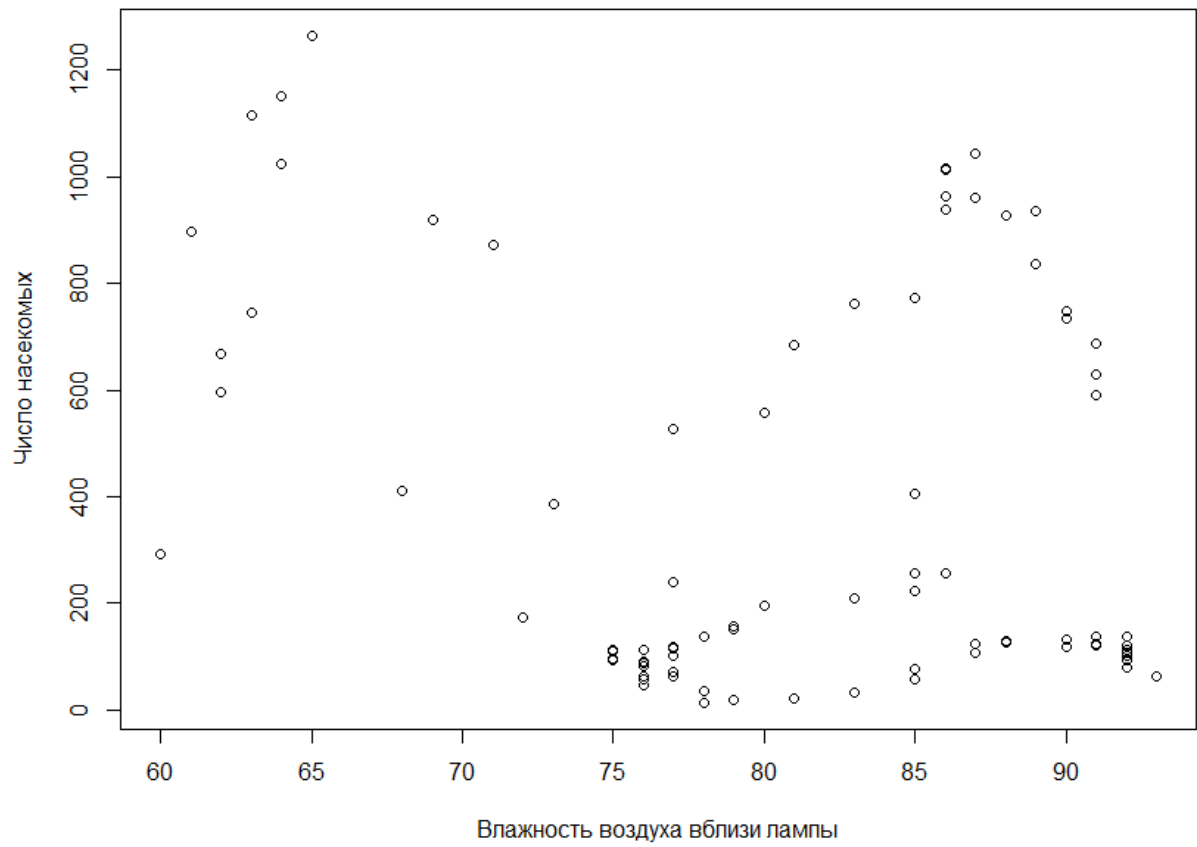


Рис. 18. Соотношение числа насекомых на экране и влажности воздуха вблизи лампы.

