

Московская гимназия на Юго-Западе №1543  
Кафедра биологии

**Динамика численности насекомых,  
прилетающих на свет в темное  
время суток в Удомельском районе  
Тверской области**

Отчет о научно-исследовательской работе

М. Дралкина (9Б)  
А. Юркина (9Б)  
Е. Овчаренко (9Б)

Научные руководители:

П.А. Волкова  
П.Н. Петров  
Ю.О. Копылов-Гуськов

Москва  
2014

## Введение

Лет насекомых на свет интересовал человека с древних времен. Ведь это действительно поразительное явление. В середине XVII века этот феномен стали использовать для ловли насекомых в научных целях. На свет летят представители многих отрядов, с различным образом жизни, но, как правило, это ночные и сумеречные насекомые. Фотоксены — так называют насекомых, летящих на свет в темное время суток.

Во время миграций сумеречные и ночные насекомые ориентируются на свет вечерней зари (участок неба, освещенный недавно зашедшим солнцем).

Лучи вечерней зари параллельны, и насекомому удастся сохранить нужное ему направление, так как оно летит под некоторым углом к лучам (в основном, ультрафиолетовым). Однако лучи ртутной лампы, свет которой содержит значительное количество ультрафиолета, расходятся радиально, поэтому, сохраняя тот же угол полёта относительно лучей, насекомое по спирали летит к лампе (ведь излучение ртутной лампы оказывается сильнее излучения, исходящего от вечернего неба). Из-за непараллельных лучей лампы насекомое дезориентируется, и у него включается так называемая «реакция бегства» – стремление на простор. У насекомых механизм «реакции бегства» реализуется как стремление к свету, теперь уже не только ультрафиолетовому. Обычно, находясь в 2–3 метрах от лампы, они уже не могут улететь. Так что лет на свет – довольно эффективный и распространенный способ привлечения насекомых (Горностаев, 1984).

Ловля насекомых на свет используется в науке уже множество лет. Изначально просто устанавливался осветительный прибор, а затем прилетающих насекомых ловили наблюдатели, но в последнее время все более распространенными способами стали те, при которых насекомые, прилетев на свет, не могут улететь, и затем их исследуют ученые днем (Williams and Killington, 1935; Vogush, 1936).

Так в малоизученном Удомельском районе Тверской области проводил свои исследования А.Г.Коробков, он ловил насекомых на свет различных ультрафиолетовых ламп в районе Калининской АЭС и изучал фауну чешуекрылых (Lepidoptera). А.Г. Коробков и А.Ю. Матов составили наиболее полный список совкообразных Удомельского р-на и Тверской обл. в целом (Коробков, Матов, 2009).

Активность лета насекомых на свет, предположительно, зависит от разных факторов, важнейшие из которых: время суток, температура, освещенность, влажность воздуха, осадки, атмосферное давление, сила ветра. Все эти факторы действуют в сложном сочетании, и разные группы фотоксенов по-разному к ним чувствительны (Горностаев, 1984).

С целью внести свой вклад в изучение зависимости активности лета от этих условий, учителя и ученики Московской гимназии на Юго-Западе №1543 с 2009 года ведут научно-исследовательскую работу по динамике лета насекомых на свет. Мы продолжаем это исследование.

Нашими предшественниками проводились исследования по изучению динамики лета фотоксенов в течение ночи, т. е. зависит ли количество, летящих на свет насекомых от времени суток. И во все годы исследования, кроме 2009 (когда наблюдения велись только в первую половину ночи), динамика была следующей: к середине ночи общее число насекомых возрастало, и затем снижалось к утру.

По результатам наших предшественников, которые мы обобщили в табл.1, можно заметить, что в 2009, 2012 была выявлена положительная зависимость числа летящих на свет насекомых от температуры, а также в 2011, 2012 годах — обратную зависимость от освещенности, в остальные же годы данные по освещенности не собирали (Андреева и др., 2010, 2011; Данилин и др., 2011; Иванова и др., 2013; Волков, Пименов, 2013). Ни в один год не выявили статистически значимой зависимости лета на свет насекомых от влажности воздуха. Следует отметить, что температура в начале ночи имеет максимальное значение, а к утру падает на 3–5 °С, влажность воздуха

сопряженно изменяется с температурой воздуха, в чем выше температура – тем ниже влажность, то есть в начале ночи влажность воздуха принимает минимальное значение, а затем возрастает к утру. Освещенность в начале наблюдений низкая (от 10 до 0 лк), а концу – высокая (примерно 1700 лк), причём она начинает заметно повышаться после 04:00 (Данилин и др., 2011). Также измерялись атмосферное давление и сила ветра, но в этом году выяснилось, что метеостанция, с помощью которой измерялись эти погодные факторы, работала с перебоями, значения, которые она выдавала, неадекватны и очень сильно отличаются от данных с метеостанции ближайшего к нашей биостанции города – Вышнего Волочка (архив данных мы взяли с сайта [gr5.ru](http://gr5.ru))

За пять лет работы были обнаружены виды чешуекрылых, которые раньше не встречались в Удомельском р-не (по «Каталогу чешуекрылых (Lepidoptera) России») (Синёв, Козлов, 2008; Данилин и др., 2011; Волков, Пименов, 2013):

- Сем. Geometridae (Пяденицы):  
*Abraxas grossulariata* (Linnaeus, 1758)  
*Cosmorhoe ocellata* (Linnaeus, 1758)  
 Сем. Notodontidae (Совки):  
*Phalera bucephala* (Linnaeus, 1758)  
*Parasemia plantaginis* (Linnaeus, 1758)  
*Pheludeoria potatoria* (Linnaeus, 1758)  
*Nymphalis polychloros* (Linnaeus, 1758)  
*Papilio machaon* (Linnaeus, 1758)  
*Polyommatus amandus* (Schneider, 1792)  
*Sesia apiformis* (Clerck, 1759)  
*Yponomeuta malinella* (Zeller, 1838)

Таблица 1. Обобщающая таблица по результатам исследований динамики лета фотоксенов на биостанции «озеро Молдино» за все годы исследования. Сокращения: «накал.» - лампа накаливания; «+/- завис-ть» - положительная/отрицательная зависимость; «—» - нет данных.

год	2009	2010	2011	2012	2013					
погодные условия	<b>типы ламп</b>									
	ртутная (ДРЛ-250)	кварцевая	накал. (150 Вт)	ртутная (ДРЛ-250)	лампа накал. (100 Вт), энергосберегающая (20 Вт)	накал. (150 Вт)	накал. (300 Вт)	ртутная (ДРЛ-250)	2 лампы накал. (200 Вт)	
температура	+ завис-ть	—	+ завис-ть только для отдельных таксонов	нет завис-ти		+ завис-ть		нет завис-ти		
влажность	нет зависимости									
освещенность	—	—	—	- завис-ть		- завис-ть		—		

Летом 2014 года мы продолжили наблюдения за прилетающими на свет насекомыми. Цель нашей работы – изучить динамику численности, прилетающих на свет насекомых в темное время суток в зависимости от времени, погодных условий и типа ламп. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. обобщить и проанализировать данные, полученные за 2009–2014 гг;
2. сравнить интенсивность лета насекомых на одну ртутную лампу и на две лампы накаливания со слабой ультрафиолетовой лампой;
3. отработать методику учета представителей отряда Lepidoptera с точностью до вида.

