

**Московская гимназия на Юго-Западе № 1543**

**Динамика численности насекомых,  
прилетающих на свет в темное время суток**

Отчет о научно-исследовательской работе

Выполнили учащиеся 9 «Б» класса:

В. Александров  
А. Коток  
Е. Петрушкина  
Н. Прудник

Научные руководители:  
П. Н. Петров  
П. А. Волкова

Москва  
2016

## Введение

Уже несколько столетий лет насекомых на искусственный свет является предметом исследований энтомологов. Это явление не только интересно с точки зрения энтомологии, но и имеет большое практическое значение, например, для сельского хозяйства и охраны природы. Световые ловушки все чаще используются в сельском хозяйстве для учета и истребления насекомых-вредителей, в то время как населенные пункты, освещенные большим количеством ртутно-люминисцентных фонарей, сами представляют собой гигантские светоловушки, в которых гибнет огромное количество насекомых (Горностаев, 1984).

Состояние, когда насекомое летит на свет, называется фототаксис, а само насекомое — фотоксеном. Человечество знало о феномене фототаксиса еще в глубокой древности, о чем свидетельствуют многочисленные письменные источники. Однако в качестве серьезного научного метода лет на свет начали применять только с появлением светоловушек, а именно с 1891 года. Тем не менее, единой общепризнанной теории по поводу того, почему насекомые летят на свет, до сих пор нет.

Некоторые авторы (Горностаев, 1984 Чернышев, 1996) объясняют это феномен тем, что насекомые во время полета ориентируются по лучам вечерней зари, параллельным земле, и летят под некоторым углом к ним. Лучи же ртутной лампы, содержащие, как и солнечные лучи, достаточно большое количество ультрафиолета, выходят из одной точки и идут расходящимся пучком таким образом, что насекомое, выдерживающее относительно этих лучей тот же угол, движется по спирали и неизменно прилетает к источнику освещения. Когда это происходит, у насекомого включается реакция паники, которая подразумевает стремление к свету (не обязательно ультрафиолетовому), так что оно не может отлететь от лампы и оказывается в ловушке. (Горностаев, 1984). Также в 1960г. Г. А. Мазохин-Поршняков (упоминается в Экологии насекомых) предположил, что насекомые летят на свет потому, что он является универсальным и наиболее надежным индикатором открытого пространства. Это может объяснить особую привлекательность ультра-фиолетового излучения, так как оно почти не отражается наземными предметами. Следовательно, попадая ночью в луч света, насекомое может воспринимать окружающую его темноту как замкнутое пространство и, стремясь вырваться, лететь к свету.

На биостанции Московской гимназии на Юго-Западе «Озеро Молдино» исследования проводятся с 2009 года, и в этом году мы продолжали работу предшественников, изучая зависимость активности лета насекомых на свет от температуры, атмосферного давления, освещенности и облачности. Все эти факторы действуют в сложном сочетании, и разные группы фотоксенов по-разному к ним чувствительны (Горностаев, 1984). Чернышев же считает, что число пойманных за ночь насекомых может зависеть как от температуры, так и от влажности воздуха и, чем дальше фактор от оптимума, тем резче влияние (Чернышев, 1996). По мнению Джонсона (Johnson, 1969) помимо погодных факторов, стоит учитывать множество других аспектов лета на свет, например, различия между немиграционными и миграционными полетами, и в этом случае стоит также рассмотреть возможность миграции, за счет вторжения в среду обитания.

Кроме того, мы отмечали прилетавшие на свет виды отряда Lepidoptera и отслеживали динамику лета на свет водных клопов (Heteroptera) и жуков (Coleoptera).

## Цель

Наша цель – пронаблюдать за числом фотоксенов, прилетающих на свет при разных условиях, выявить закономерности их поведения, и проанализировать все данные, полученные за многие годы в той же точке.

## Задачи

- 1) Определить число фотоксенов, прилетающих на свет в разное время суток.
- 2) Определить виды ночных бабочек, прилетающих на свет, уделяя особое внимание бабочкам семейства *Sphingidae* (бражники), выбранному нашими предшественниками в качестве модельной группы.
- 3) Отметить частоту появления определенных видов бабочек и динамику их появления в зависимости от времени суток.
- 4) Собрать некоторых насекомых из других отрядов и всех водных жуков и клопов и оценить возможность дальнейшего изучения динамики лета на свет водных жуков и клопов.
- 5) Обобщить и проанализировать данные прошлых лет.

## Методика

Наблюдения проводились на базе биостанции «Озеро Молдино» Московской гимназии на Юго-Западе №1543 в деревне Полукарпово Удомельского района Тверской области в период с 29 июня по 5 июля 2015 года.

Установка (рис. 1) для ловли насекомых на свет была закреплена на восточной стене деревянного строения — «Бани» (на протяжении всех ночей наблюдений). К стене была прикреплена белая простыня размером 0,73×1,65 м. В середине верхней части простыни, с отступом от краев 25(сверху и снизу)/17(по бокам) см, чёрным маркером был начерчен квадрат со стороной 50 см. Центр квадрата находился на высоте ~1,50 м от земли. Возле стены стояла парта стандартного размера (1200см(в длину)×500см(в ширину)). Нижняя часть простыни, составляющая 35 см в длину, лежала на краю стола.

В состав установки, находящейся на стене «Бани», входила ртутная лампа мощностью 250 Вт (ДРЛ-250), которая была расположена напротив центра квадрата на расстоянии ~10 см от него.

Включали лампы в 21:30, наблюдения начинали в 22:30, а заканчивали в 3:30 и в это же время выключали лампы. Наши предшественники включали лампы в 22:30, наблюдения начинали в 23:30, а заканчивали в 4:30. Несмотря на разницу во времени это не повлияет на результат наблюдений, так как решение было принято в следствии закона о возврате к зимнему времени. В большинстве субъектов РФ часы были переведены на час назад 26 октября 2014 года, и в дальнейшем сезонного перевода стрелок осуществляться не будет. Нам удалось проводить наблюдения каждую ночь, но согласно принятой методике, в случае дождя эксперимент приостанавливали. Например, (Дралкина, Юркина, 2014) в 2014 году в ночи с 29 на 30 июня (6-я ночь наблюдений), и с 5 на 6 июля (10 ночь наблюдений) прервали эксперимент из-за дождя и успели пронаблюдать лишь до 01:15 30 июня и до 00:15 6 июля. А в ночи с 23 на 24, с 25 на 26 июня, с 30 июня на 1 июля и с 4 на 5 июля не проводили наблюдения вовсе.

Каждые 15 минут мы вносили в бланк показания аквариумного термометра (в °C), висевшего на стене «Бани», барометра (в мм рт. ст.) «Утес» диапазона 605—805 мм серии ТУ1-099-20-85, люксметра (в люксах) марки MASTECH, а также визуально учитывали облачность. Многие из выводов наших предшественников опираются на показания электронной метеостанции «LEFUTUR», а именно скорость ветра (м/с) и влажность (%), но в ходе нашей работы мы пришли к выводу, что показания метеостанции были ненадежны, поэтому мы воспользовались сайтом [gr5.ru](http://gr5.ru), чтобы заполнить соответствующие графы («WIND», «WET»). Также мы вносили в бланк число насекомых, находившихся в пределах квадрата, и учитывали виды и количество бабочек (Lepidoptera) разных видов из семейства бражников (семейство Sphingidae) со всей простыни. При этом если насекомых прилетало много и сосчитать их было трудно, мы фотографировали квадрат (фотоаппарат Sony Cyber-shot DSC-W810) и считали число насекомых днем по фотографии. В течение всего промежутка мы наблюдали за видовым разнообразием бабочек, прилетевших на свет, а незнакомые нам виды ловили или фотографировали, чтобы определить их днем. Также мы собирали некоторые экземпляры наземных насекомых в пластиковые морилки, сделанные из баночек из-под фотопленки, и стеклянные чашки Петри, а для водных жуков (Coleoptera) и клопов (Heteroptera) использовали морилки с указанием промежутка времени сбора на наклеенных на них «скотчем» кусочках бумаги. Всю обработку данных проводили в программе R.

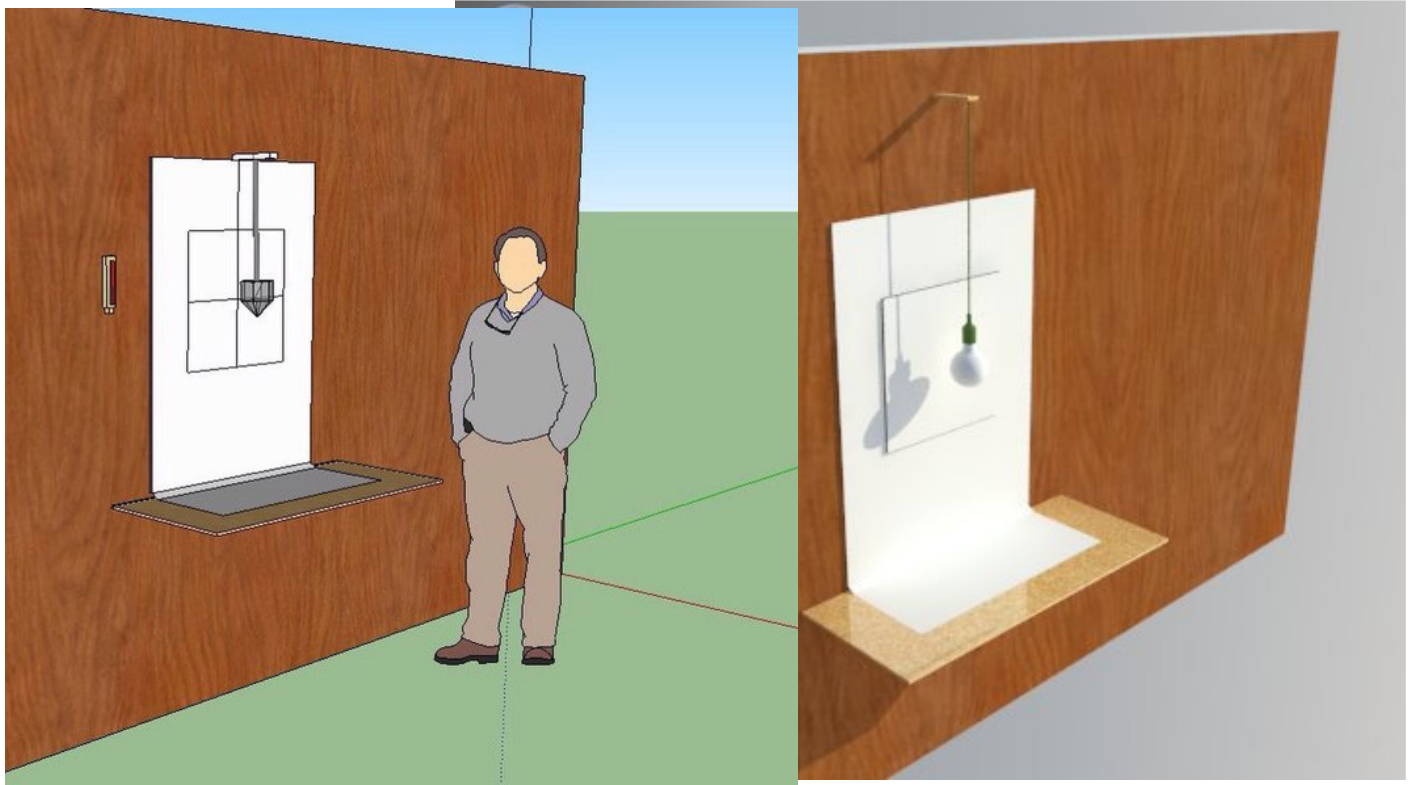


Рис.1 Установка для наблюдения за насекомыми, летящими на свет. (размеры см. в методике)

## Результаты

Мы выявили достоверную связь между числом прилетающих насекомых на свет и температурой (рис.3) (тест Спирмена:  $p\text{-value} = 2.2^{-10}$ ,  $R = 0.85$ ).

Также мы выявили достоверную и статистически значимую зависимость между числом прилетевших насекомых и силой ветра (рис.5) (тест Спирмена:  $p\text{-value} = 7.3^{-14}$ ,  $R = 0.6$ ), между числом прилетевших насекомых и влажностью воздуха (рис.4) (тест Спирмена:  $p\text{-value} = 2.2^{-10}$ ,  $R = -0.8$ ), связь между давлением и числом прилетевших насекомых (рис.7) (тест Спирмена:  $p\text{-value} = 0.004$ ,  $R = -0.25$ ), и уровнем

освещенности и числом прилетевших насекомых (рис.6) (тест Спирмена: p-value = 0.034, R = 0.19).

**Обобщение данных.** На рис.33 изображен график зависимости числа прилетевших насекомых от давления, где зависимость не выявлена. На графике, показанном на рис. 34, не выявлено связи между температурой воздуха и числом прилетевших насекомых (кроме 2014 и 2015 годов).