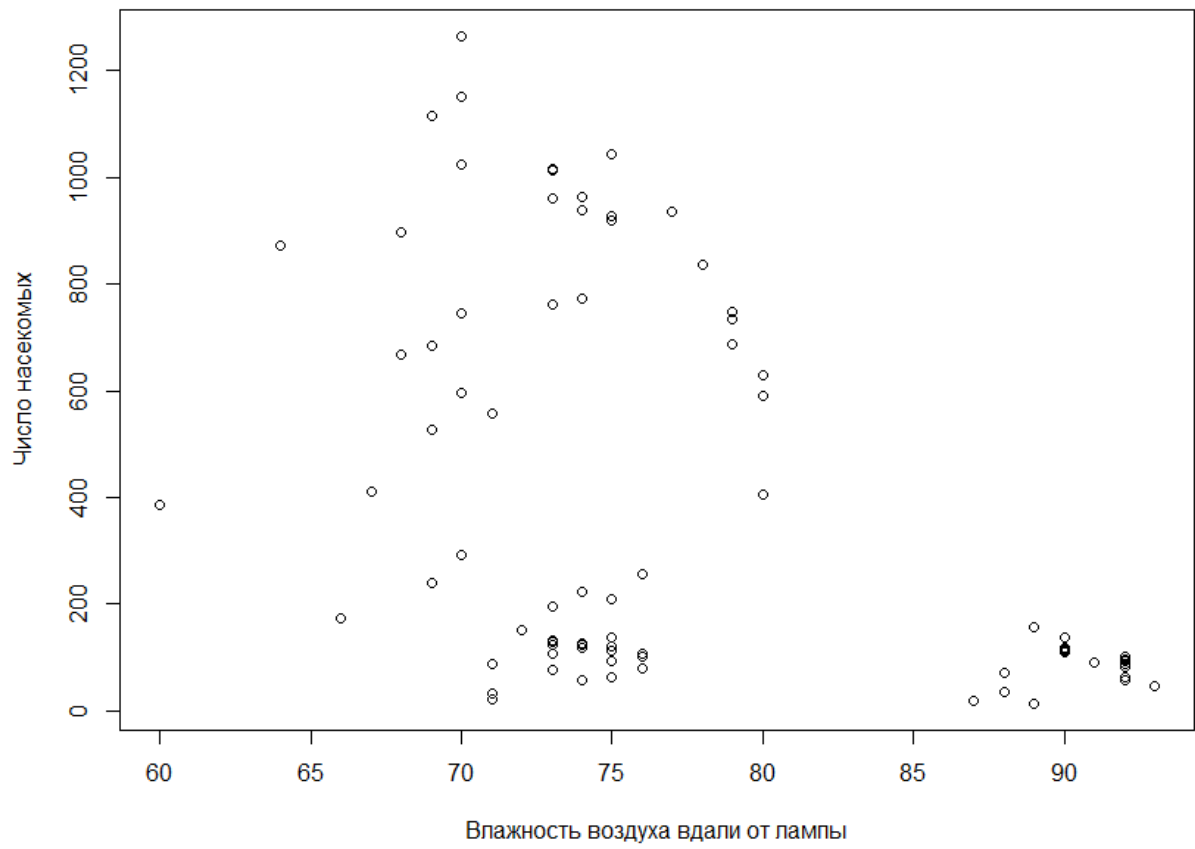


Рис. 19. Соотношение числа насекомых на экране и влажности воздуха вдали от лампы.

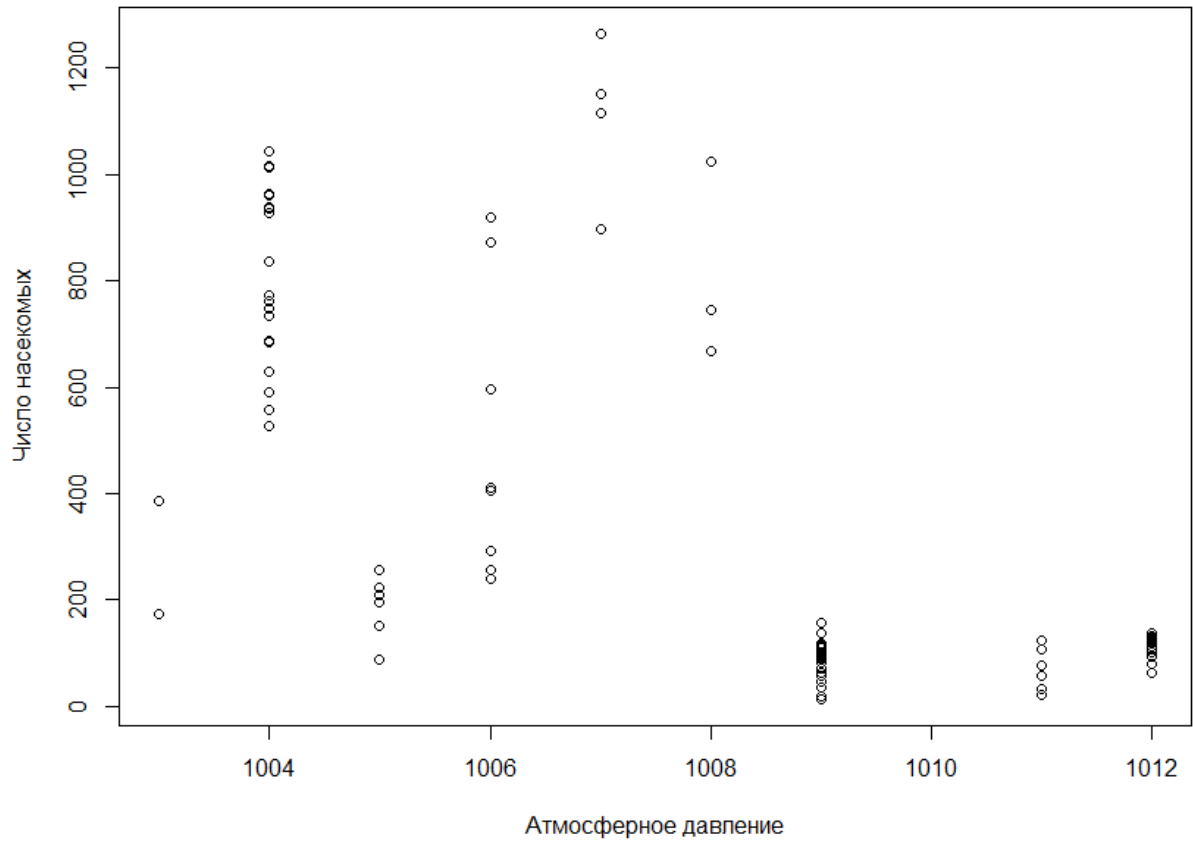


Рис. 20. Соотношение числа насекомых на экране и атмосферного давления.