## Материалы и методы

Наблюдения проводили с 22 июня по 6 июля 2014 года на базе школьной биостанции «Озеро Молдино» в деревне Полукарпово Удомельского района Тверской области.

Установки для ловли насекомых на свет располагались на восточных стенах двух деревянных строений: «Бани» (на протяжении всех ночей) и «Антибани» (со 2 по 6 июля). К стенам были прикреплены две белые простыни размером 0,82 × 1,45 м каждая. В середине верхней части каждой простыни чёрным маркером был начерчен квадрат, размером 50 × 50 см. Центр квадрата находился на высоте примерно 1,70 м от земли. Рядом с каждой простыней, около стены стояли покрытые белой бумагой и полиэтиленом парты так, что нижняя часть простыни, длиной 15–20 см, закрывала часть парты.

В состав установки, смонтированной на стене «Бани», входила ртутная лампа мощностью 250 Вт (ДРЛ-250), которая была расположена напротив центра квадрата на расстоянии 10–12 см от него. А в установке, находившейся на стене «Антибани», использовались две лампы накаливания мощностью 200 Вт каждая и ультрафиолетовая лампа мощностью 2 Вт, все три висящие напротив центра квадрата.

Мы включали лампы в 22:30, наблюдения начинали в 23:30, а заканчивали в 4:30 и в это же время выключали лампы. Во время дождя эксперимент не проводился.

Каждые 15 минут мы отмечали в бланке показания электронной метеостанции «LEFUTUR»: температуру воздуха в градусах Цельсия и его относительную влажность. С такой же периодичностью записывали число насекомых, находившихся в пределах квадрата, и учитывали виды бражников (сем. Sphingidae) со всей простыни. При этом, если насекомых прилетало много, и сосчитать их было трудно, мы фотографировали квадрат и считали количество насекомых днем по фотографии.

Мы собирали и фотографировали редких ночных бабочек (отр. Lepidoptera). А в ночь с 3 на 4 июля мы каждые 15 минут на установке у «Бани» отмечали всех прилетевших представителей чешуекрылых из «Атласа чешуекрылых, летящих на свет на западном берегу озера Молдино» (Андреева и др., 2014). Причем мы отмечали только наличие каждого вида в каждый отрезок времени, а не число представителей этого вида. Если прилетали виды чешуекрылых, которых нет в атласе (а это бывало часто), мы старались их собирать или фотографировать, чтобы потом их можно было определить, однако мы этим не занимались

Если начинался дождь, мы заканчивали эксперимент и выключали установку, чтобы избежать повреждения осветительных приборов. В ночи с 29 на 30 июня (6-я ночь наблюдений), и с 5 на 6 июля (10 ночь наблюдений) мы 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 наблюдения не проводились вовсе.

Перед тем, как приступить к статистической обработке данных, нам пришлось удалить выбросы: если за 15 минут количество прилетевших на свет насекомых резко увеличивалось или уменьшалось более чем на 200 штук, мы удаляли такое значение. А также мы не учитывали данные метеостанции по 10 ночи наблюдений (с 4 на 5 июля), так как в ту ночь метеостанция была неисправна. Статистическую обработку данных мы проводили в среде R (R Core Team, 2012).

## Результаты

### Зависимость численности прилетающих насекомых от времени суток и температуры

На рис. 1–8 представлены графики по зависимости от времени числа насекомых и температуры воздуха для всех полных ночей наблюдений (мы опустили графики по 6-ой и 10-ой ночам, потому что наблюдения проводились лишь в начале ночи) для установки на «Бане» (с ртутной ультрафиолетовой лампой). В большинстве ночей можно наблюдать рост численности насекомых к середине ночи и уменьшение к концу (рис. 1, 2, 4, 7, 8), тогда как температура имеет более высокие значения в начале ночи, и снижается к концу. Однако, следует заметить, что в 3-ю и 7-ую ночи наблюдений (рис. 3, 5, 6) результаты отличаются: на рис. 3 и 6 видно, что число насекомых в начале ночи высоко и снижается к концу, как и температура, есть высокодостоверная положительная связь между числом насекомых и температурой (корреляционный тест Спирмена:  $p < 0,001$ ;  $\rho = 0,77$  – для 3-ей ночи;  $p < 0,001$ ;  $\rho = 0,8$  – для 7-ой ночи); а в 5-ую ночь наблюдений практически на протяжении всей ночи фотоксены не летели на свет вовсе (рис. 5). Так же можно заметить, что во 2-ую, 4-ую, 7-ую и 8-ую ночи температура падала на 2-3 градуса, а в остальные же на 4-6.

Далее на рис. 9–11 приведены графики для полных ночей наблюдений у «Антибани» (2 лампы накаливания + слабая ультрафиолетовая), также иллюстрирующие зависимость числа прилетающих насекомых и температуры от времени. Здесь также можно увидеть, что число насекомых возрастает к середине ночи и убывает к концу, несмотря на то, что летело меньше, чем на свет мощной ртутной лампы. Также следует отметить, что в отличие от результатов по «Бане» в 7-ую ночь наблюдений на «Антибане» (рис. 9) число насекомых, как и в большинстве случаев, возрастает к середине и снижается к концу ночи.

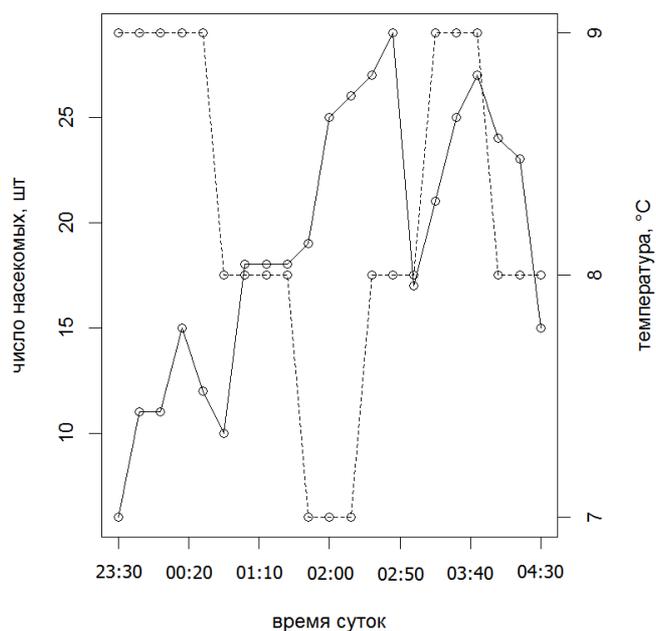


Рис.1

Зависимость числа насекомых, прилетающих на свет ртутной лампы, и температуры воздуха от времени суток. 1-ая ночь наблюдений. Пунктиром соединены значения температуры, а сплошной линией – числа насекомых.