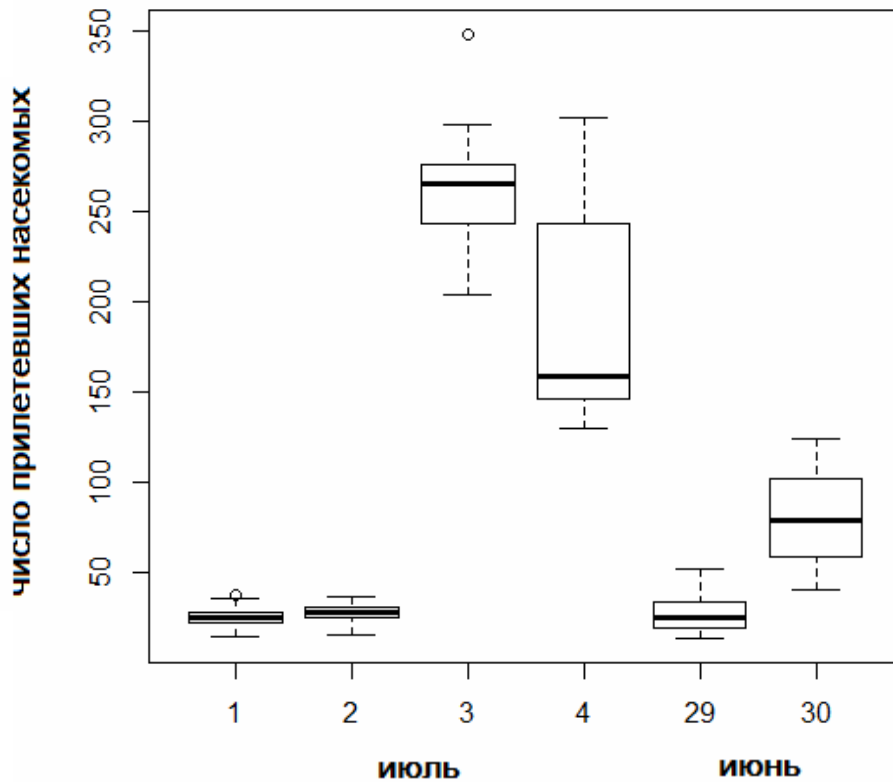
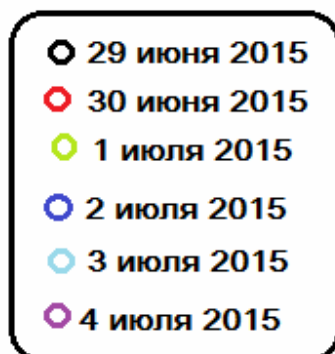


Рис. 2. Размах числа прилетевших насекомых за все ночи наблюдений 2015 года. (медианы и интерквартильные размахи)



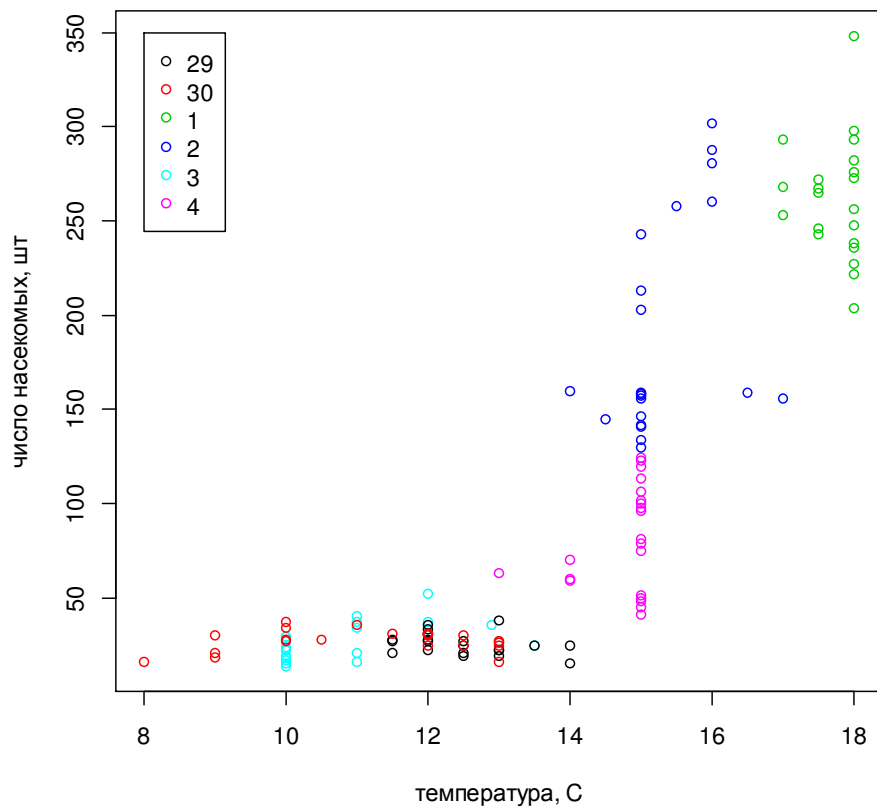


Рис. 3. Связь между числом насекомых и температурой воздуха, °С, (тест Спирмена: p-value =  $2.2 \cdot 10^{-10}$ , R = 0.85)

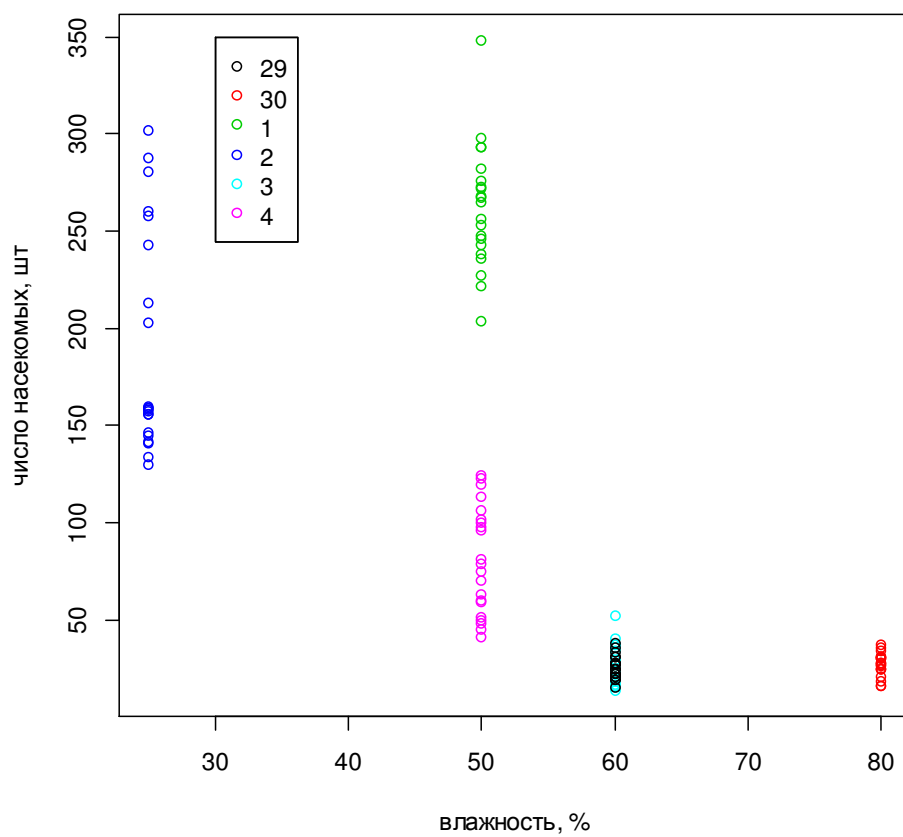


Рис. 4. Связь между числом насекомых и влажностью воздуха, (тест Спирмена:  $p\text{-value} = 2.2 \cdot 10^{-10}$ ,  $R = -0.8$ )



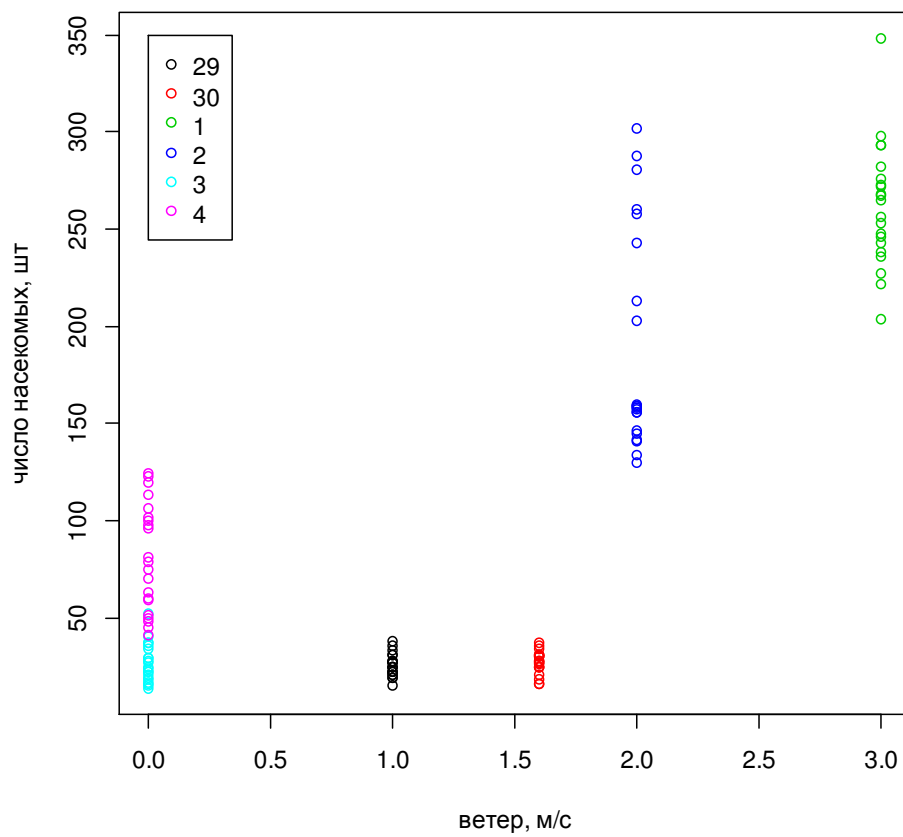


Рис. 5. Связь между числом насекомых и силой ветра, (тест Спирмена:  $p\text{-value} = 7.3^{-14}$ ,  $R = 0.6$ )

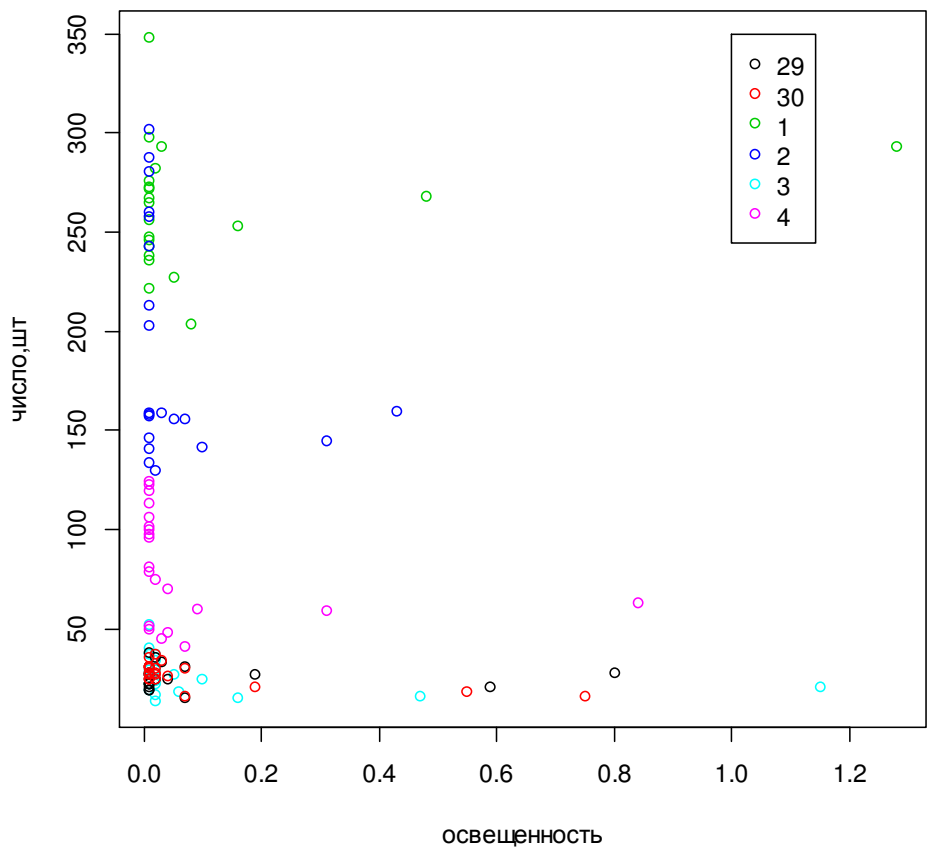


Рис. 6. Связь между числом насекомых и освещенностью, (тест Спирмена: p-value = 0.034, R = 0.19).

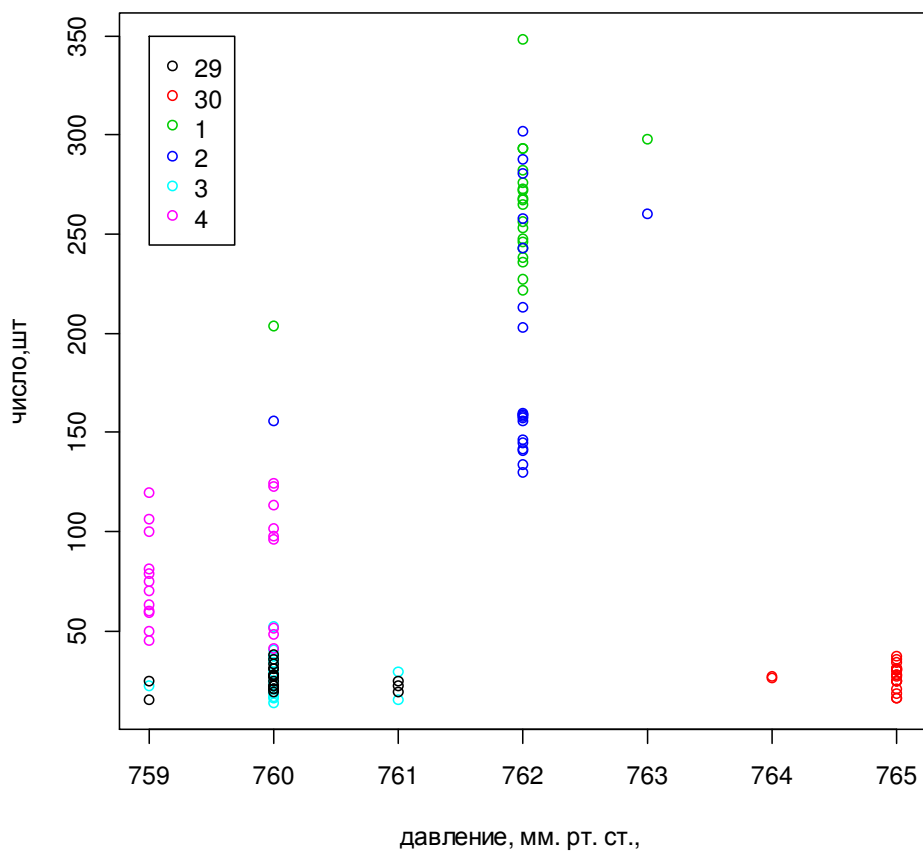


Рис. 7. Связь между числом прилетевших насекомых и давлением, (тест Спирмена:  $p\text{-value} = 0.004$ ,  $R = -0.25$ )

Ниже (рис. 8 – 31) представлены виды бабочек, за летом которых мы наблюдали, и частота их прилета в определенные промежутки времени.