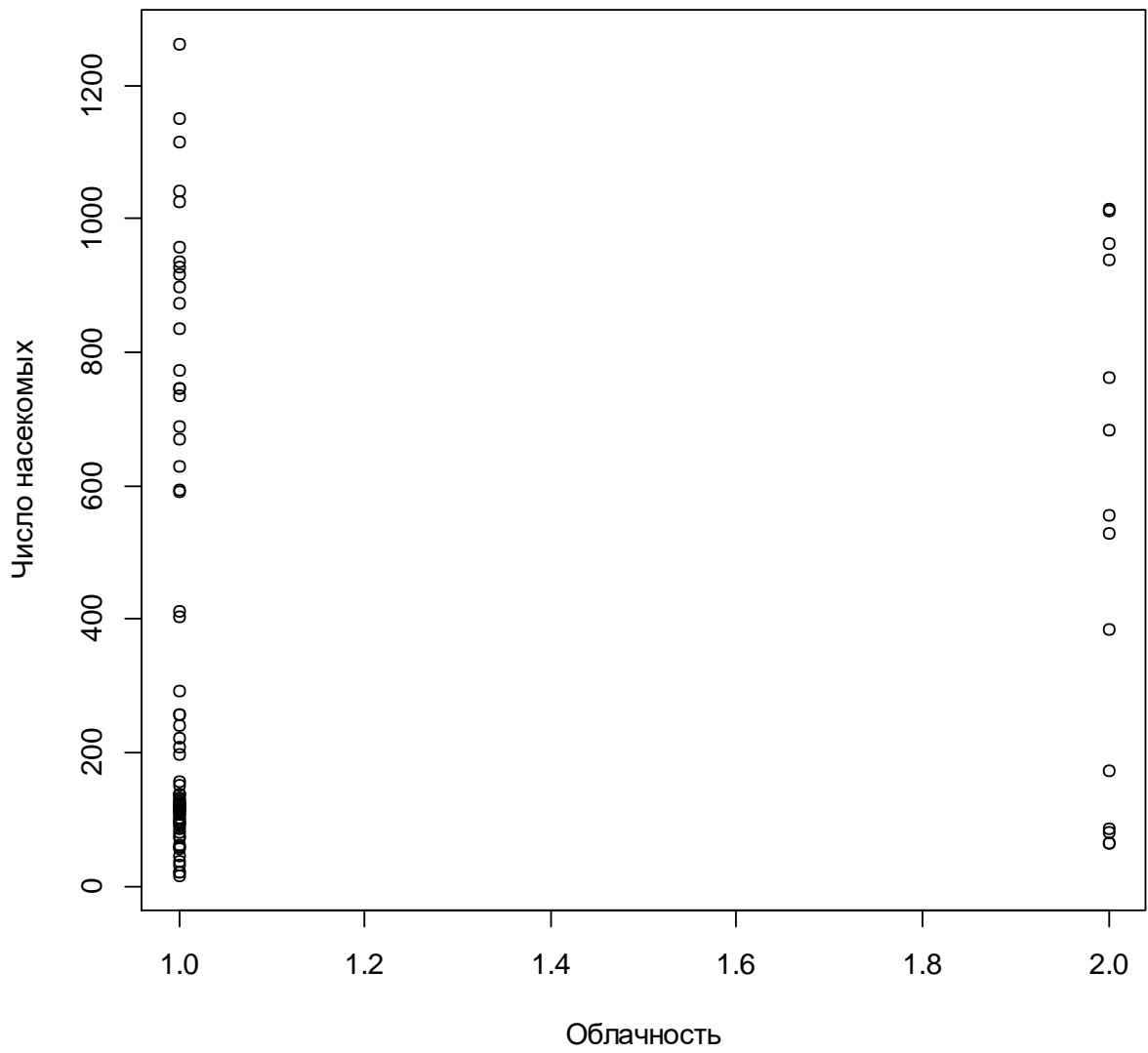


Рис. 21. Соотношение числа насекомых и облачности

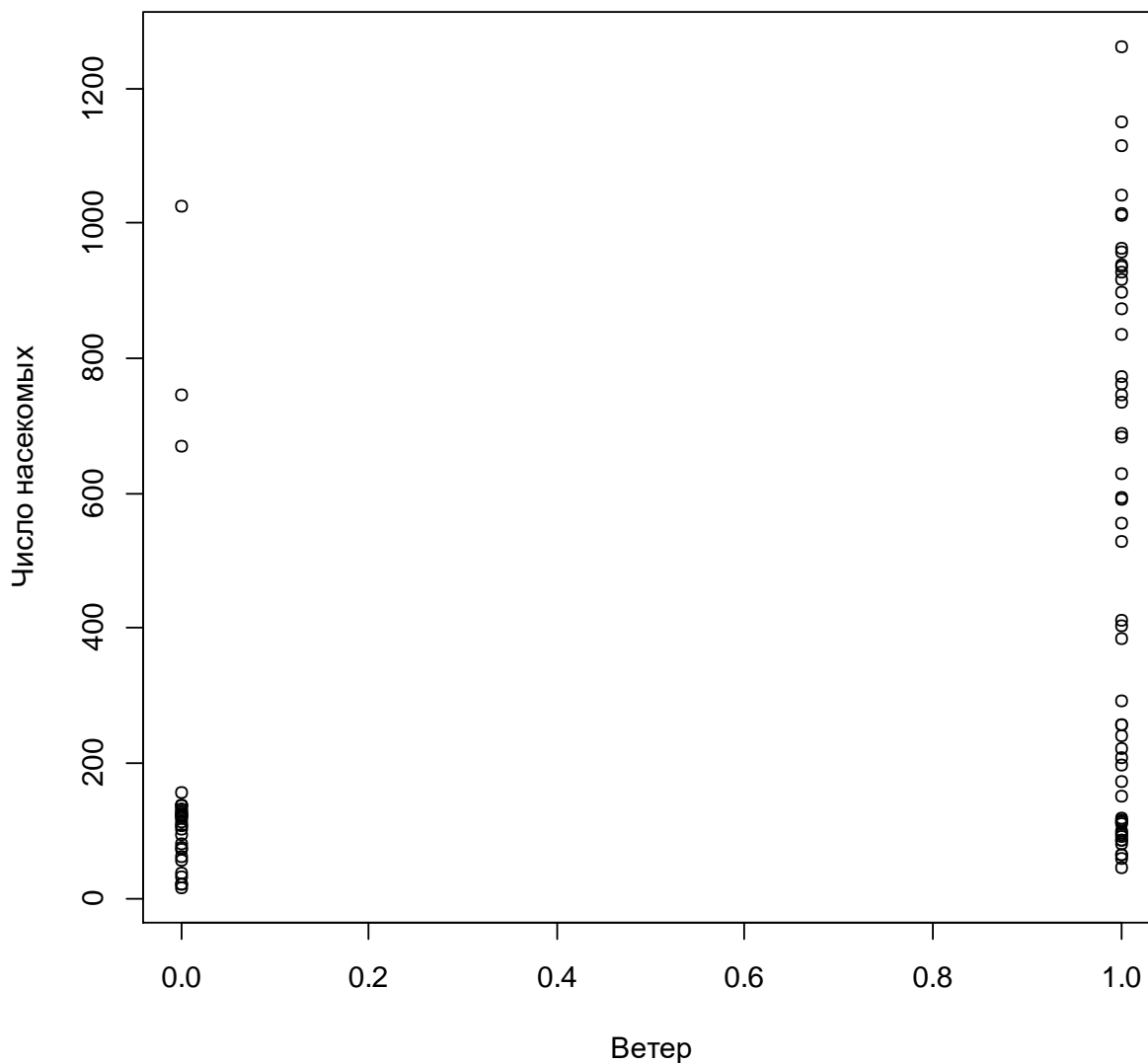


Рис. 22. Соотношение прилетевших насекомых и ветра. 0 – ветра не было, 1 – ветер был.

## Обсуждение

**Время суток.** После обработки данных, собранных в течение нашего эксперимента на стационаре «Сунога», не было выявлено точное время пика численности прилетающих на свет насекомых, но была замечена некоторая динамика — число насекомых возрастает к середине ночи и убывает к ее концу. В первую ночь максимальное количество фотоксенов было отмечено в 23:15, во вторую — в 02:45, в третью и четвертую — в 01:30. Зависимость числа прилетевших насекомых от времени была выявлена с помощью теста Спирмена только во вторую ночь, но в первую, третью и четвертую ночь зависимости выявить не удалось.

**Погодные условия.** Было замечено, что облачность не влияет на динамику, зато температура заметно повлияла на время пика численности насекомых и на их число. В течение наблюдений эти условия менялись, и на итог это повлияло — каждый день мы наблюдали разное число насекомых, а также отмечали максимальное число прилетевших фотоксенов в разное время (кроме третьих и четвёртых суток). В первые сутки температура варьировалась между  $9,5^{\circ}\text{C}$  и  $12^{\circ}\text{C}$ , насекомых было достаточно мало (максимальное число см в результатах), во вторые сутки — между  $14,1^{\circ}\text{C}$  и  $17^{\circ}\text{C}$ , насекомых было больше всего, в третью ночь температура варьировалась между  $8,3^{\circ}\text{C}$  и  $14,3^{\circ}\text{C}$ , насекомых было больше, чем в первые сутки, но меньше, чем во вторые и четвертые, в четвёртую ночь температура варьировалась между  $16,7^{\circ}\text{C}$  и  $21^{\circ}\text{C}$ , насекомых было чуть меньше, чем во вторую ночь, но заметно больше, чем в первую и третью. На основе полученных данных можно выдвинуть такую гипотезу: чем выше температура, тем больше количество насекомых. Так же