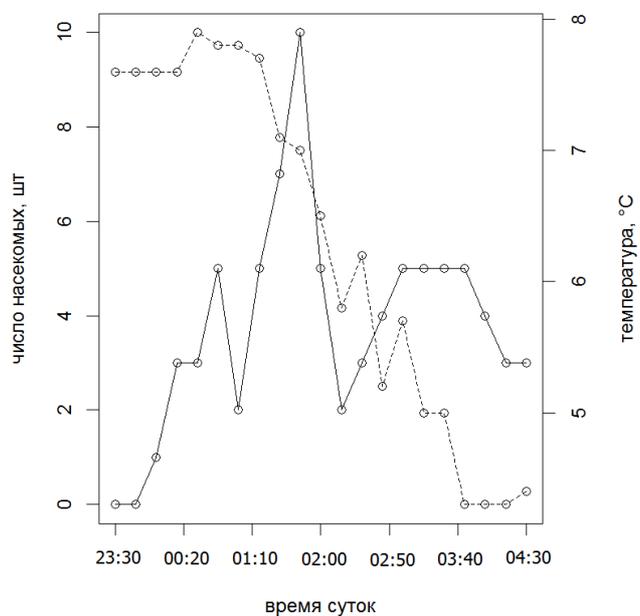


Рис. 2

Зависимость числа насекомых, прилетающих на свет ртутной лампы, и температуры воздуха от времени суток. 2-ая ночь наблюдений. Пунктиром соединены значения температуры, а сплошной линией – числа насекомых.

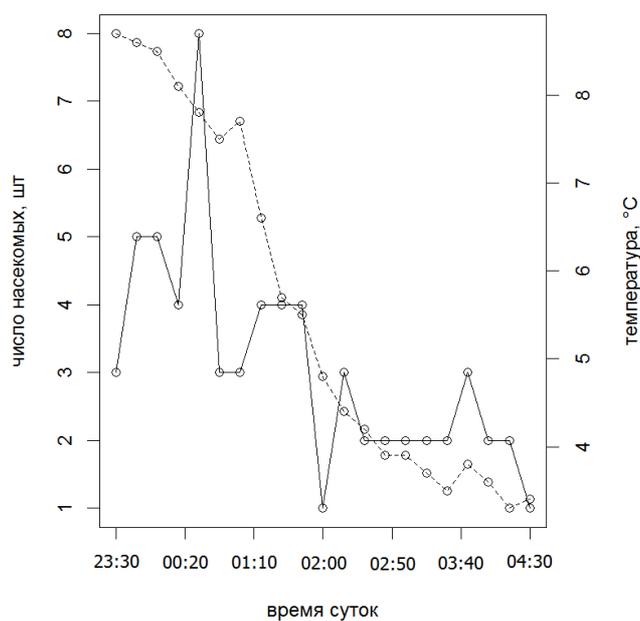


Рис. 3

Зависимость числа насекомых, прилетающих на свет ртутной лампы, и температуры воздуха от времени суток. 3-я ночь наблюдений. Пунктиром соединены значения температуры, а сплошной линией – числа насекомых.

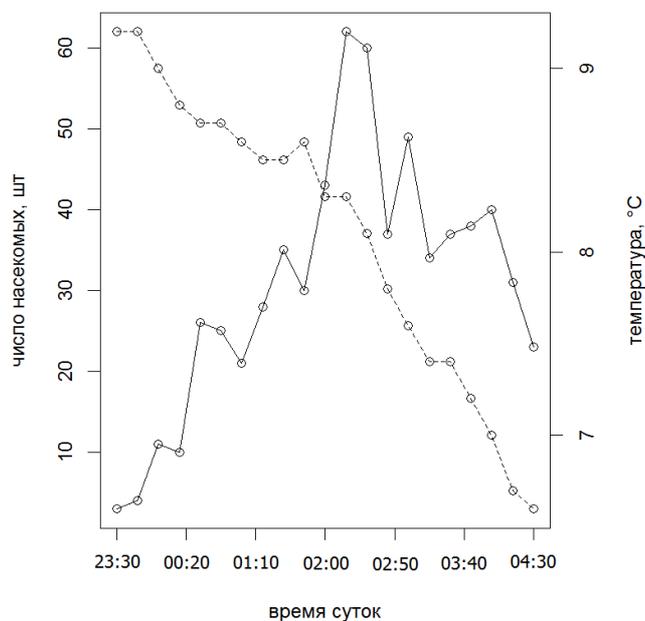


Рис. 4

Зависимость числа насекомых, прилетающих на свет ртутной лампы, и температуры воздуха от времени суток. 4-я ночь наблюдений. Пунктиром соединены значения температуры, а сплошной линией – числа насекомых.

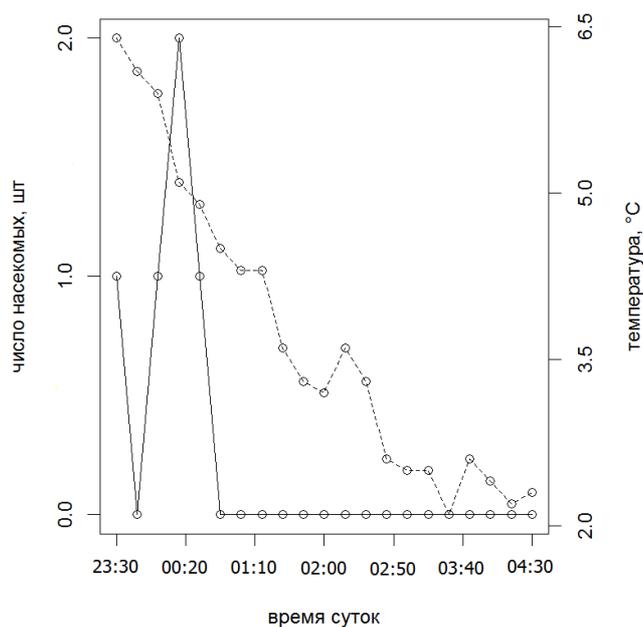


Рис. 5

Зависимость числа насекомых, прилетающих на свет ртутной лампы, и температуры воздуха от времени суток. 5-я ночь наблюдений. Пунктиром соединены значения температуры, а сплошной линией – числа насекомых.