По оси X – число бабочек на простыне в определенное время.

По оси Y – абсолютное время, то есть, начиная с 0 мин, каждые 15 мин считались бабочки на простыне.

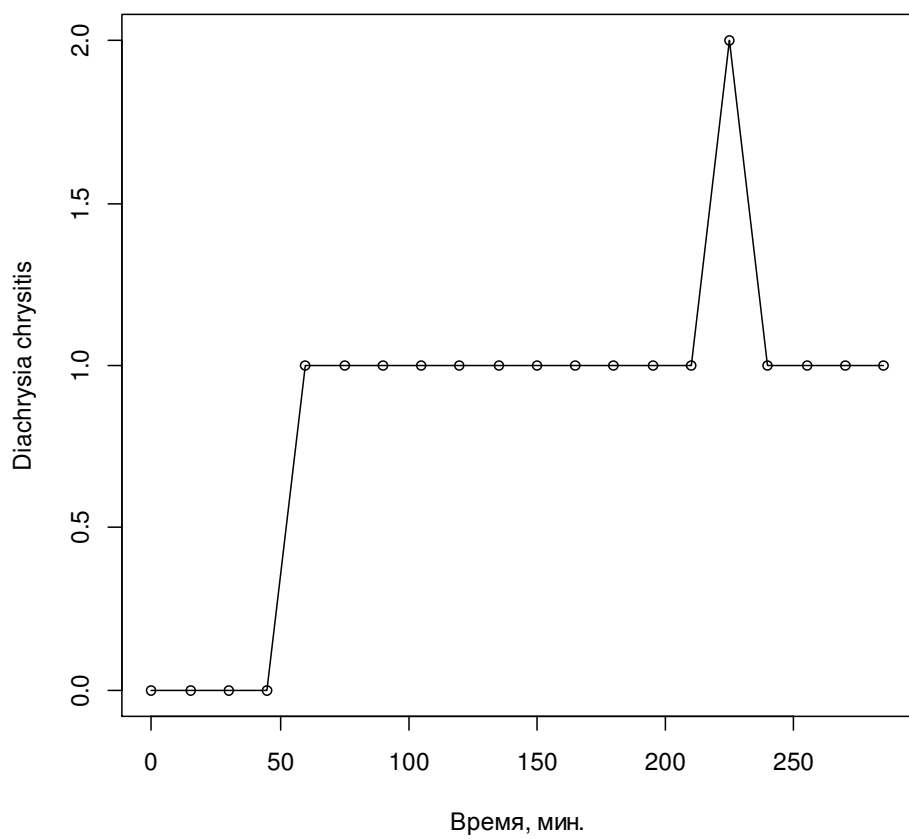


Рис. 8. Частота прилета на свет *Diachrysia chrysitis*

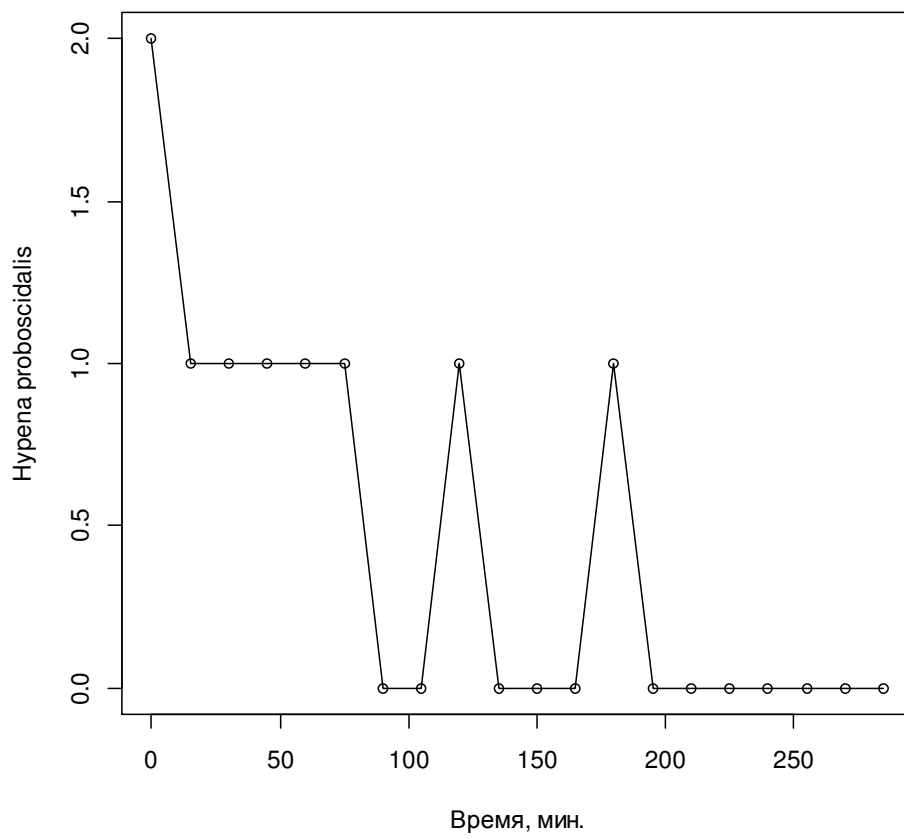


Рис. 9. Частота прилета на свет *Hupena proboscidalis*

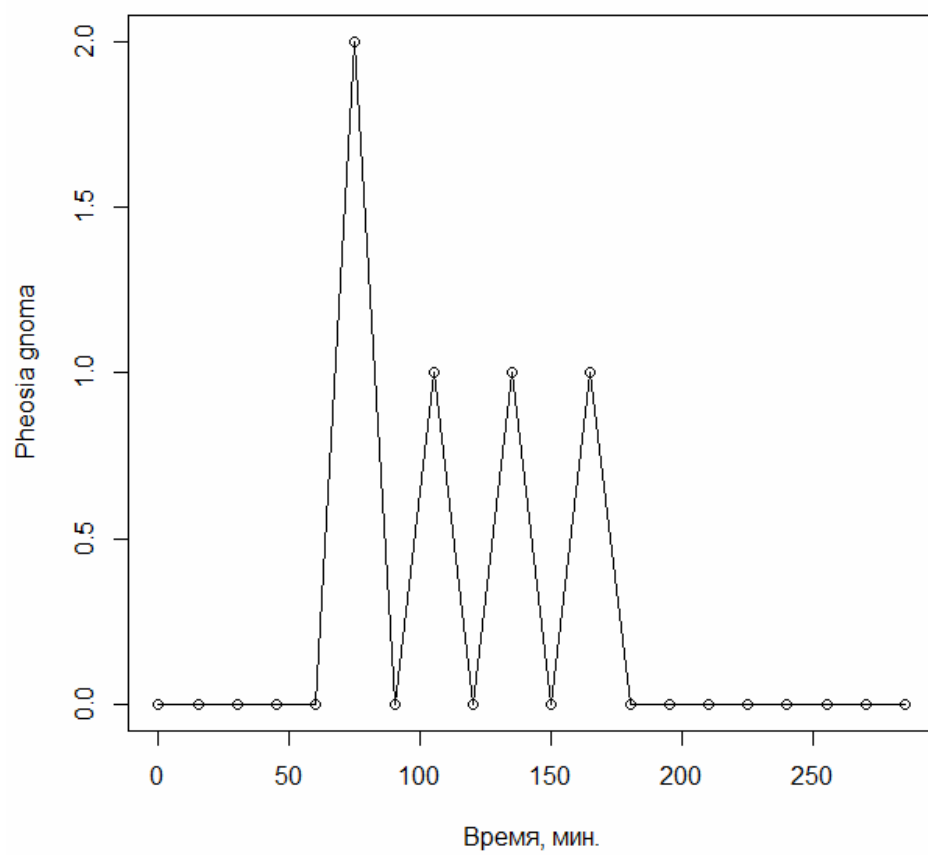


Рис. 10. частота прилета на свет *Pheosia gnoma*

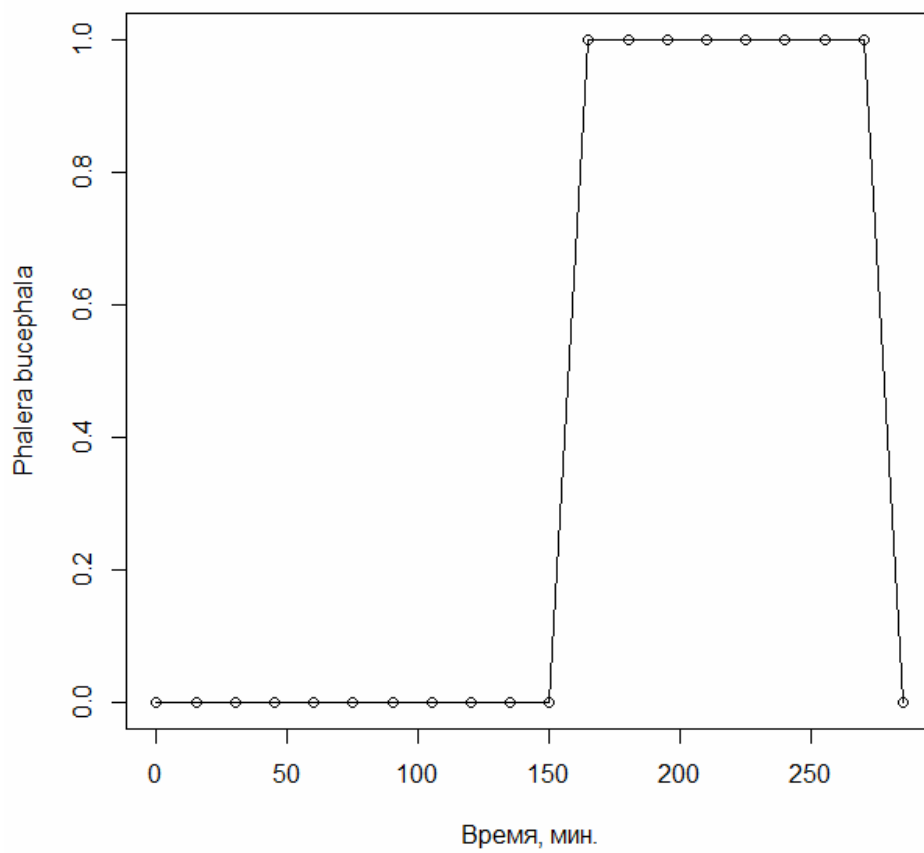


Рис. 11. частота прилета на свет *Phalera bucephala*

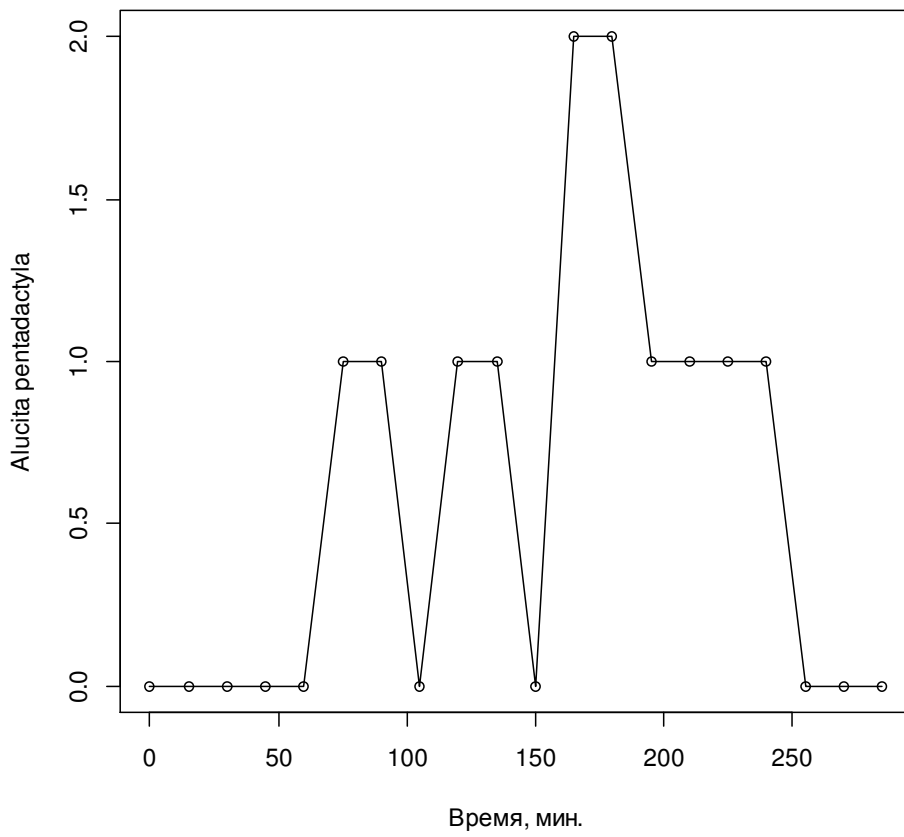


Рис. 12. частота прилета на свет *Alucita pentadactyla*



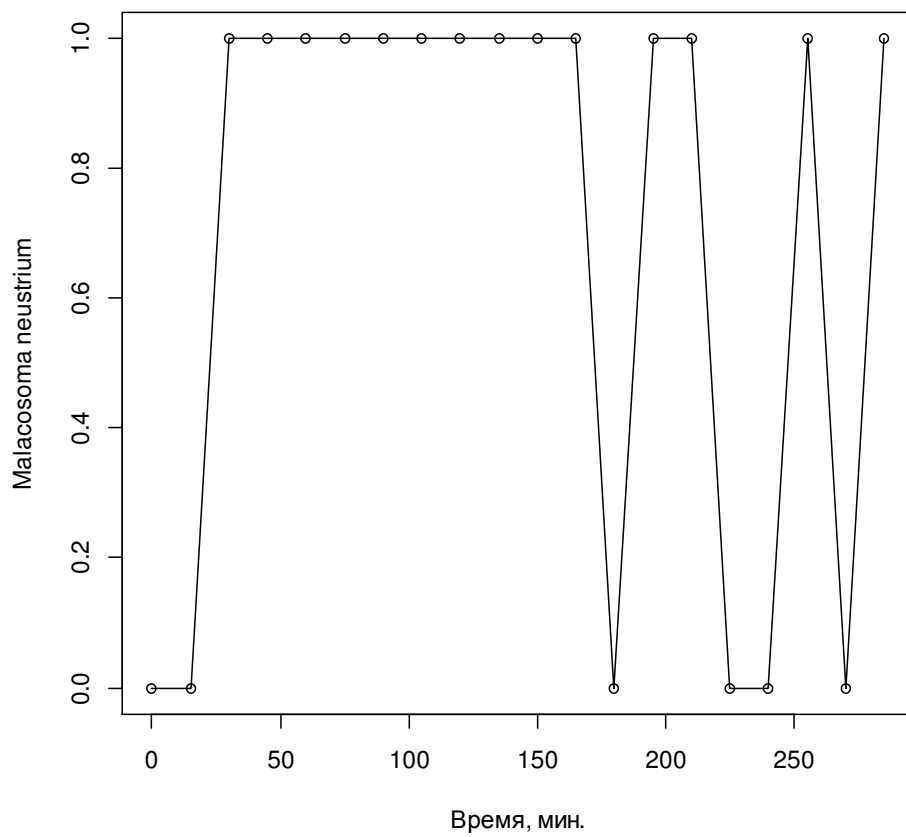