при повышении температуры до  $14^{\circ}\text{C}$  и выше наблюдалось резкое увеличение числа насекомых. Из этого можно сделать вывод, что наиболее благоприятная для насекомых температура от  $14^{\circ}\text{C}$ . С помощью теста Спирмена нам удалось установить положительную связь между числом насекомых, прилетевших на свет (вдали от лампы и вблизи нее) и температурой.

Нам удалось выявить связь между числом насекомых и ветром, однако метеостанция, с которой мы взяли данные о ветре, находилась довольно далеко от места проведения исследования (34 км), и мы не можем с уверенностью утверждать, что данные показательны.

Также было замечено, что во вторые и четвертые сутки атмосферное давление было ниже, чем в первые и третьи, с помощью теста Спирмена мы выявили отрицательную связь между числом насекомых и давлением.

Связи между влажностью и числом прилетевших на свет насекомых не было замечено, но был проведён тест Спирмена, показавший, что зависимости между числом прилетевших особей и влажностью вблизи лампы нет, зато есть отрицательная связь между числом насекомых и влажностью вдали от лампы. Получить такие результаты для нас было неожиданностью. Вероятно, это произошло из-за того, что лампа меняла влажность вокруг места проведения эксперимента, а на число насекомых влияет естественная влажность на тех территориях, откуда они прилетели.

В работе Тарасовой, и др. (2021), наблюдения для которой проводились на стационаре «Сунога» в те же даты, была замечена отрицательная связь между

температурой и числом насекомых. В некоторых работах связь обнаружена не была, например, у Андреевой и др., 2011 (пик численности — 02:30), у Дралкиной и др., 2015 (период времени с 02:00 до 03:00) и у Александра и др., 2016 (период времени с 01:00 до 02:00). В работе Ивановой и др. (2013) итоги примерно те же, что и в нашей: конкретное время пика лёта не выявляли, но заметили характерную динамику — число насекомых увеличивается к середине ночи и снижается к концу.