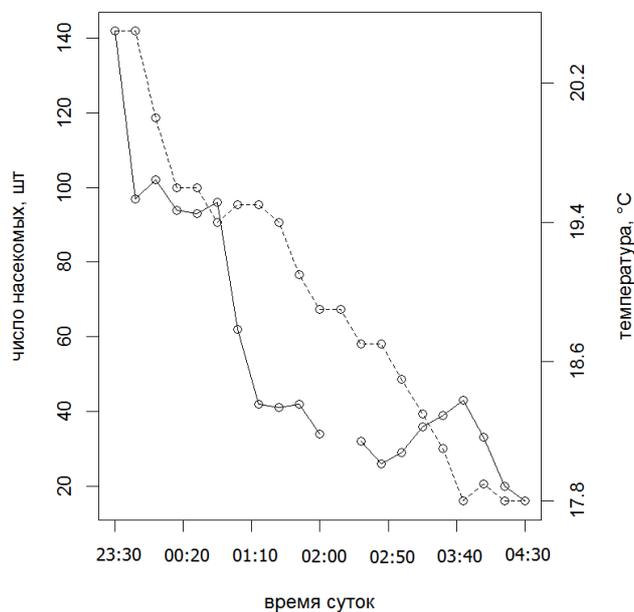


Рис. 6

Зависимость числа насекомых, прилетающих на свет ртутной лампы, и температуры воздуха от времени суток. 7-ая ночь наблюдений. Разрыв обусловлен отсутствием данных за 02:00—02:15. Пунктиром соединены значения температуры, а сплошной линией – числа насекомых.

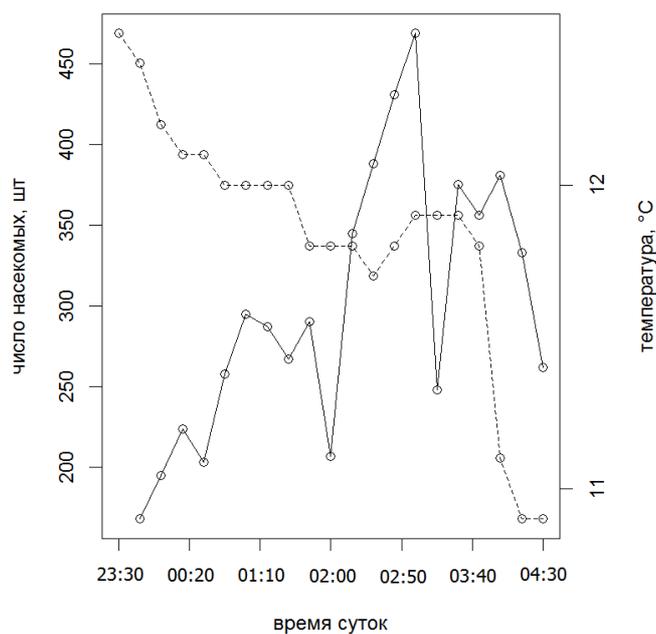


Рис. 7

Зависимость числа насекомых, прилетающих на свет ртутной лампы, и температуры воздуха от времени суток. 8-ая ночь наблюдений. Пунктиром соединены значения температуры, а сплошной линией – числа насекомых.

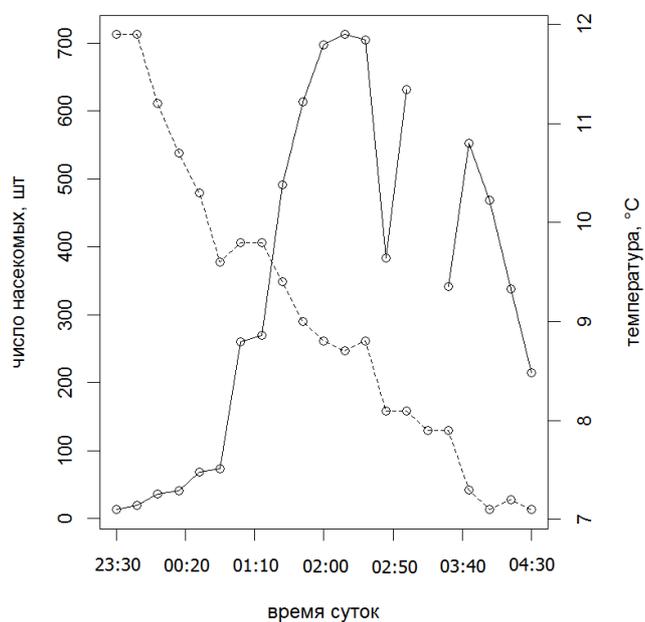


Рис. 8

Зависимость числа насекомых, прилетающих на свет ртутной лампы, и температуры воздуха от времени суток. 9-ая ночь наблюдений. Разрыв обусловлен отсутствием данных за 03:00—03:15. Пунктиром соединены значения температуры, а сплошной линией – числа насекомых.

Далее представлены графики по наблюдениям на установке «Антибаня» (рис. 9-11).

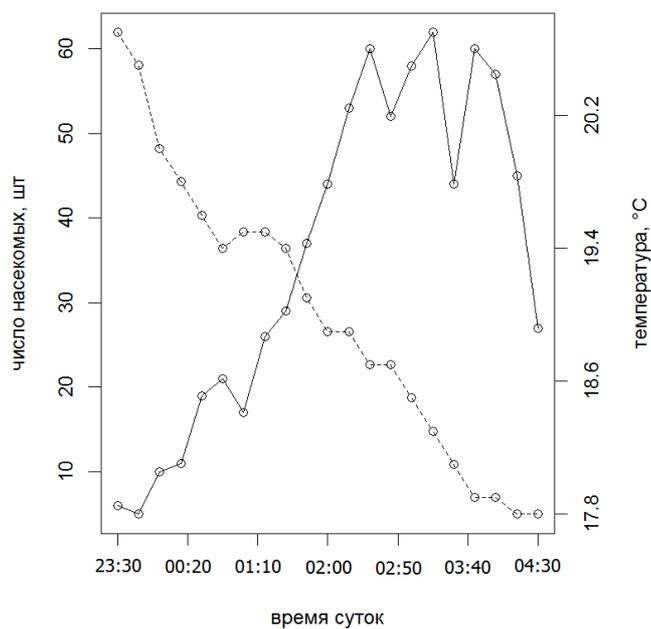


Рис. 9

Зависимость числа насекомых, прилетающих на свет 2 ламп накаливания и одной ультрафиолетовой (2Вт), и температуры воздуха от времени суток. 7-ая ночь наблюдений. Пунктиром соединены значения температуры, а сплошной линией – числа насекомых.