Рис. 13. частота прилета на свет *Malacosoma neustrium*

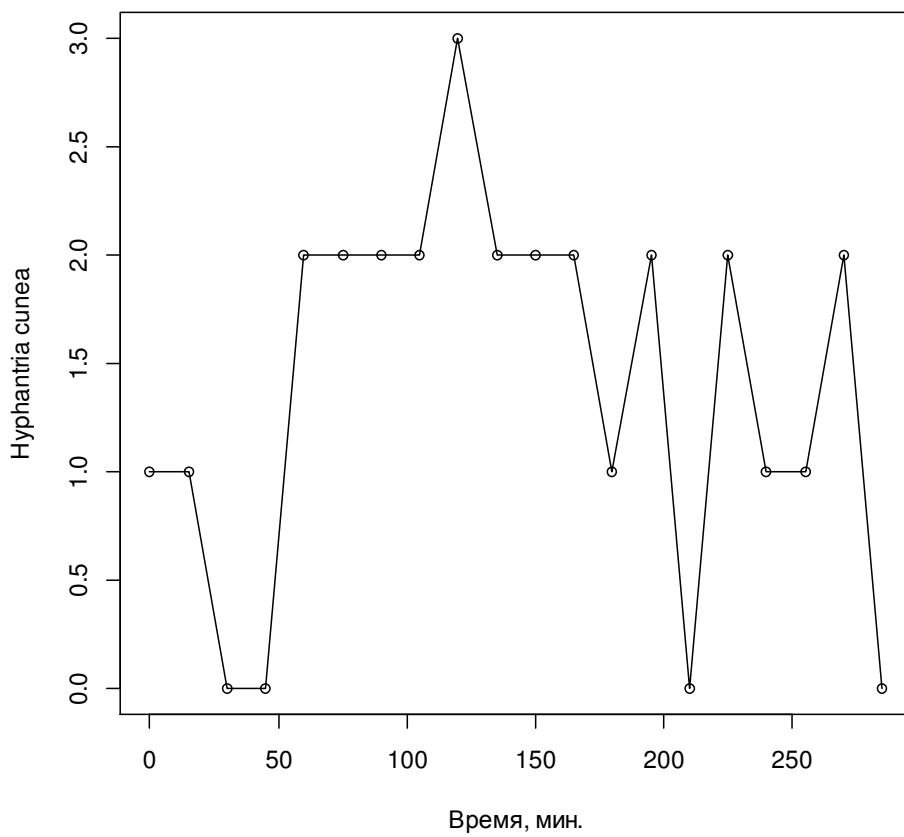


Рис. 14. частота прилета на свет *Huphantria cunea*

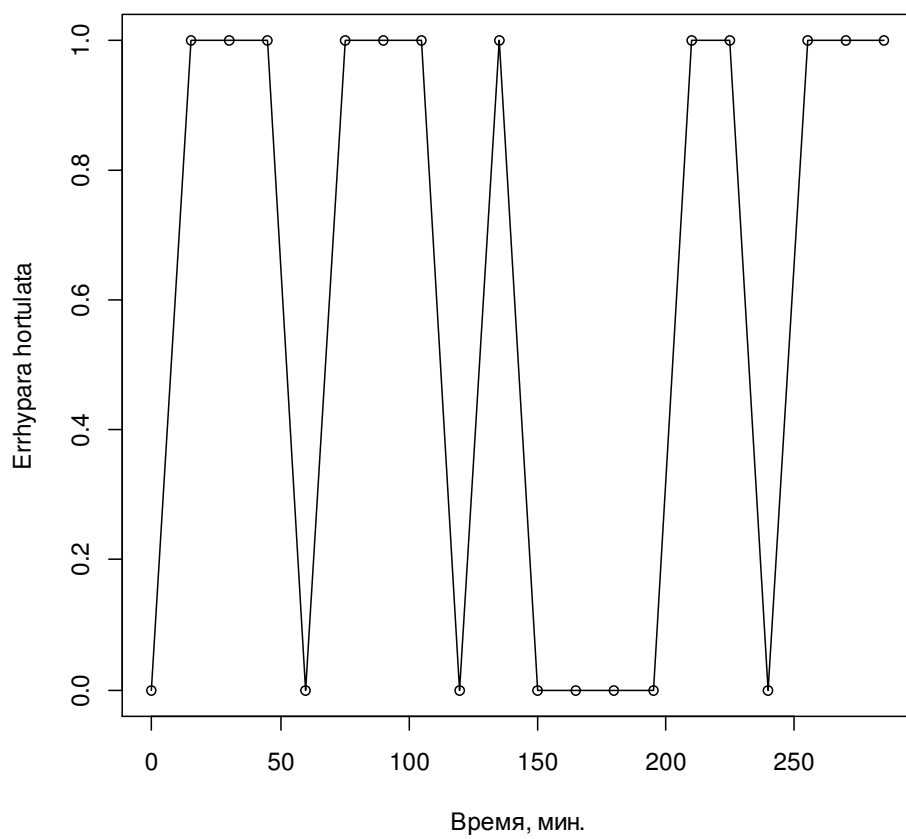


Рис. 15. частота прилета на свет *Errhupara hortulata*

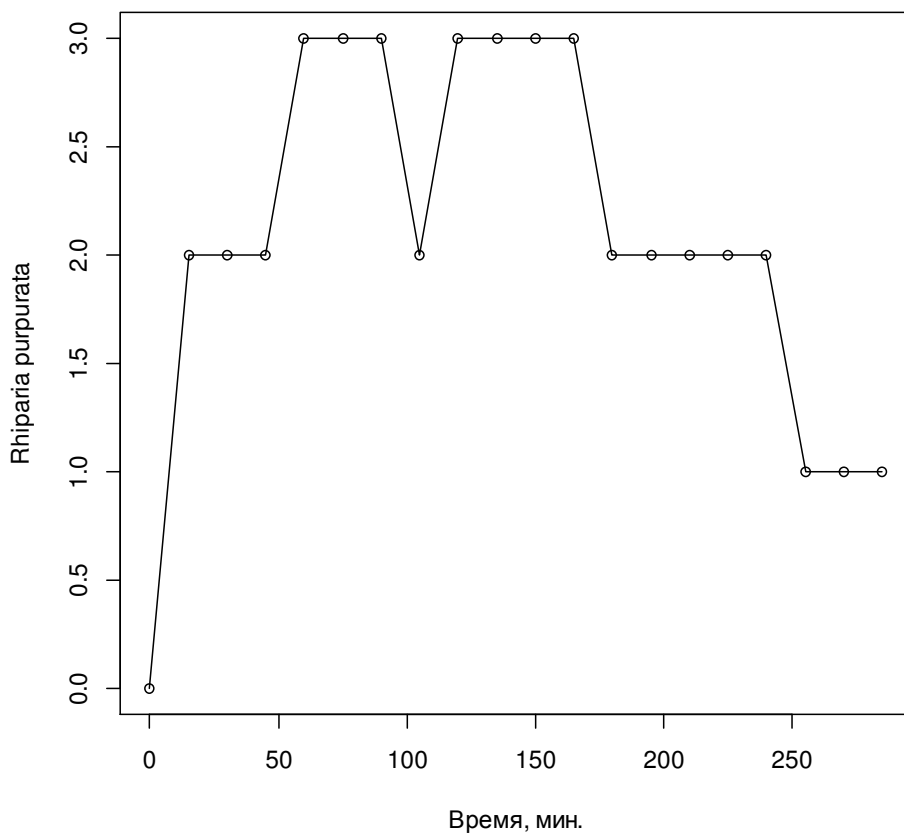


Рис. 16. частота прилета на свет *Rhiparia purpurata*

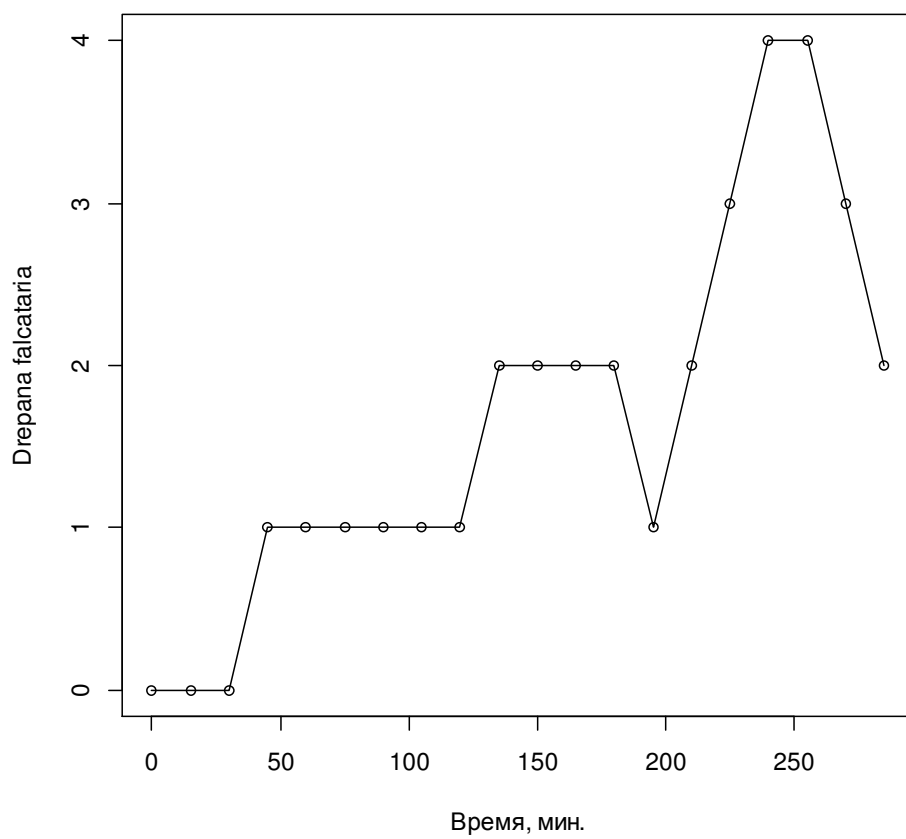


Рис. 17. частота прилета на свет *Drepana falcataria*

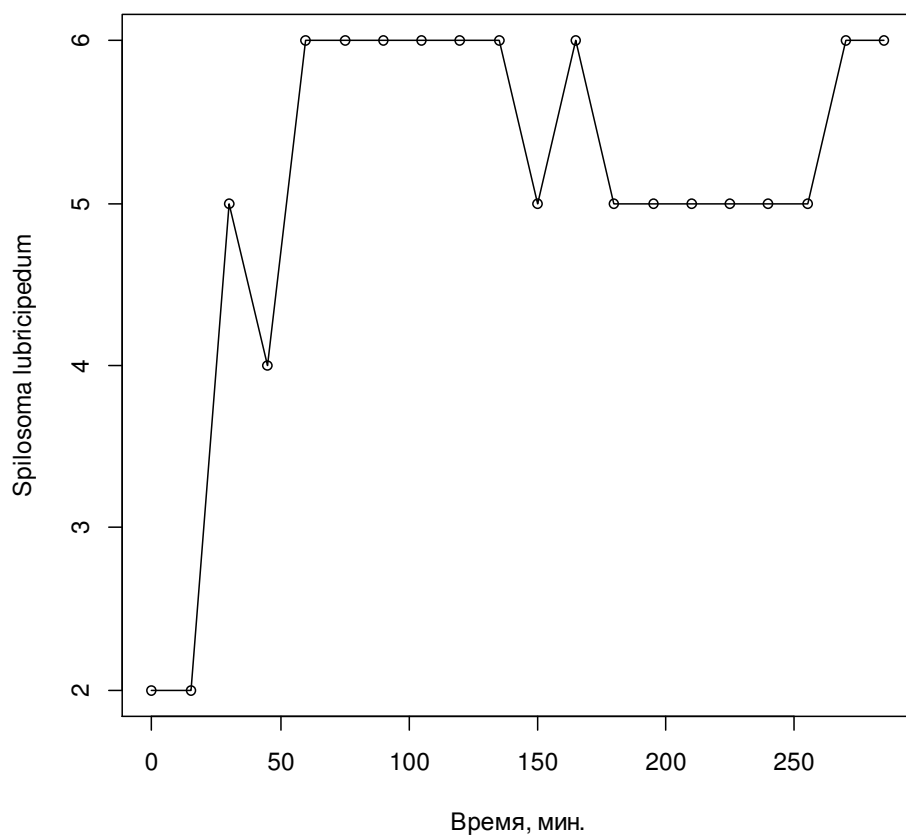


Рис. 18. частота прилета на свет *Spilosoma lubricipedum*

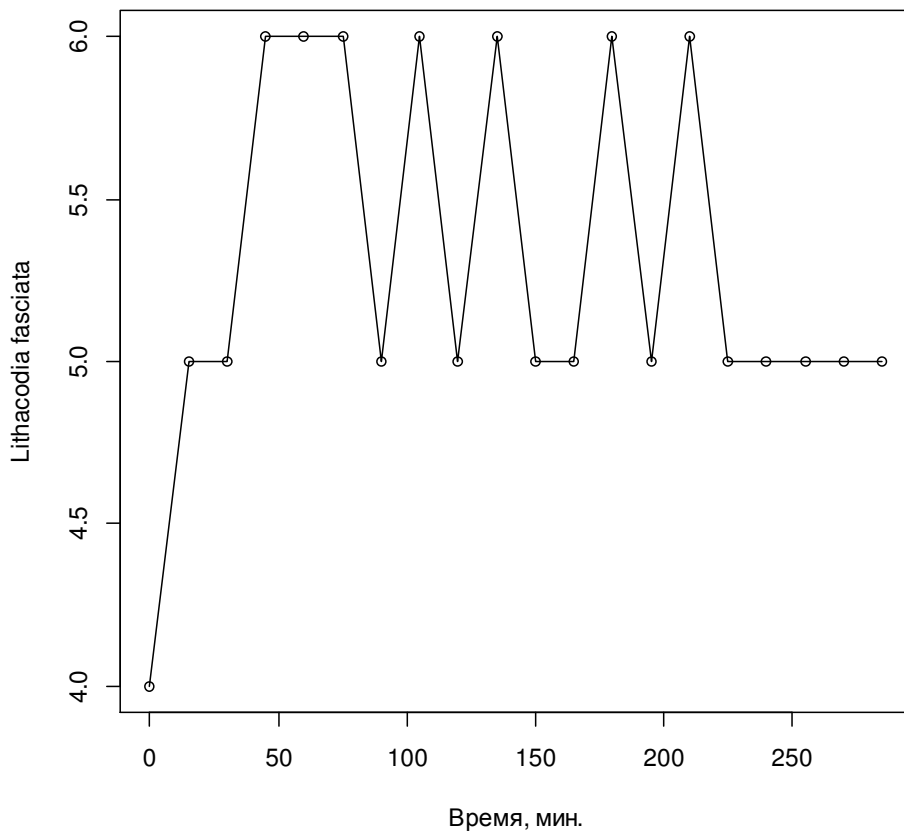


Рис. 19. частота прилета на свет *Lithacodia fasciata*

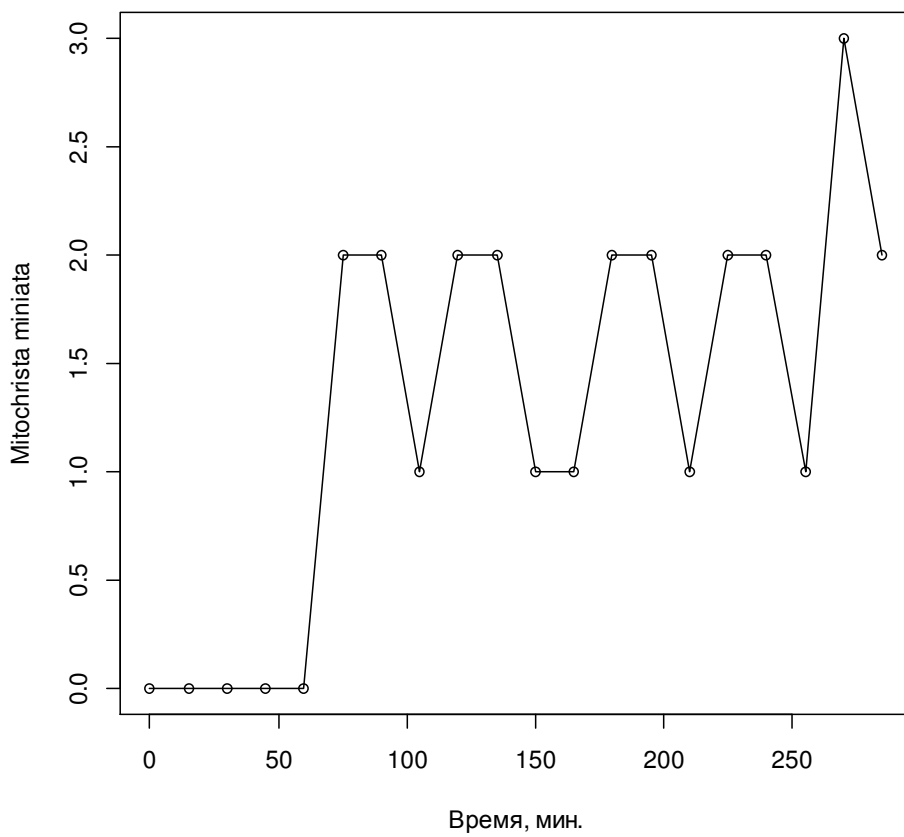