**Разница в показаниях метеостанции и датчика:** Температура вблизи и вдали от лампы отличается в среднем на 1 - 2 градуса (см. приложение, табл. 2). Видимо сама лампа несильно влияет на температуру. Показания о влажности отличаются гораздо сильнее. В основном влажность вдали от лампы была ниже, чем влажность вблизи, хотя в первый день исследований наблюдался противоположный результат.

**Состав и обилие насекомых, прилетающих на свет.** По данным о таксономическом составе фотоксенов за все время проведения наших наблюдений, представленным выше в таблице 1, можно сделать выводы о динамике лета некоторых отрядов насекомых. Например, мы не зафиксировали ни одного представителя отряда *Blattodea* за все время наблюдения. Интересно, что в работе Тарасовой и др. (2021) представителей отряда *Hymenoptera* было примерно по две-три особи за ночь, а в одну из ночей количество особей достигало примерно 30, чего не скажешь о наших исследованиях: в одну ночь прилетало не более двух особей. Также в работе Тарасовой и др. (2021) не было замечено особей отряда *Ephemeroptera*, мы же их встречали. С отрядом *Coleoptera* получилось так же: в выше обозначенной работе встречалось максимум 3 экземпляра, а у нас наблюдалось намного больше жесткокрылых. Представители отряда *Hemiptera* не наблюдаются в нашей таблице, но они были найдены в промежутках между единицами измерения времени данной таблицы (один час). Особи, относящиеся к отрядам *Coleoptera* и *Ephemeroptera*, наблюдались только во вторую и четвертую ночи, из чего можно сделать вывод, что они предпочитают температуры выше 14°C.

Насекомые из отряда *Lepidoptera*, семейства *Sphingidae* летели на свет в промежутке между 23:30 и 02:00, с чем это связано мы не выявили. Сравнение общего разнообразия особей этого семейства показало, что наши данные о бражниках из отряда *Lepidoptera* не совсем совпадают с работой Тарасовой и др. (2021) — в их работе наблюдалось пять видов бражников, мы тоже отметили пять, но схожи из них только три. С помощью определителя

насекомых мы установили, что это были следующие виды: *Deilephilla elpenor* (винный средний бражник), *Smerinthus ocellatus* (бражник глазчатый), *Laothoe populi* (тополевый бражник), *Laothoe amurensis* (амурский бражник), *Sphinx pinastri* (сосновый бражник) и *Marumba quercus* (дубовый бражник). Последних двух не наблюдалось в работах Тарасовой и др. (2021), Дралкиной и др. (2014) и Андреевой и др. (2011). С работой Дралкиной и др. (2014) мы обнаружили явные различия — в ней зафиксировано всего два вида бражников, из которых с нашими совпадает лишь один (*Laothoe populi*). После анализа данных последней работы и сравнения их с нашими, было выдвинуто предположение, что это различие связано с температурой — в течение проведения нашего эксперимента температура воздуха не опускалась ниже 8,3°C (причем это можно назвать исключительным случаем, в среднем температура была около 14,5°C), а во время наблюдений Дралкиной и др. (2011) ее максимальное значение не превышало 12 °C. Из этого можно сделать вывод, что активность лёта бражников на свет все-таки имеет какую-то связь с температурой воздуха.

В целом, подобные различия и сходства результатов вполне оправданы, ибо сравнив данные ранее проведенных исследований с нашими данными, можно проследить некоторые различия в погодных условиях, из-за чего количество и состав фотоксенов будут разными.

**Оценка количества насекомых.** В ходе исследования мы производили два вида количественного подсчета фотоксенов — визуальный и точный количественный, с помощью приложения ImageJ на компьютере. Позже были сравнены их результаты (см. приложение, табл. 2), и сделан такой вывод: результаты визуальной оценки нельзя считать достоверными, так как они слишком сильно отличаются от точного количества. В большинстве случаев при визуальной оценке количество насекомых округлялось до сотен или десятков; таким образом, результат этих подсчетов мог сильно отличаться от действительности. Роль в субъективной оценке числа насекомых также мог играть человеческий фактор — насекомые могли быть не замечены. Были моменты, когда по точным подсчетам численность насекомых оценивалась в 700-800 особей, а мы расценивали ее в 1500 (четвертые сутки наблюдений); так же были и обратные ситуации, когда реальное количество насекомых было около 1200-1300, а визуально оно было оценено в 500 особей (вторые сутки наблюдений). Иногда значения этих двух подсчетов совпадали, но скорее всего это было случайностью.

**Световое загрязнение.** По сравнению с 2021 годом, в этот раз недалеко от лаборатории стояли фонари уличного освещения, из-за этого световое загрязнение было гораздо больше, из-за чего в начале исследований было выдвинуто предположение о том, что, возможно, насекомых будет меньше (по причине того, что они могли лететь к фонарю, а не к лампе). После исследований были сравнены максимальные количества насекомых в работе прошлого года и в нашей работе. В 2021 максимум за все время исследований — 873 особи, в нашей работе максимум за все время исследований — 1263 экземпляра. Из этого можно сделать вывод о том, что то световое загрязнение, которое было вызвано этими фонарями, по-видимому, влияет на насекомых достаточно слабо.

**Планы на будущее.** В этом году была поставлена задача исследовать влияние светового загрязнения на количество прилетевших насекомых. В следующем году нужно продолжить изучение, попробовать выявить другие закономерности.