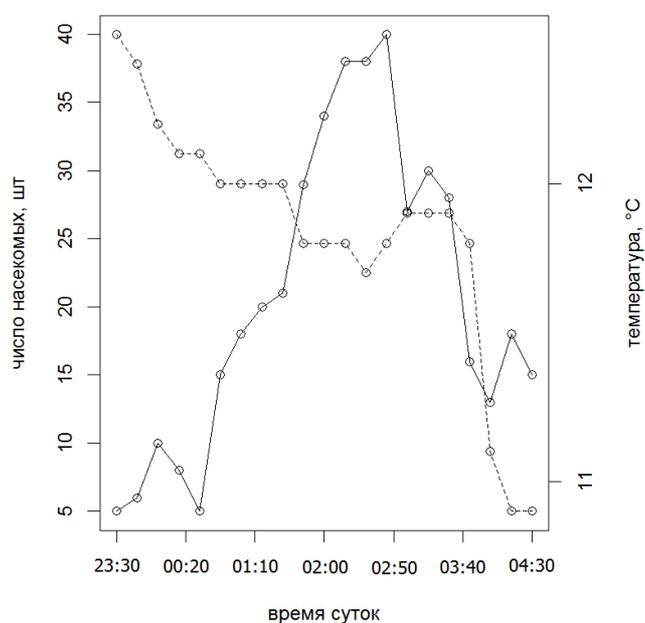


Рис. 10

Зависимость числа насекомых, прилетающих на свет 2 ламп накаливания и одной ультрафиолетовой (2Вт), и температуры воздуха от времени суток. 8-ая ночь наблюдений. Пунктиром соединены значения температуры, а сплошной линией – числа насекомых.

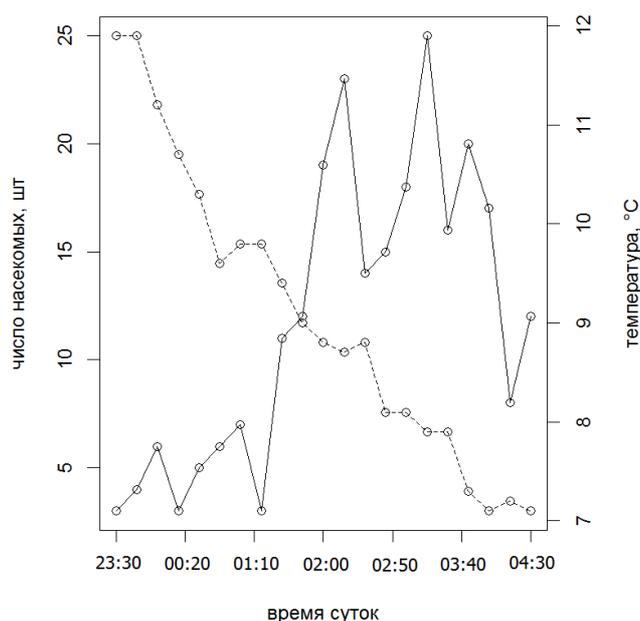


Рис. 11

Зависимость числа насекомых, прилетающих на свет 2 ламп накаливания и одной ультрафиолетовой (2Вт), и температуры воздуха от времени суток. 9-ая ночь наблюдений. Пунктиром соединены значения температуры, а сплошной линией с числа насекомых.

### Влажность

На рис. 14-15 изображены диаграммы рассеяния по зависимости количества насекомых от влажности воздуха. Линейной связи не наблюдается, так как при крайних значениях влажности воздуха, число насекомых выше, чем при среднем. Достоверной линейной связи мы не обнаружили ни у «Бани» ( $p = 0,6876$ ;  $\rho = 0,03$ ), ни у «Антибани» ( $p = 0,78$ ;  $\rho = -0,03$ ) при проверке корреляционным тестом Спирмена. Отдельно мы посмотрели корреляцию для двух интервалов влажности (границей служило значение в 70 %) для «Бани» и «Антибани». Для первого интервала (до 70%) у «Бани» существует высокодостоверная сильная обратная зависимость количества насекомых от влажности воздуха (корреляционный тест Спирмена:  $p < 0,001$ ;  $\rho = -0,85$ ), для второго интервала (выше 70%) у «Бани» существует достоверная слабая положительная зависимость (корреляционный тест Спирмена:  $p = 0,007$ ;  $\rho = 0,22$ ), для первого интервала у «Антибани» существует достоверная сильная положительная зависимость (тест Спирмена:  $p < 0,001$ ;  $\rho = 0,75$ ), и для второго интервала (выше 70%) для «Антибани» существует достоверная положительная зависимость количества насекомых от влажности воздуха (корреляционный тест Спирмена:  $p = 0,027$ ;  $\rho = 0,58$ ).

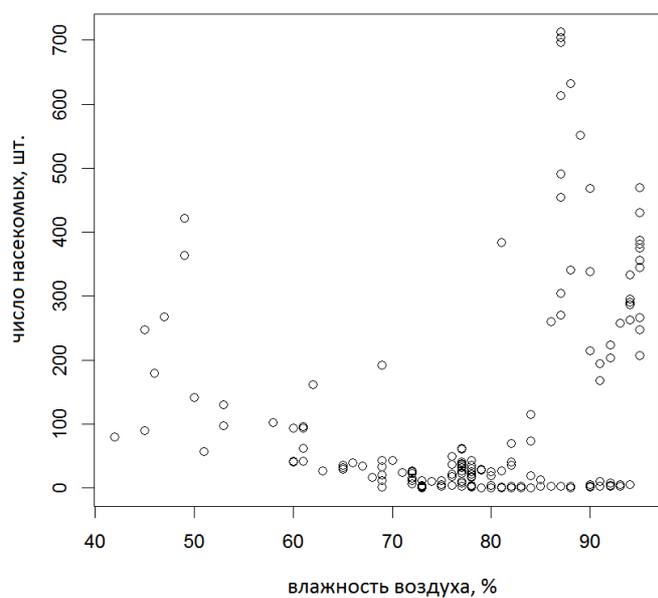


Рис. 14  
Зависимость числа насекомых, летающих на свет у «Бани», от влажности воздуха.

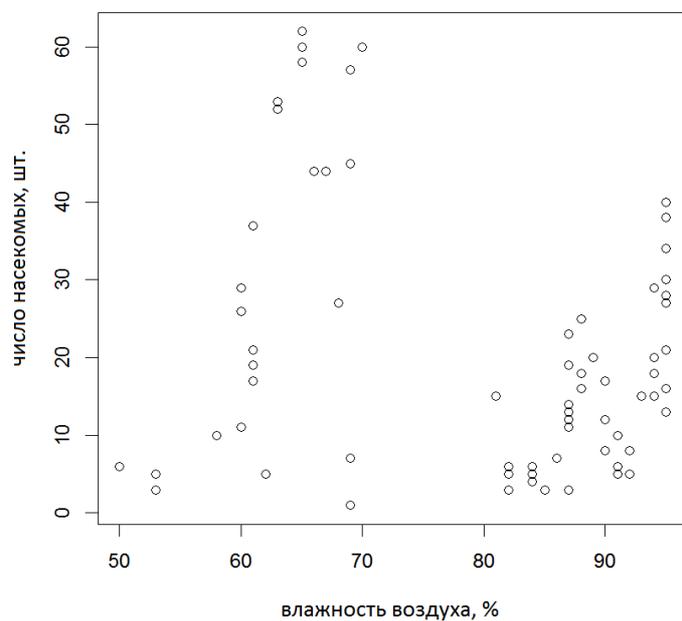


Рис. 15  
Зависимость числа насекомых, летающих на свет у «Антибани», от влажности воздуха.