Рис. 20. частота прилета на свет *Mitochrista miniata*



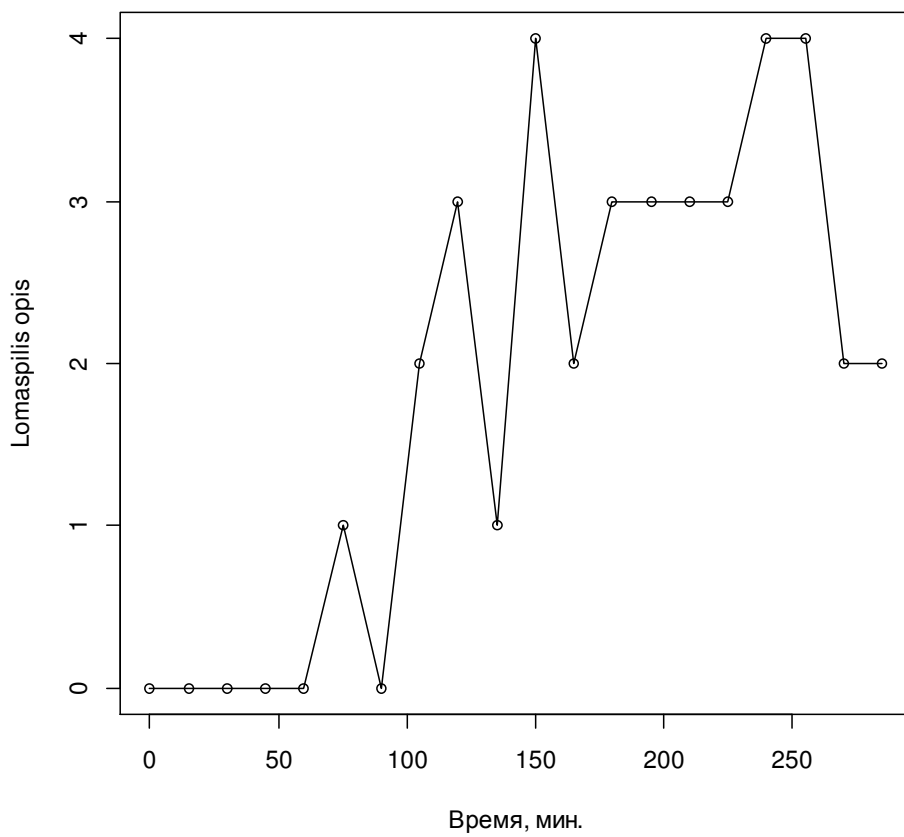


Рис. 21. частота прилета на свет *Lomaspilis opis*

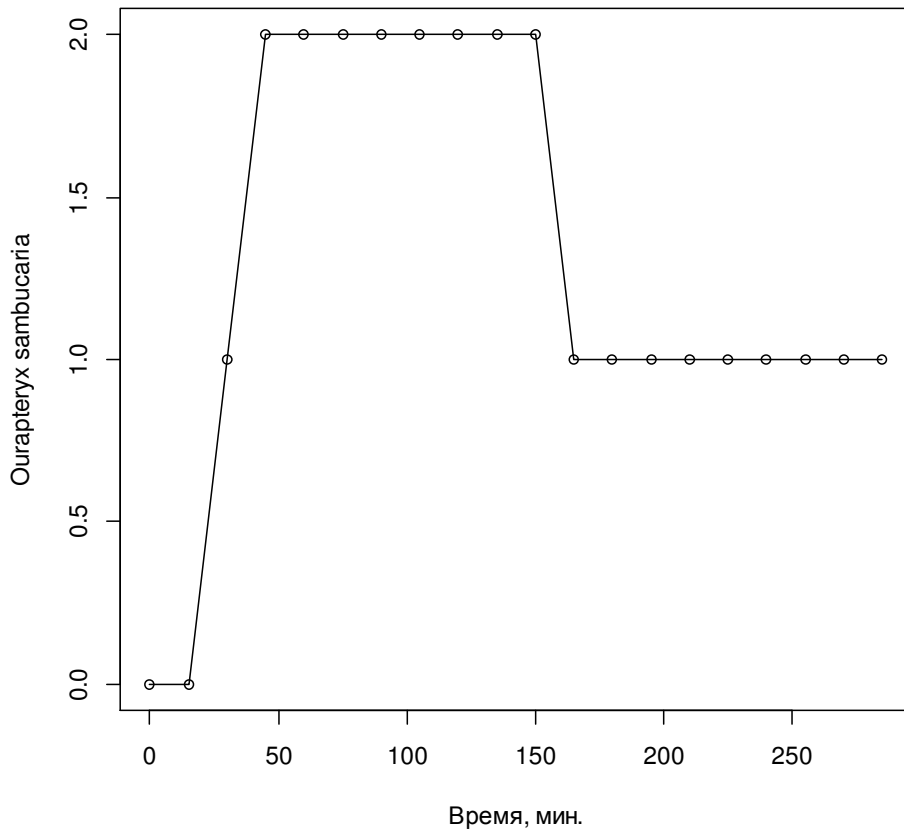


Рис. 22. частота прилета *Ourapteryx sambucaria*

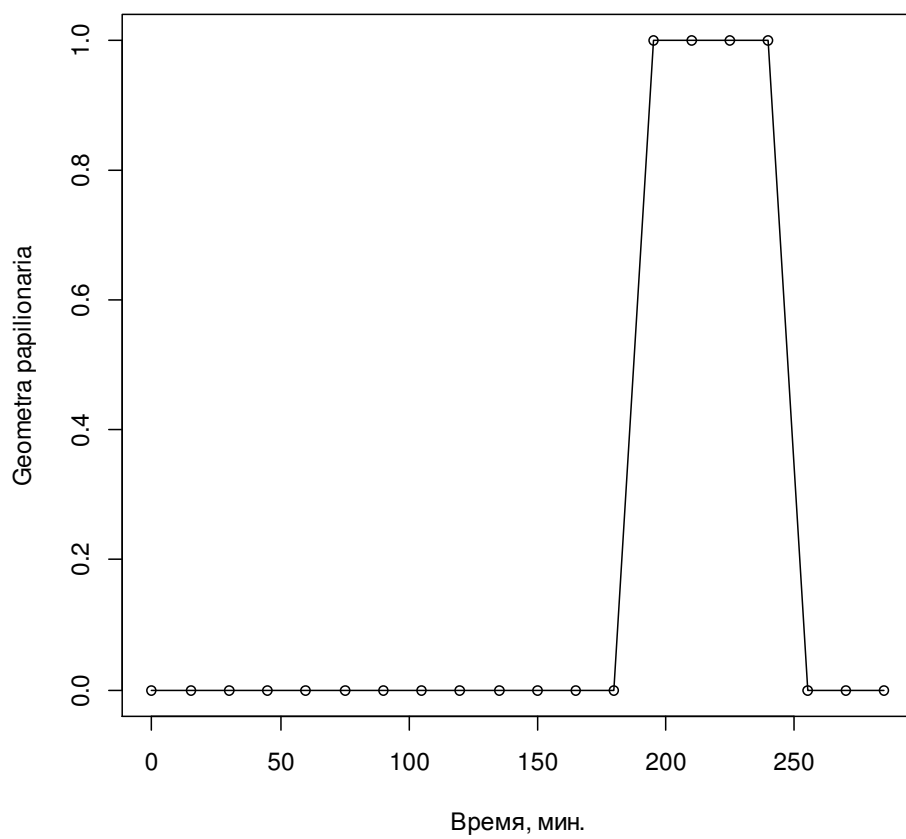


Рис. 23. частота прилета на свет *Geometra papilionaria*

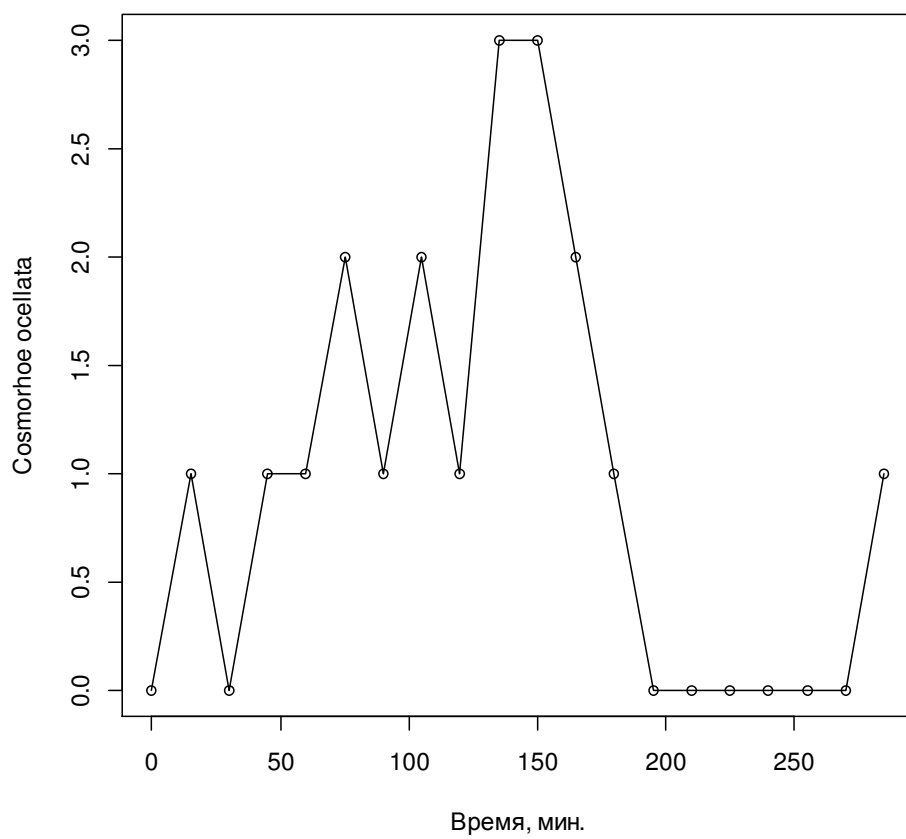


Рис. 24. частота прилета на свет *Cosmorhое ocellata*

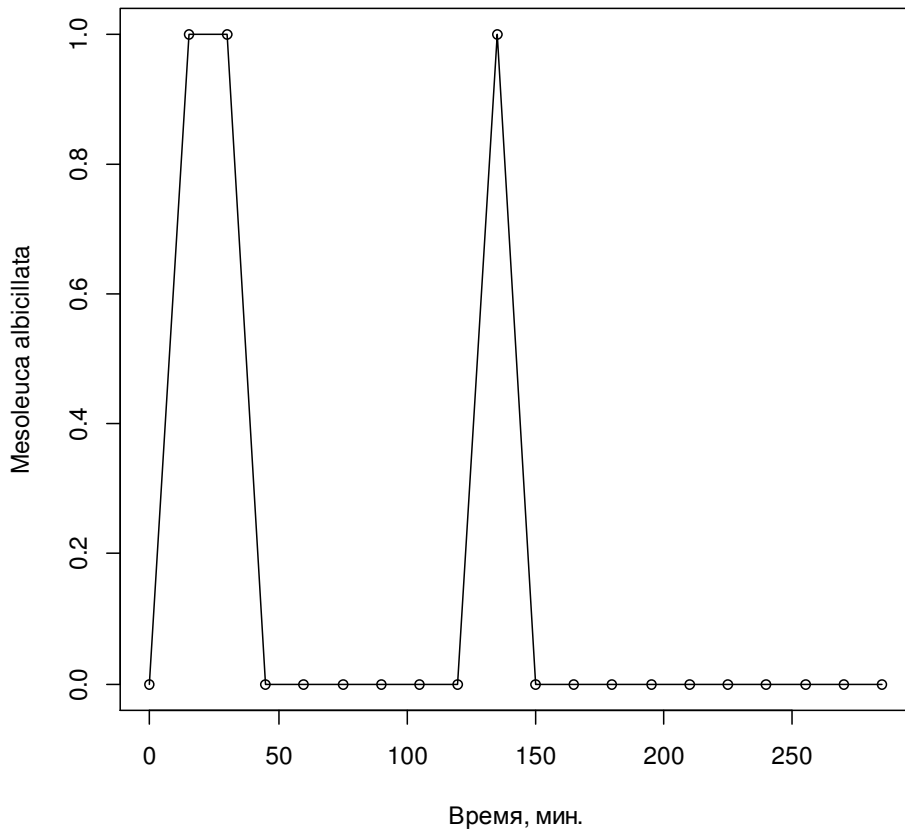


Рис. 25. частота прилета на свет *Mesoleuca albicollata*

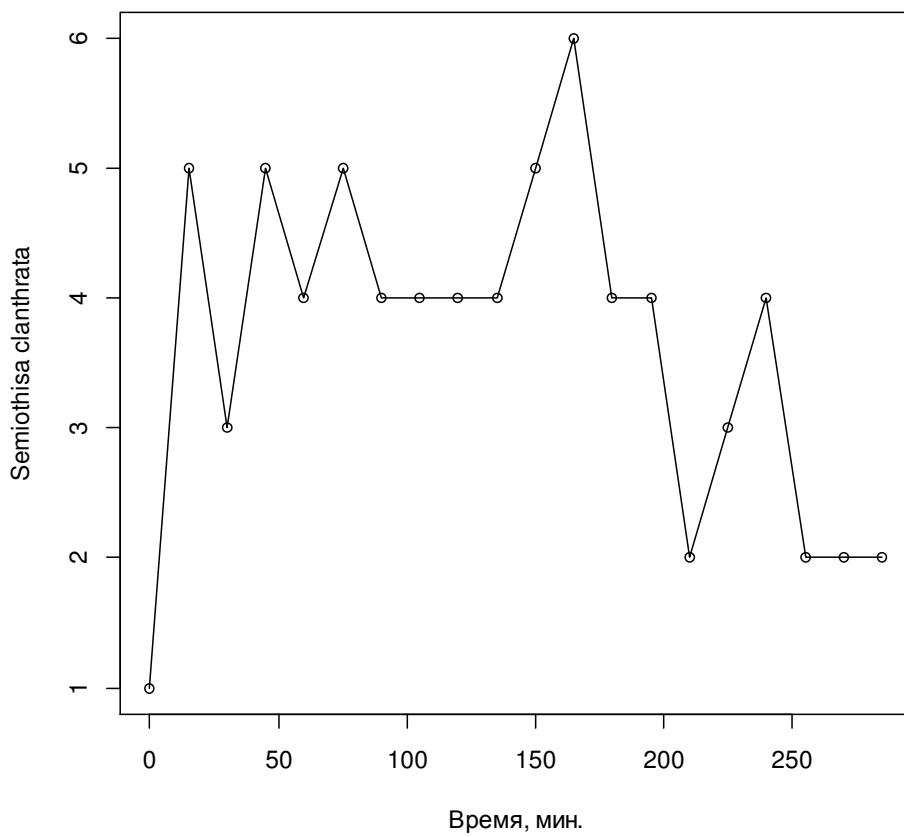


Рис. 26. частота прилета на свет *Semiothisa clanthrata*

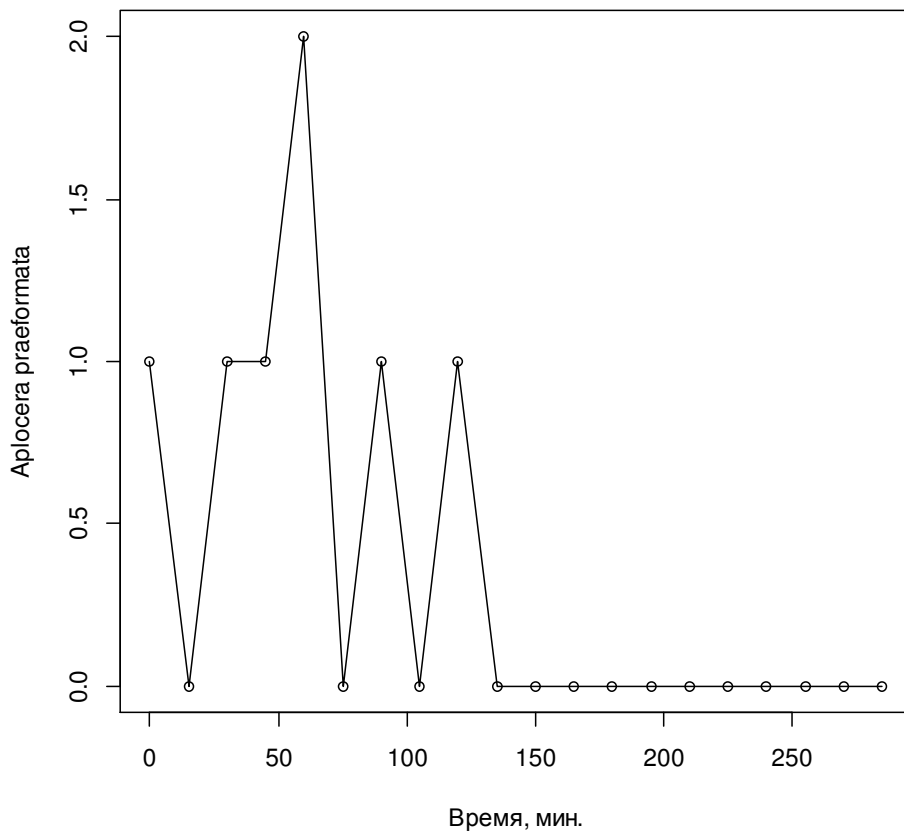