Была поставлена задача выявить связь между направлением ветра и расположением насекомых на какой-либо стороне квадрата. Также можно попробовать найти другой способ измерения направления ветра, благодаря которому можно будет точнее оценить его влияние на число насекомых. Иногда можно было заметить скопление насекомых одного семейства (не Chironomidae). В следующем году нужно наблюдать за появлением таких скоплений и найти связь между температурой, временем и появлением подобных скоплений (если они будут).

В следующем году также можно соорудить несколько установок: одна с дроссельно-ртутной лампой, вторая с энергосберегающей, третья с лампой накаливания, и выяснить, ловушки с каким типом ламп будут работать эффективнее.

## **Выводы**

1. В стационаре Сунога на свет прилетали представители 23 семейств из отрядов Ephemeroptera, Coleoptera, Neuroptera, Lepidoptera, Hymenoptera, Diptera и Trichoptera, Hemiptera. Больше всего прилетало представителей семейства Chironomidae. Пик насекомых – 1263 экземпляра.
2. Выявлены положительные связи между временем и числом насекомых во вторую ночь, числом насекомых и температурой вблизи лампы,

температурой вдали от лампы, ветром и отрицательные связи между числом насекомых и влажностью вдали от лампы и атмосферным давлением.

3. Были пойманы новые виды бражников в сравнении с предыдущей работой: *Marumba quercus*, *Hyloicus pinastri*.

## **Благодарности**

Мы благодарны С. М. Глаголеву, П. А. Волковой, Е. В. Елисеевой и Н. С. Глаголевой за организацию летней биологической практики на стационаре «Сунога» в окрестностях поселка Борок, директору Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН А. В. Крылову за предоставленную возможность использовать территорию стационара в качестве места проведения исследований, Е. Ю. Яковлевой и Ю. А. Ловцовой за проведение курса энтомологии, В. А. Нецветаеву и В. А. Начатому за помощь в дежурствах и П. Н. Петрову за научное руководство.

## Литература

Александров В., Коток А., Петрушкина Е., Прудник Н. [Интернет документ] 2016. Динамика численности насекомых, прилетающих на свет в темное время суток. [URL: <https://bioclass.ru/wp-content/uploads/2022/01/light-1.pdf>]

Андреева А., Иванова А., Кременчугская Т. [Интернет документ] 2011. Динамика численности насекомых, прилетающих на свет в темное время суток. [URL: <https://bioclass.ru/d111/>]

Бабиченко Д.С. и Вольф-Троп А. Д. [Интернет документ] 2016. Изучение динамики лета насекомых на искусственные источники света в Харьюском уезде Эстонии. [URL: <https://bioclass.ru/wp-content/uploads/2022/01/volftrop.pdf>]

Горностаев Г. Н. 1984. Введение в этологию насекомых-фотоксенов. Ленинград: Наука, 168 с.

Данилин И., Устенко И., Заяц Е. [Интернет документ] 2012. Динамика численности насекомых, прилетающих ночью на различные источники света в пос. Полукарпово (Тверская область). [URL: <https://bioclass.ru/d114/>]

Дралкина М., Юркина А., Овчаренко Е. [Интернет документ] 2015. Динамика численности насекомых, прилетающих на свет в темное время суток в Удомельском районе Тверской области. [URL: <https://bioclass.ru/wp-content/uploads/2022/01/light.pdf>]

Иванова О., Иванова Н., Степанов А. [Интернет документ] 2013. Динамика численности насекомых, прилетающих на лампы накаливания в темное время суток. [URL: <https://bioclass.ru/d122/>]

Леб Ж. 1924. Вынужденные движения, тропизмы и поведение животных. Москва: Госиздат, 174 с.

Мазохин-Поршняков Г. А. 1983. Руководство по физиологии органов чувств насекомых. Москва: Издательство МГУ, 261 с.

Тарасова Е., Мошкова Е., Флока Е. [Интернет документ] 2021. Динамика лёта насекомых на свет в темное время суток. [URL: <https://bioclass.ru/wp->

[content/uploads/2022/02/%D0%A2%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B0\\_%D0%9C%D0%BE%D1%88%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0\\_%D0%A4%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%B0\\_2022.pdf](content/uploads/2022/02/%D0%A2%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%9C%D0%BE%D1%88%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%A4%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%B0_2022.pdf)

Чернышев В. Б. 1996. Экология насекомых. Москва: Издательство МГУ, 304 с.

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/>.]

McDonnell M. J., Hahs A. H., Breuste J. H. 2009. Ecology of Cities and Towns. Cambridge University Press, p. 243-263

# Приложение

Табл. 2. Данные о погодных условиях, полученные с нашей метеостанции, и времени. Облачность определяли на глаз по пятибально. Данные о ветре, взяли с ближай