### Учет видов чешуекрылых

В течение одной полной ночи (с 3 на 4 июля) каждые 15 минут мы отмечали прилетевших на свет ртутной лампы представителей отряда Lepidoptera по видам, которые были в «Атласе чешуекрылых, летящих на свет на западном берегу озера Молдино», а остальных мы ловили и фотографировали, но не определяли (Андреева и др., 2014), и получили результаты, представленные в табл. 2.

Таблица 2. Виды бабочек, прилетевших на свет ртутной лампы

Вид	Сколько раз был отмечен
<i>Abraxas grossulariata</i>	1
<i>Abraxas sylvata</i>	1
<i>Alucita pentadactyla</i>	4
<i>Aplocera praeformata</i>	1
<i>Diachrysia chrysitis</i>	2
<i>Euthrix potatoria</i>	1
<i>Geometra papilionaria</i>	2
<i>Hyphantria cunea</i>	3
<i>Laothoe populi</i>	3
<i>Lithacodia fasciata</i>	3
<i>Mimas tiliae</i>	1
<i>Ourapteryx sambucaria</i>	2
<i>Rhiparia purpurata</i>	3
<i>Spilosoma lubricipedium</i>	5

### Сравнение интенсивности лета насекомых на свет разных ламп

Если посмотреть на следующую диаграмму размаха (рис. 17), можно увидеть, что на свет ртутной лампы («Баня») летит существенно больше насекомых, чем на свет двух ламп накаливания и одной ультрафиолетовой.

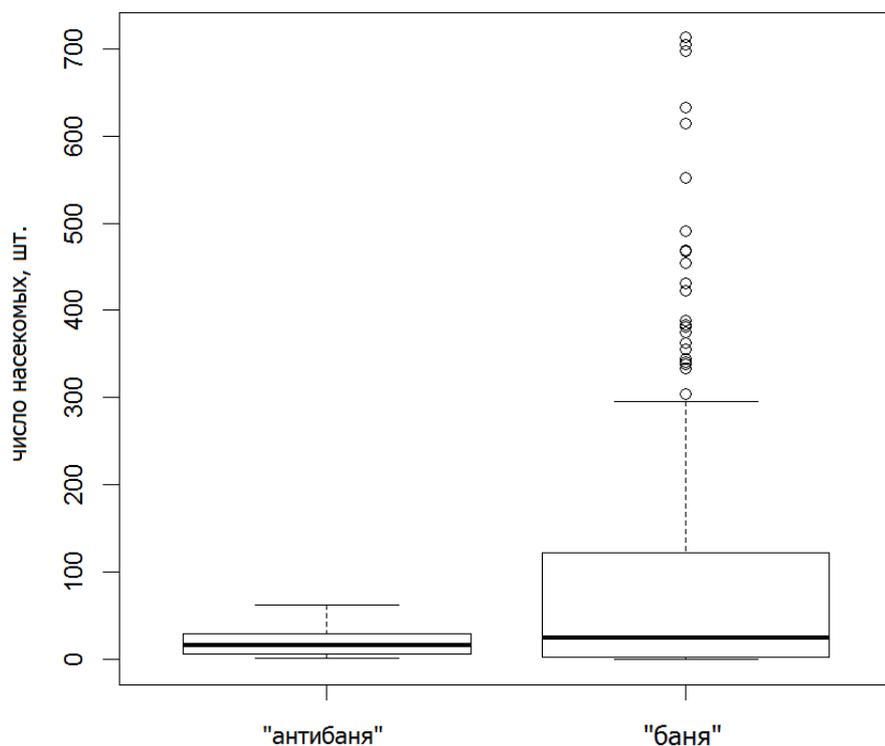


Рис. 17

Сравнение интенсивности лета на ртутную лампу и две лампы накаливания и ультрафиолетовую. «Антибаня» - количество насекомых, летящих на свет 2 лампы накаливания и одной ультрафиолетовой лампы, «Баня» - количество насекомых, летящих на свет ртутной лампы. На графике показана медиана (средняя линия «ящика»), квартильный размах (верхняя и нижняя стенки «ящика»), минимальное и максимальное значение (концы «усов»).

## Обсуждение

### Время суток

Мы обнаружили, что число насекомых достигает максимума в середине ночи (примерно к 02:00—03:00) и дальше снижается к утру. По данным 2011 года, освещенность в начале наблюдений низкая (от 10 до 0 лк), а концу – высокая (примерно 1700 лк), причём она начинает повышаться после 03:00 (Данилин и др., 2011), те же результаты получили и в 2012 году (Иванова и др., 2013). Значит, 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. А резкое снижение числа фотоксенов в конце ночи можно объяснить тем, что ближе к утру занимается заря и насекомые снова начинают ориентироваться на более мощный источник света — солнце, либо в это время миграции ночных и сумеречных насекомых прекращаются.

В 3-ю, 5-ую, и 7-ую ночи результаты отличаются. В 5-ую ночь это можно объяснить тем, что было самое малое число прилетевших фотоксенов (температура в ту ночь была примерно 2—6 °С), да и в 3-ую ночь число насекомых было чрезвычайно мало (возможно, тоже из-за низкой температуры воздуха). Но в 7-ую ночь наблюдений в начале ночи количество насекомых было довольно высоко (142 насекомых) и снижалось к концу ночи (температура достигала 20 °С). В ту же ночь на «Антибане» (рис. 9) численность возрастала к середине ночи (примерно к 03:00) и снижалась к концу. Мы не смогли определить, в связи с чем могла возникнуть такая динамика.

### Погодные условия

Обобщая данные за все шесть лет наблюдений, мы сравнивали только результаты по ртутной лампе (ДРЛ-250), так как ее использовали каждый год кроме 2010 (тогда сравнивали кварцевую лампу и лампу накаливания) и 2012 (тогда сравнивали разные лампы накаливания). Из табл. 3 видно, что положительная зависимость числа прилетевших фотоксенов от температуры выявилась в 2009 и 2014 годах, однако в 2009 положительная зависимость была лишь у некоторых таксонов (отрядов Lepidoptera, Coleoptera, Homoptera, Trichoptera, бражника *Deilephila porcellus*). А в 2014 году положительная зависимость была лишь в 3-ю ночь наблюдений (рис. 3) и в 7-ую ночь наблюдений (рис. 6). В целом ни в один год не выявили зависимости от влажности воздуха, кроме 2009, когда от относительной влажности воздуха положительно зависела лишь численность представителей отряда ручейники (Trichoptera). В 2011 и в 2012 годах измеряли освещенность и численность насекомых отрицательно от нее зависела. На рис. 21 видно, есть ночи, когда квартильный размах превышал 50—60 шт. насекомых (отмечены зеленым), в большинство таких ночей температура была от 16 до 20 °С, хотя 2-го и 3-го июля 2014 года температура была примерно от 7 до 12 °С, также в эти ночи были необъяснимые аномальные всплески численности насекомых. Также стоит отметить, что в 2009 году наблюдения велись только в первой половине ночи.