Рис. 27. частота прилета на свет *Aplocera praeformata*

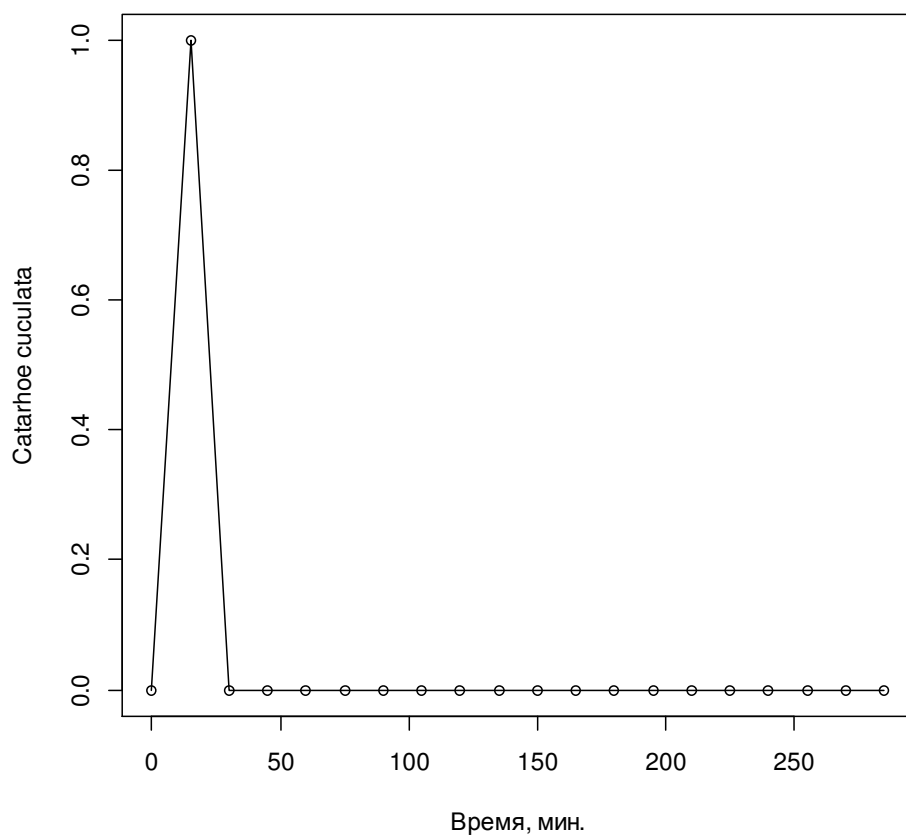


Рис. 28. частота прилета *Catarchoe cuculata*



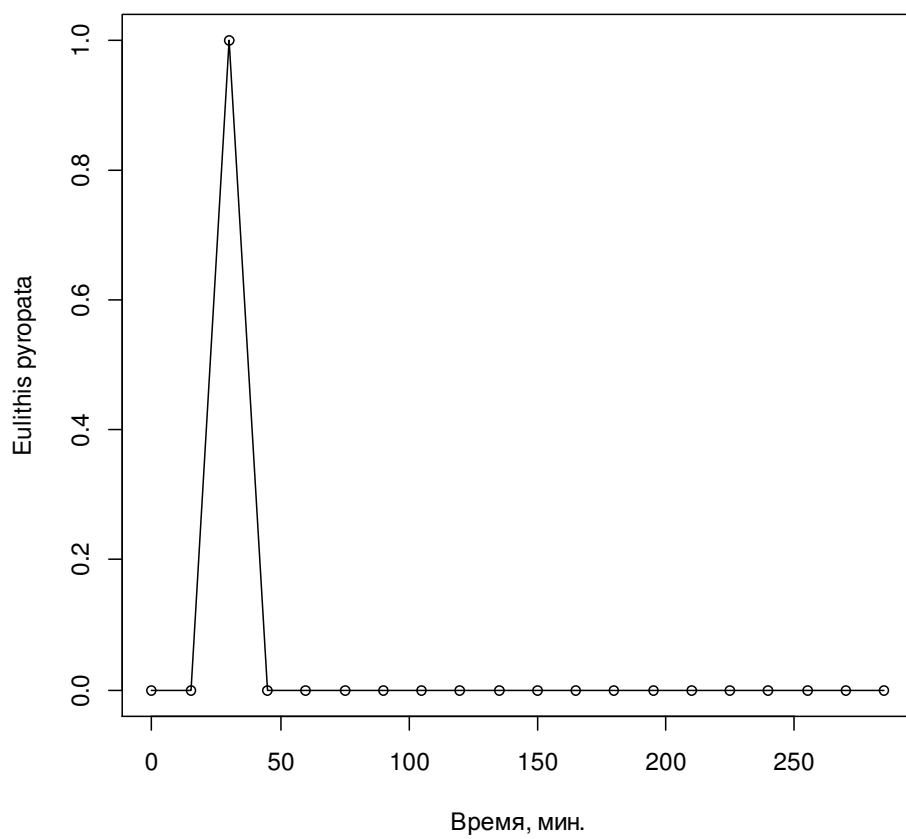


Рис. 29. частота прилета на свет *Eulithis pyropata*

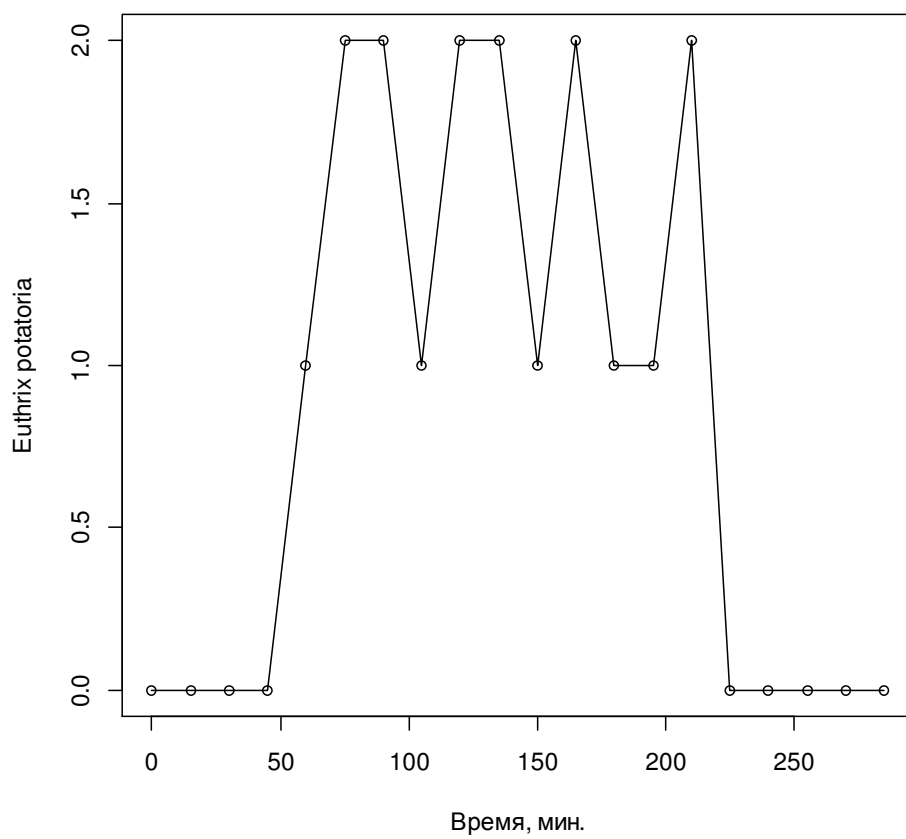


Рис. 30. частота прилета на свет *Euthrix potatoria*

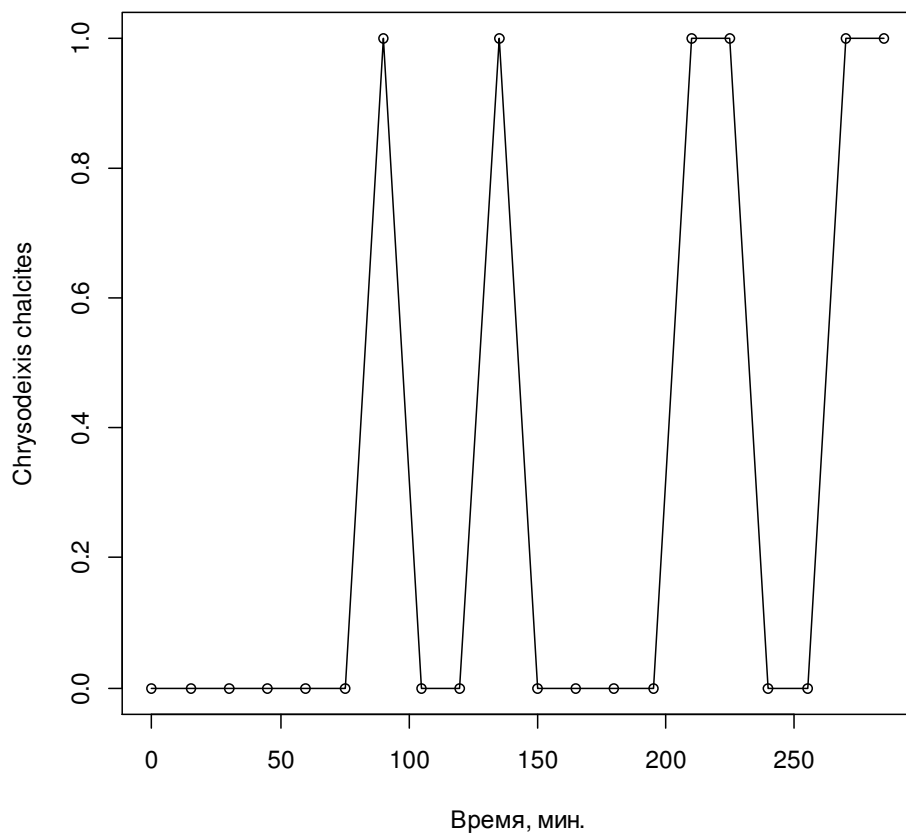


Рис. 31. частота прилета на свет *Chrysodeixis chalcites*

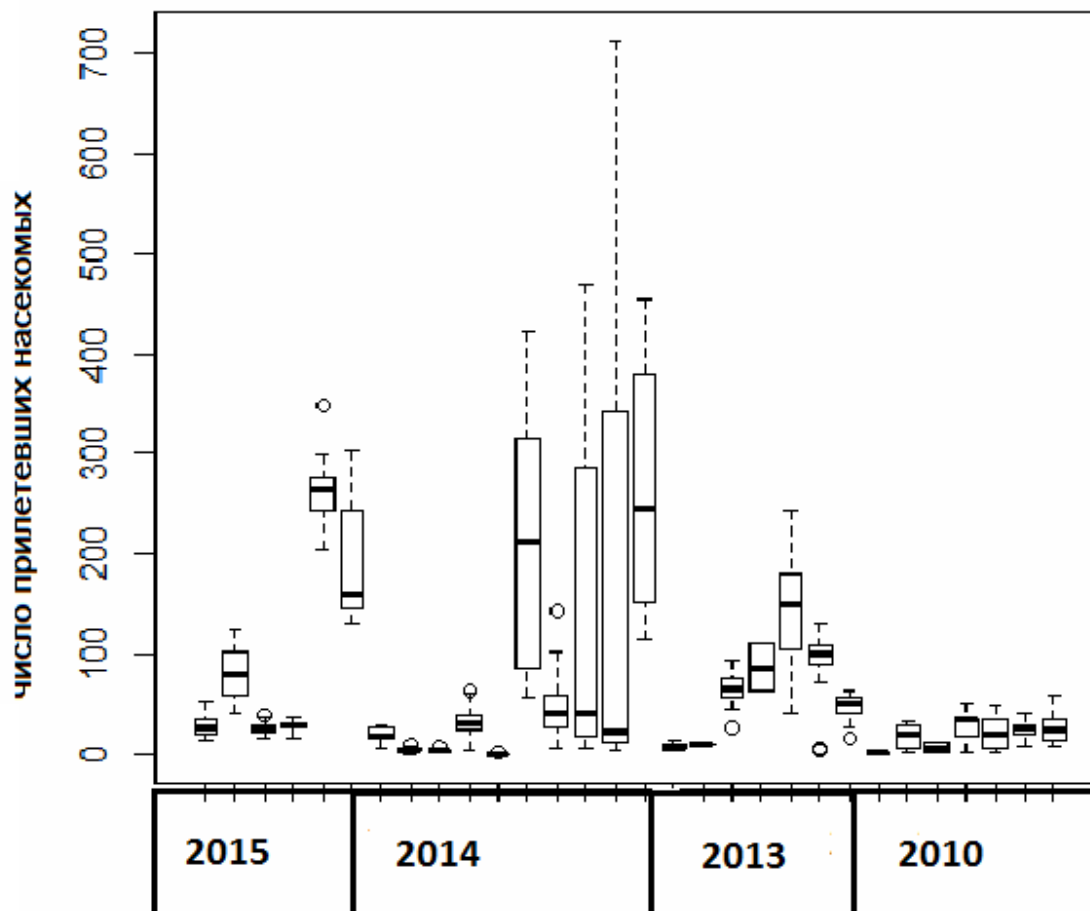


Рис. 32. Диаграмма размаха для всех ночей с ртутной лампой: На графике показана медиана (средняя линия «ящика»), квартильный размах (верхняя и нижняя стенки «ящика»), минимальное и максимальное значение (концы «усов»).