| DATE     | TIME  | TEMP1 | TEMP2 | HUM1 | HUM2 | PRESS | WIND1 | WIND2 | CLOUD | NUM1 | NUM2 |
|----------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 29.06.22 | 22:30 | 13    | 12    | 79   | 87   | 1009  | 0     | -     | 1     | 10   | 20   |
|          | 22:45 | 13    | 12    | 78   | 88   | 1009  | 0     | -     | 1     | 17   | 37   |
|          | 23:00 | 13    | 12    | 77   | 88   | 1009  | 0     | -     | 1     | 50   | 72   |
|          | 23:15 | 12    | 11    | 79   | 89   | 1009  | 0     | -     | 1     | 50   | 156  |
|          | 23:30 | 12    | 11    | 78   | 89   | 1009  | 0     | -     | 1     | 60   | 15   |
|          | 23:45 | 12    | 11    | 78   | 90   | 1009  | 0     | -     | 1     | 60   | 137  |
| 30.06.22 | 0:00  | 12    | 10    | 77   | 90   | 1009  | 1     | C3    | 1     | 60   | 119  |
|          | 0:15  | 12    | 10    | 76   | 90   | 1009  | 1     | C3    | 1     | 50   | 114  |
|          | 0:30  | 11    | 10    | 77   | 90   | 1009  | 1     | C3    | 1     | 40   | 116  |
|          | 0:45  | 11    | 10    | 75   | 90   | 1009  | 1     | C3    | 1     | 40   | 112  |
|          | 1:00  | 11    | 10    | 75   | 90   | 1009  | 1     | C3    | 1     | 30   | 111  |
|          | 1:15  | 11    | 10    | 76   | 91   | 1009  | 1     | C3    | 1     | 60   | 91   |
|          | 1:30  | 11    | 9     | 77   | 92   | 1009  | 1     | C3    | 1     | 60   | 101  |
|          | 1:45  | 11    | 9     | 75   | 92   | 1009  | 1     | C3    | 1     | 60   | 93   |
|          | 2:00  | 11    | 9     | 75   | 92   | 1009  | 1     | C3    | 1     | 60   | 97   |
|          | 2:15  | 10,8  | 9,5   | 76   | 92   | 1009  | 1     | C3    | 2     | 70   | 82   |
|          | 2:30  | 10,8  | 9,5   | 76   | 92   | 1009  | 1     | C3    | 2     | 60   | 87   |
|          | 2:45  | 10,8  | 9,5   | 77   | 92   | 1009  | 1     | C3    | 2     | 40   | 64   |
|          | 3:00  | 10,8  | 9,5   | 76   | 92   | 1009  | 1     | C-C3  | 2     | 40   | 64   |
|          | 3:15  | 10,9  | 9,5   | 76   | 92   | 1009  | 1     | C-C3  | 1     | 20   | 58   |
|          | 3:30  | 10,9  | 9,5   | 76   | 93   | 1009  | 1     | C-C3  | 1     | 20   | 46   |
|          | 22:30 | 16,2  | 16,6  | 76   | 71   | 1005  | 1     | C     | 1     | 50   | 87   |
|          | 22:45 | 15,6  | 16,2  | 79   | 72   | 1005  | 1     | C     | 1     | 100  | 151  |
|          | 23:00 | 15,2  | 15,9  | 80   | 73   | 1005  | 1     | C     | 1     | 120  | 197  |
|          | 23:15 | 14,9  | 15,6  | 85   | 74   | 1005  | 1     | C     | 1     | 150  | 223  |
|          | 23:30 | 14,6  | 15,5  | 83   | 75   | 1005  | 1     | C     | 1     | 130  | 209  |
|          | 23:45 | 14,5  | 15,5  | 85   | 76   | 1005  | 1     | C     | 1     | 200  | 256  |
| 01.07.22 | 0:00  | 14,5  | 15,3  | 86   | 76   | 1006  | 1     | C     | 1     | 150  | 257  |
|          | 0:15  | 15,2  | 15,5  | 85   | 80   | 1006  | 1     | C     | 1     | 200  | 405  |
|          | 0:30  | 16,6  | 16,5  | 77   | 69   | 1006  | 1     | C     | 1     | 230  | 240  |
|          | 0:45  | 17    | 16,8  | 60   | 70   | 1006  | 1     | C     | 1     | 100  | 292  |
|          | 1:00  | 17    | 16,5  | 68   | 67   | 1006  | 1     | C     | 1     | 200  | 412  |
|          | 1:15  | 15,7  | 16,3  | 71   | 64   | 1006  | 1     | C     | 1     | 300  | 873  |
|          | 1:30  | 15,4  | 15    | 69   | 75   | 1006  | 1     | C     | 1     | 500  | 918  |
|          | 1:45  | 15,5  | 15,1  | 62   | 70   | 1006  | 1     | C     | 1     | 450  | 595  |
|          | 2:00  | 15,5  | 15,3  | 61   | 68   | 1007  | 1     | C     | 1     | 500  | 897  |
|          | 2:15  | 15,2  | 15    | 63   | 69   | 1007  | 1     | C     | 1     | 600  | 1115 |
|          | 2:30  | 14,9  | 14,8  | 64   | 70   | 1007  | 1     | C     | 1     | 600  | 1151 |
|          | 2:45  | 14,7  | 14,4  | 65   | 70   | 1007  | 1     | C     | 1     | 600  | 1263 |
|          | 3:00  | 14,5  | 14,3  | 64   | 70   | 1008  | 0     | -     | 1     | 600  | 1025 |
|          | 3:15  | 14,5  | 14,1  | 63   | 70   | 1008  | 0     | -     | 1     | 600  | 745  |
|          | 3:30  | 14,3  | 14,1  | 62   | 68   | 1008  | 0     | -     | 1     | 500  | 669  |
|          | 22:30 | 11    | 13    | 81   | 71   | 1011  | 0     | -     | 1     | 10   | 22   |
|          | 22:45 | 11    | 13    | 83   | 71   | 1011  | 0     | -     | 1     | 30   | 33   |