Таблица 3. Зависимости между числом фотоксенов и различными факторами за все годы исследования (ртутная лампа).

	2009	2011	2013	2014
температура	положительная	нет зависимости	нет зависимости	положительная, только в две ночи
влажность	нет зависимости			
освещенность	—	отрицательная	—	—

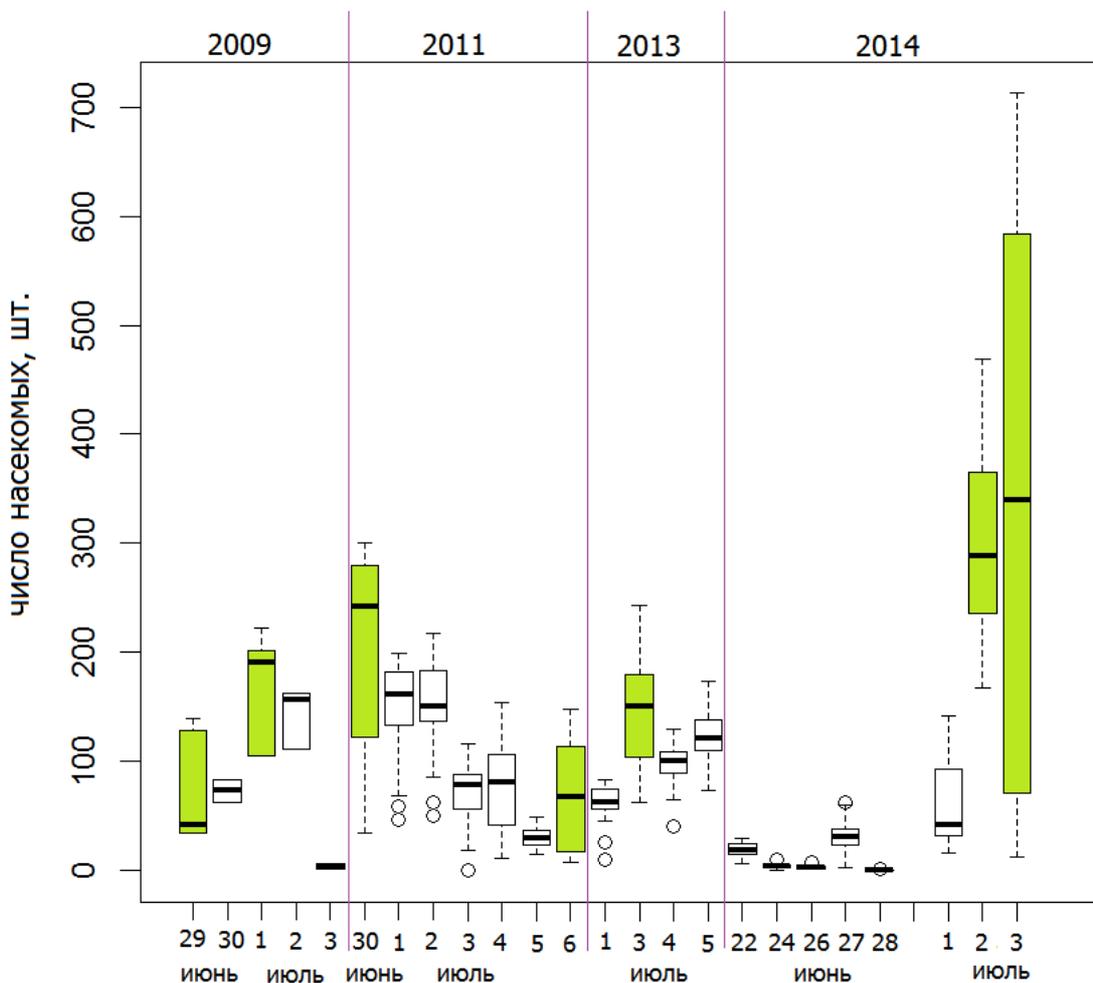


Рис. 21

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»). Зеленым выделены «ящики» в которых виден наибольший квартильный размах

### Температура

По результатам мы выявили положительную линейную зависимость числа насекомых от температуры только в 3-ю и 7-ую ночи наблюдений у «Бани» (рис. 3, 6). Положительную связь выявили и наши предшественники в 2009 году. А также в Австрии в 1990 наблюдатели установили положительную зависимость численности насекомых от температуры, но, в отличие от нашей работы, они изучали представителей отряда Trichoptera, которых ловили на свет лампы, излучающей свет в наиболее длинноволновом диапазоне (Waringer, 1991). К тем же выводам пришли в Англии, изучая представителей отряда Lepidoptera (чешуекрылые) семейств Noctuidae (совки) и Pyralidae

(огневки), которых ловили на газоразрядную ртутную лампу мощностью 125 Вт, что частично совпадает с нашими результатами (McGeachie, 1989).

В остальные же ночи температура имеет суточный ход, вовсе не похожий на зависимость числа насекомых от времени. В начале ночи температура имеет максимальное значение, а численность насекомых наоборот самая низкая, затем температура плавно снижается, а число насекомых возрастает к середине ночи, и только затем уменьшается. Так же можно заметить, что когда температура воздуха была довольно низкой (3—5 °С), то насекомых прилетало крайне мало. Возможно, это связано с тем, что многим насекомым при низкой температуре сложнее согреться и взлететь. Но все же нельзя сказать, что насекомых летело тем больше, чем выше температура: в самую теплую ночь, когда температура достигала 20 °С, насекомых летело меньше (max=140 шт.), чем в ночь с температурой 10—12 °С (прилетало до нескольких сотен насекомых). Вероятно, это можно объяснить тем, что высокие значения бывали только в начале ночи (в течение ночи температура понижается), а в начале ночи, как мы уже предполагали, насекомых летит меньше в связи с тем, что многие еще ориентируются на свет вечерней зари. Так что больше всего насекомых летело при температуре примерно 8—12 °С.

Как видно из табл. 2, во все года, где была выявлена достоверная зависимость между числом насекомых и температурой, она была только положительной. А также из диаграммы размаха по всем ночам наблюдений с ртутной лампой (рис. 21) выделяются зеленые «ящики с усами», это диаграммы, где размах довольно велик. Но среди этих «ящиков» есть особенно большие, как в ночь 3-го июля 2014 года, такой колоссальный размах не встречается больше ни в один год. В эту ночь температура варьируется от 7 до 12 °С, однако есть ночи, где температура воздуха достигала 19 °С, но численность насекомых была крайне мала (например, 5 июля 2011). Возможно, небывалый размах, отмеченный в июле 2014 года, связан с тем, что после продолжительного похолодания (беспрецедентного за годы наблюдений) многие насекомые разом приступили к миграциям, и наиболее многочисленные из них достигали в определенные часы беспрецедентных пиков.