Табл. 1. Зависимости между числом фотоксенов и различными факторами за все годы исследований.

	2009	2011	2013	2014	2015
Температура	положительная	—	—	положительная только в 2 ночи	положительная
Освещенность	—	отрицательная	—	—	—
Влажность	—	—	—	—	—

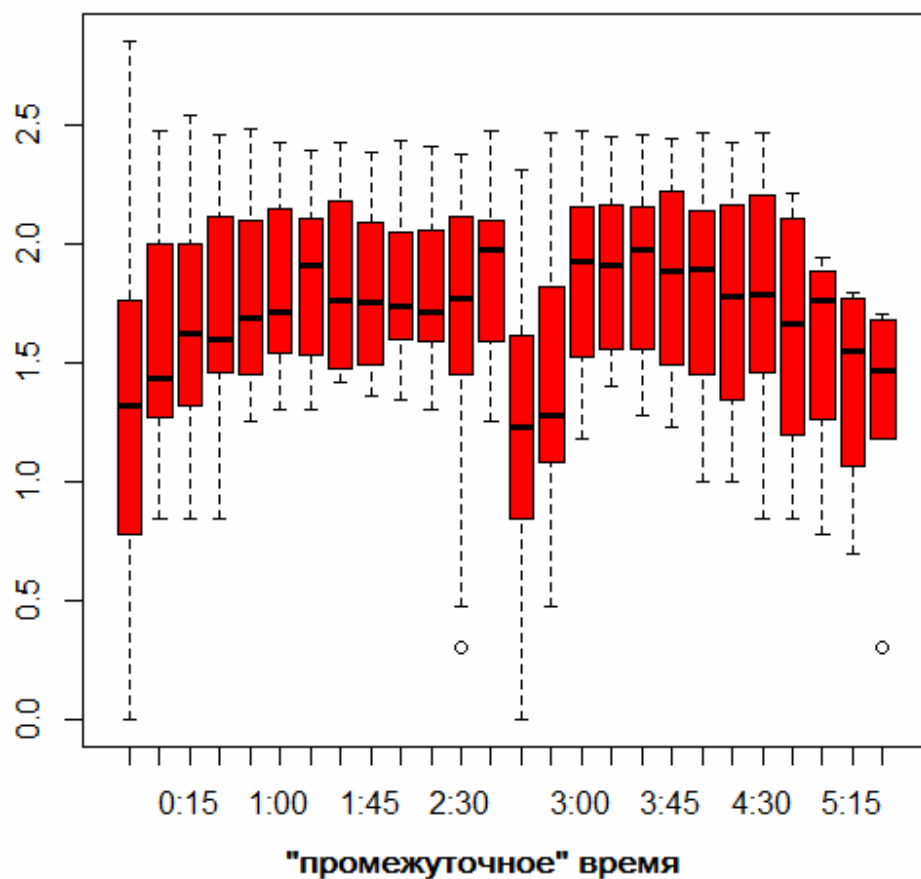
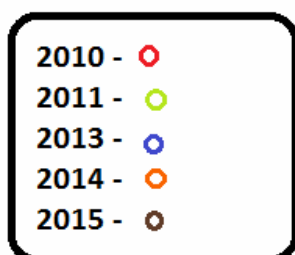


Рис. 33. Диаграмма размаха для всех ночей с ртутной лампой, показывающая число прилетевших насекомых в зависимости от времени суток (2010, 2011, 2013, 2015 года): На графике показана медиана (средняя линия «ящика»), квартильный размах (верхняя и нижняя стенки «ящика»), минимальное и максимальное значение (концы «усов»).