|          |       |      |      |    |    |      |   |      |   |      |      |
|----------|-------|------|------|----|----|------|---|------|---|------|------|
|          | 23:00 | 11   | 12   | 85 | 74 | 1011 | 0 | -    | 1 | 40   | 57   |
|          | 23:15 | 11   | 12   | 85 | 73 | 1011 | 0 | -    | 1 | 60   | 76   |
|          | 23:30 | 10,6 | 12,1 | 87 | 73 | 1011 | 0 | -    | 1 | 100  | 125  |
|          | 23:45 | 10,5 | 12,1 | 87 | 73 | 1011 | 0 | -    | 1 | 70   | 107  |
| 02.07.22 | 0:00  | 10,3 | 11,8 | 88 | 73 | 1012 | 0 | -    | 1 | 70   | 129  |
|          | 0:15  | 10   | 11,6 | 88 | 74 | 1012 | 0 | -    | 1 | 80   | 126  |
|          | 0:30  | 9,6  | 11,5 | 90 | 73 | 1012 | 0 | -    | 1 | 200  | 133  |
|          | 0:45  | 9,4  | 11,4 | 90 | 74 | 1012 | 0 | -    | 1 | 150  | 119  |
|          | 1:00  | 9,1  | 11,1 | 91 | 74 | 1012 | 0 | -    | 1 | 100  | 125  |
|          | 1:15  | 9,3  | 11   | 91 | 75 | 1012 | 0 | -    | 1 | 150  | 121  |
|          | 1:30  | 9,1  | 10,8 | 91 | 75 | 1012 | 0 | -    | 1 | 130  | 138  |
|          | 1:45  | 8,9  | 10,7 | 92 | 75 | 1012 | 0 | -    | 1 | 100  | 122  |
|          | 2:00  | 8,8  | 10,5 | 92 | 75 | 1012 | 0 | -    | 1 | 80   | 137  |
|          | 2:15  | 8,5  | 10,3 | 92 | 75 | 1012 | 0 | -    | 1 | 100  | 114  |
|          | 2:30  | 8,6  | 10,2 | 92 | 76 | 1012 | 0 | -    | 1 | 60   | 107  |
|          | 2:45  | 8,5  | 10,2 | 92 | 76 | 1012 | 0 | -    | 1 | 70   | 103  |
|          | 3:00  | 8,6  | 10,1 | 92 | 75 | 1012 | 0 | -    | 1 | 70   | 93   |
|          | 3:15  | 8,3  | 10,1 | 92 | 76 | 1012 | 0 | -    | 1 | 70   | 80   |
|          | 3:30  | 8,3  | 10,1 | 93 | 75 | 1012 | 0 | -    | 1 | 50   | 62   |
|          | 22:30 | 20   | 21   | 72 | 66 | 1003 | 1 | IO3  | 2 | 100  | 174  |
|          | 22:45 | 20   | 21   | 73 | 60 | 1003 | 1 | IO3  | 2 | 300  | 385  |
|          | 23:00 | 19   | 21   | 77 | 69 | 1004 | 1 | IO3  | 2 | 300  | 528  |
|          | 23:15 | 18   | 20   | 80 | 71 | 1004 | 1 | IO3  | 2 | 400  | 557  |
|          | 23:30 | 18   | 20   | 81 | 69 | 1004 | 1 | IO3  | 2 | 300  | 684  |
|          | 23:45 | 18   | 19   | 83 | 73 | 1004 | 1 | IO3  | 2 | 600  | 762  |
| 03.07.22 | 0:00  | 17   | 19   | 85 | 74 | 1004 | 1 | C-C3 | 1 | 650  | 773  |
|          | 0:15  | 17   | 19   | 86 | 74 | 1004 | 1 | C-C3 | 2 | 1000 | 963  |
|          | 0:30  | 17   | 18   | 86 | 74 | 1004 | 1 | C-C3 | 2 | 1000 | 939  |
|          | 0:45  | 17,5 | 18,7 | 86 | 73 | 1004 | 1 | C-C3 | 2 | 1200 | 1013 |
|          | 1:00  | 17,6 | 18,7 | 86 | 73 | 1004 | 1 | C-C3 | 2 | 1200 | 1015 |
|          | 1:15  | 17,6 | 18,6 | 87 | 73 | 1004 | 1 | C-C3 | 1 | 1500 | 959  |
|          | 1:30  | 17,6 | 18,5 | 87 | 75 | 1004 | 1 | C-C3 | 1 | 1200 | 1042 |
|          | 1:45  | 17,3 | 18,5 | 88 | 75 | 1004 | 1 | C-C3 | 1 | 1500 | 927  |
|          | 2:00  | 17,4 | 18,2 | 89 | 77 | 1004 | 1 | C-C3 | 1 | 1200 | 935  |
|          | 2:15  | 17,2 | 18   | 89 | 78 | 1004 | 1 | C-C3 | 1 | 1200 | 835  |
|          | 2:30  | 17,1 | 18   | 90 | 79 | 1004 | 1 | C-C3 | 1 | 1500 | 747  |
|          | 2:45  | 17,2 | 17,8 | 90 | 79 | 1004 | 1 | C-C3 | 1 | 1000 | 735  |
|          | 3:00  | 17   | 18   | 91 | 79 | 1004 | 1 | C-C3 | 1 | 900  | 688  |
|          | 3:15  | 16,7 | 17,7 | 91 | 80 | 1004 | 1 | C-C3 | 1 | 800  | 628  |
|          | 3:30  | 16,8 | 17,7 | 91 | 80 | 1004 | 1 | C-C3 | 1 | 800  | 591  |