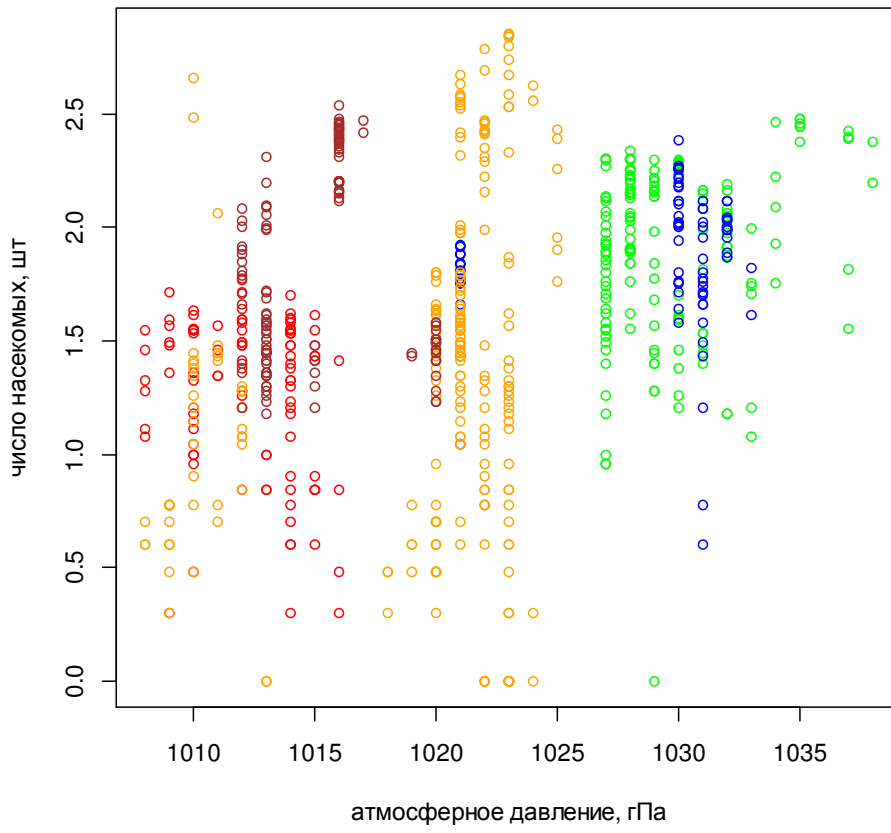


Рис. 34. график зависимости числа прилетевших насекомых от давления

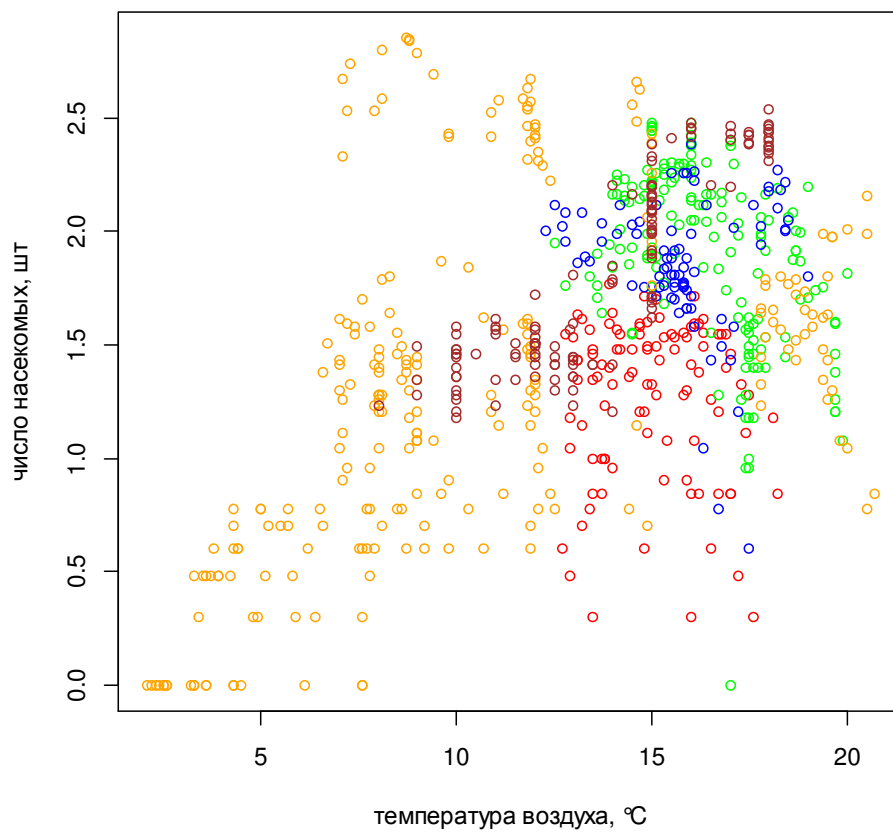


Рис. 35. график зависимости числа прилетевших насекомых от температуры воздуха

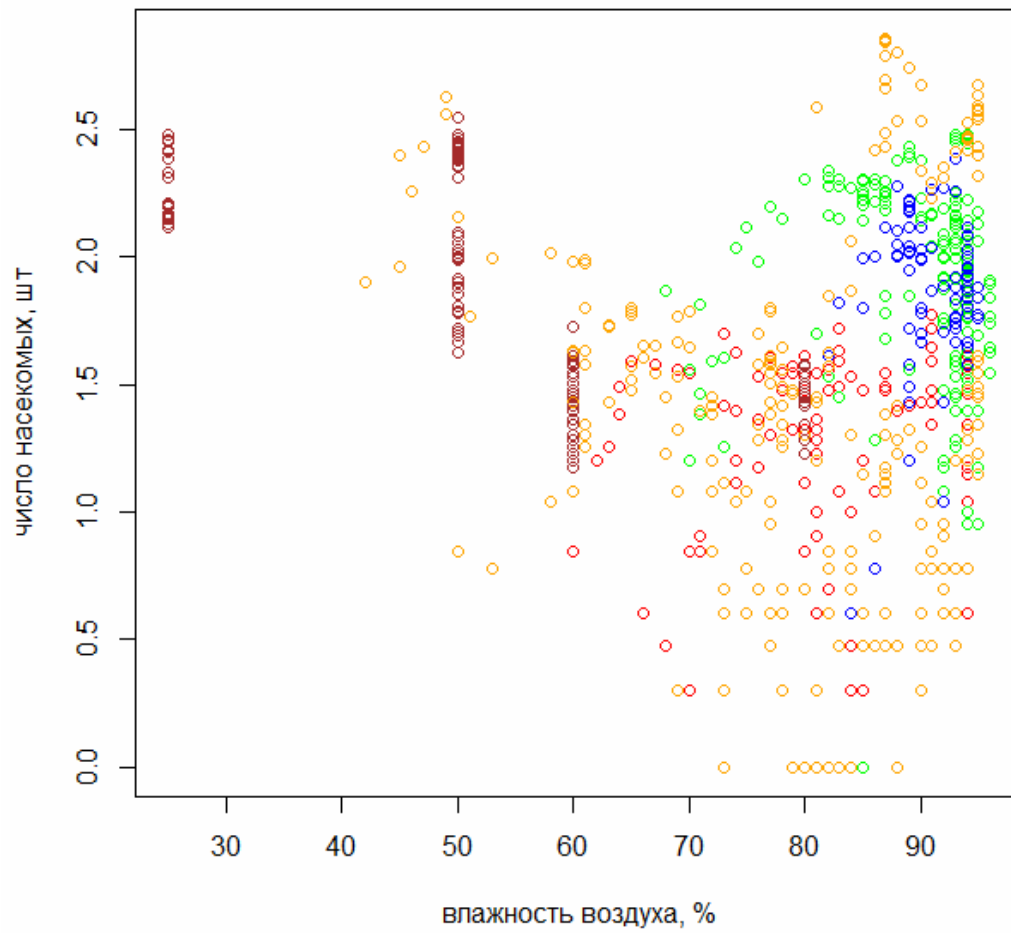


Рис. 36. график зависимости числа прилетевших насекомых от влажности воздуха



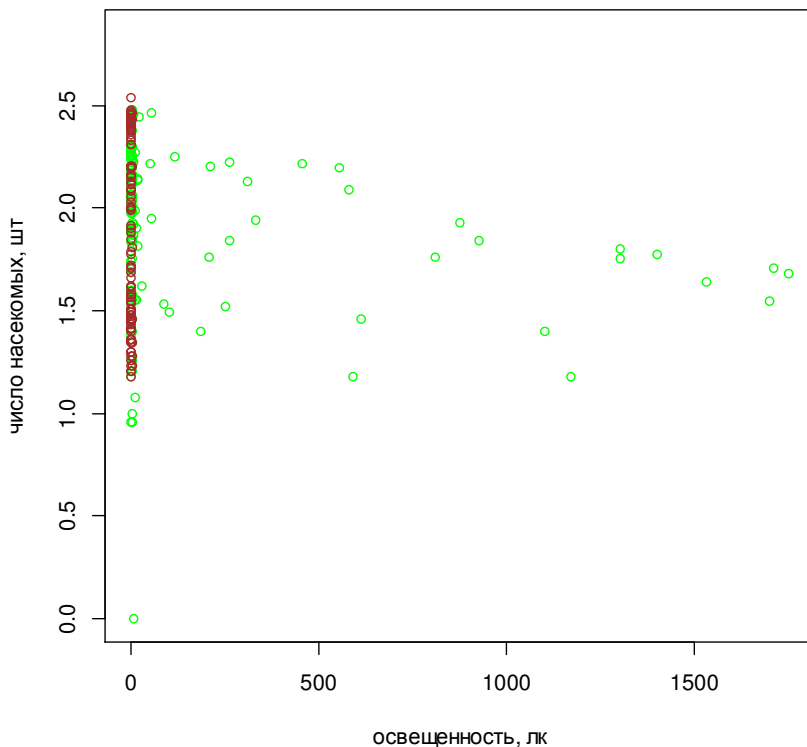


Рис. 36. график зависимости числа прилетевших насекомых от уровня освещенности

## Обсуждение

**Время суток.** Мы обнаружили, что число насекомых достигает максимума в промежутке между 01:00 и 02:00 дальше снижается к утру, хотя в ходе наших наблюдений разница между исходными и максимальными показателями была невысока: примерно 20–30 насекомых прибавлялись с начала наблюдений до 1:30. И хотя в начале наблюдений, когда естественная освещенность падает, насекомые все меньше ориентируются на свет вечерней зари и все больше на искусственный источник света, который становится наиболее сильным раздражителем, слабое увеличение активности лёта на свет фотоксенов мы объясняем тем, что в период наших наблюдений один фактор погодных условий — облачность — почти всегда оставался неизменным: было малооблачно. Из этого можно сделать вывод, что слабое снижение или увеличение числа фотоксенов обуславливается тем, что вечерняя заря на протяжении всех наблюдений оставалась ориентиром для мигрирующих насекомых. Снижение числа фотоксенов в конце ночи можно объяснить тем, что ближе к утру занимается утренняя заря, и насекомые снова начинают ориентироваться на более мощный источник света — солнце, либо в это время миграции ночных и сумеречных насекомых прекращаются.

На рис. 33. можно заметить, что наибольшее количество насекомых прилетало в 1:30 и в 4:30 (но в это время мы наблюдения не проводили).

**Температура.** Мы выявили положительную зависимость количества прилетающих на свет насекомых от температуры воздуха. Было установлено, что в теплые ночи насекомые летят на свет лампы в большем числе, чем в холодные (когда температура ниже 10 °С). Следует также отметить, что эта же зависимость была выявлена нашими предшественниками в 2009 году. Это можно объяснить тем, что в теплое время насекомые в целом более активны, так как обладают моторным типом терморегуляции то есть температура тела варьирует и зависит от температуры окружающей среды, поэтому в самую теплую ночь (18,5 °С) прилетело больше всего насекомых. Хотя, обобщив данные за несколько лет исследований, явную связь между активностью лета и температурой воздуха мы выявили только в 2014 и в 2015 годах (рис. 34). По результатам всех обработанных данных мы заметили, что зависимость между числом насекомых и температурой всегда проявляется при низких температурах. Иными словами, когда температура воздуха меньше 5 °С, насекомые почти не летят на свет, но если температура воздуха возрастает и превышает 7 °С, они начинают лететь в массе.

Но все же активность лёта на свет зависит не только температуры, а от совокупности условий (температура, уровень освещенности, время суток).

**Свет.** Была выявлена отрицательная закономерность между освещенностью и количеством прилетевших на свет насекомых. Такая же зависимость была выявлена в 2014 году (Дралкина и др., 2014). Понятно, что при низкой освещенности единственным ориентиром летящих насекомых является ртутная лампа, в то время как при более высокой освещенности насекомые могут с большим успехом ориентироваться на свет вечерней или утренней зари, что резко снижает эффективность их лета на искусственный свет, который в таких условиях чаще остается незамеченным.

**Давление.** В отличие от работ наших предшественников, в 2015 году мы выявили положительную зависимость между атмосферным давлением и количеством прилетающих на свет насекомых. Тест Спирмена выдал отрицательный коэффициент корреляции, что означает обратную связь между давлением и числом прилетевших насекомых. Мы это объясняем незначительным разбросом значений, так как в течение всех ночей атмосферное давление было равно примерно  $760 \pm 2$  мм рт. ст., а также тем, что наши предшественники измеряли давление в гПа, ориентируясь на данные метеостанции, которая впоследствии оказалась неисправной.

## Выводы

1. Мы исправили и дополнили список представителей отряда Lepidoptera, прилетающих на свет в Удомельском районе Тверской области.
2. Выявлена положительная зависимость числа прилетающих на свет насекомых от температуры воздуха.
3. Как и во всех наблюдениях прошлых лет, выявлена отрицательная зависимость числа прилетающих на свет насекомых от уровня освещенности.
4. Были обработаны данные 2010, 2011, 2013, 2014, 2015 годов, проанализировано есть ли зависимость от каких-либо факторов, опираясь на данные этих лет.

## Резюме

Уже несколько столетий лет на свет изучается энтомологами, однако до сих пор точно не известны факторы, влияющие на лет фотоксенов на искусственный свет. Наблюдения за летом насекомых проводились с 29 июня по 4 июля с 22:30 по 03:30, обращали внимание на число прилетевших насекомых и видовой состав ночных бабочек.

Мы выявили положительную зависимость числа прилетевших насекомых от температуры воздуха и отрицательную зависимость от освещенности, что подтверждает результаты наших предшественников. Также мы получили связь числа насекомых от времени: к середине ночи насекомых было больше, а вечером и к утру — меньше всего, что можно связать с уровнем освещенности. Мы впервые за все время исследований (с 2010 года) выявили обратную зависимость числа прилетевших насекомых от атмосферного давления, но скорее всего такой результат был выдан из-за ошибки данных. В графиках зависимости числа прилетевших насекомых от влажности (рис. 4) и ветра (рис. 5) связь не прослеживается.

## Литература

1. Андреева А., Данилин И. и др. - "Атлас чешуекрылых, летящих на свет на западном берегу озера Молдино" - [Неопубликованная рукопись] 2014
2. Горностаев Г. Н. - "Введение в этологию насекомых - фотоксенов", - Наука, 1984. - 101 – 107. 1984
3. Горностаев Г. Н. - "Определитель отрядов и семейств насекомых фауны России", - Логос, 1999 - 176 с.
4. Карцев В. М., Фарафонова Г. В., Ахатов А. К., Беляева Н. В. и др. - "Насекомые европейской части России. Атлас с обзором биологии" - Фитон 21, 2015, 568 с.
5. Чернышев В. Б. – “Экология насекомых”, - Изд-во МГУ, 1996. - 304 с.
6. Johnson, C. G. 1969 [электронный ресурс] - <http://www.cabdirect.org/abstracts/19690501815.html>
7. Дралкина М., Юркина А., Динамика численности насекомых, прилетающих на свет в темное время суток в Удомельском районе Тверской области. [электронный ресурс]. – 2014 – режим доступа: <http://www.bioclass.ru/files/konf15/light.pdf>
8. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. – 2012. – URL <http://www.Rproject.org/>.

## Благодарности

Мы благодарим С.М. Глаголева и Е.В. Елисееву за организацию практики на биостанции «Озеро Молдино», а также Надежду Жукову, Надежду Кузнецову и Александру Щербакову за помощь в определении бабочек и Марию Дралкину за помощь в оформлении работы.