### **Влажность**

Мы разбили значения влажности на два интервала (до 70% и выше 70%) и выявили, что и у «Бани», и у «Антибани» существует положительная корреляция для интервала «выше 70%», однако у «Бани» она слабая, а у «Антибани» она более сильная. Для интервала «до 70%» у «Бани» выявилась отрицательная сильная зависимость количества насекомых от влажности воздуха, а у «Антибани» положительная сильная зависимость. Определенной закономерности мы здесь не наблюдаем, результаты для «Бани» и «Антибани» весьма различны, и значимой связи числа прилетавших насекомых от влажности нет, что подтверждает результаты прошлых годов.

### **Атмосферное давление и сила ветра**

Мы не стали изучать зависимость числа фотоксенов от силы ветра и атмосферного давления, так как данные нашей метеостанции очень сильно отличались от данных ближайшей метеостанции в городе Вышний Волочок, и мы сочли их некорректными. Так что на будущее мы бы посоветовали использовать другое оборудование для измерения этих погодных условий.

### **Учет видов чешуекрылых**

По результатам ночи, когда проводился учет бабочек по видам, можно сказать, что эта методика довольно эффективна. Однако, требует доработки: атлас неплохо бы было дополнить новыми более четкими и подробными фотографиями насекомых (возможно, с нескольких ракурсов и

в расправленном виде), чтобы определять их было проще. А также атлас можно дополнить новыми видами, чтобы можно было отмечать больше видов чешуекрылых. Мы не отмечали количество прилетевших представителей одного вида за 15 минут, поэтому данные оказались неполные. Возможно, это следовало бы отмечать это в будущем.

### **Сравнение данных по таксонам, встреченным за все годы исследования**

Если посмотреть на таблицу 4, можно заметить, что в 2009 году прилетевших на свет насекомых определяли только до отряда. В 2011 и 2013 годах насекомых определяли по возможности до семейства. В 2014 отмечали только представителей отряда *Lepidoptera*. В среднем, если сравнить состав по отрядам, то в 2009, 2011 и 2013 годах отмечали одни и те же отряды, но есть и различия: в отличие от других лет, в 2013 году были отмечены поденки (*Ephemeroptera*), сеноеды (*Psocodea*), скорпионницы (*Mecoptera*) (возможно, случайно, так как это не ночные насекомые, хотя известно, что они питаются гниющими растениями, животными, в том числе и мертвыми насекомыми, так что могли прилететь из-за обилия пищи). Вероятно, это еще можно объяснить тем, что в 2013 году исследователи просто более внимательно отмечали насекомых.

Во все четыре года исследователи отмечали прилетевших на свет бражников. В 2009 году были отмечены *Deilephila elpenor*, *Deilephila porcellus*, *Laothoe populi*, *Lathoe amurensis*, *Mimas tiliae* и *Smerinthus ocellatus*. В 2011 году были замечены те же виды бражников, кроме *Lathoe amurensis*, вероятно, это связано с тем, что это очень редкий вид. В 2013 году были замечены те же виды бражников, что и в 2009 году, кроме *Mimas tiliae*, который также является редким видом. В 2014 году были замечены те же вида бражников, что и в 2009 году, кроме *Laothoe amurensis*, вероятно, потому что это редкий вид, *Smerinthus ocellatus*, возможно, из-за того, что стадия имаго у них проходит в основном в июле, или из-за того, что это немногочисленный вид. Так же в 2014 году не был отмечен *Deilephila elpenor* и *Deilephila porcellus*, вероятно из-за небольшой численности, либо из-за продолжительных похолоданий (Татаринов и др, 2003).

Таким образом, обработка полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

1. Мы обобщили и проанализировали данные, полученные за шесть лет и можем сказать следующее:
  - как правило, число насекомых в течение ночи изменяется следующим образом: число насекомых достигает максимума в середине ночи (примерно к 02:00—03:00) и дальше снижается к утру. Однако, бывают исключения, когда в начале ночи максимальное число насекомых, и оно снижается к утру, Такую динамику мы объяснить не смогли.
  - как правило, численность насекомых изменяется не сопряженно с температурой, хотя есть исключения, когда общее число насекомых достоверно зависит от температуры. Но обычно, чем теплее ночь, тем большее число насекомых летит на свет.
  - общее число прилетающих на свет насекомых не зависит от влажности воздуха, однако, отдельные таксоны имеют особую чувствительность к этому фактору (например, ручейники).
2. на свет ртутной лампы насекомые летят намного активнее, чем на свет лампы накаливания.
3. мы отработали методику учета представителей чешуекрылых до вида

### **Благодарности**

Мы благодарим Сергея Менделевича Глаголева и Екатерину Викторовну Елисееву за организацию летней биологической практики, Петра Николаевича Петрова, Полину Андреевну Волкову и Юрия Олеговича Копылова-Гуськова за руководство работой, Тимофея Пименова и Софию Гладкову за помощь в сборе материала, Юлию Александровну Ловцову за помощь с поиском литературы по бражникам, и Сергея Николаевича Лысенкова за рецензию к нашей работе.

## Литература

1. Андреева А., Данилин И., Устенко И., Иванова О., Иванова Н., Степанов А., Волков Д., Пименов Т. Атлас чешуекрылых, летящих на свет на западном берегу озера Молдино [Неопубликованная рукопись]. – 2014.
2. Андреева А., Иванова А., Кременчугская Т. Динамика численности прилетающих на свет насекомых в темное время суток. [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.bioclass.ru/?d=91>
3. Андреева А., Иванова А., Кременчугская Т. Динамика численности прилетающих на свет насекомых в темное время суток. [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.bioclass.ru/?d=111>
4. Волков Д., Пименов Т. Насекомые, прилетающие на свет в темное время суток: динамика численности и таксономический состав. [Электронный ресурс]. – 2013 – Режим доступа: <http://www.bioclass.ru/?d=135>
5. Горностаев Г.Н. Введение в этологию насекомых-фотоксенов (лет насекомых на искусственные источники света) // Этология насекомых.– Л.: Наука, 1984.– С. 101–167
6. Данилин И., Устенко И., Заяц Е. Динамика численности насекомых, прилетающих ночью на различные источники света в пос. Полукарпово (Тверская область). [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.bioclass.ru/?d=114>
7. Иванова Н., Иванова О., Степанов А. Динамика численности насекомых, прилетающих на свет ламп накаливания в темное время суток. [Электронный ресурс]. – 2013 – Режим доступа: <http://www.bioclass.ru/?d=12>
8. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. – 2012. – URL <http://www.R-project.org/>.
9. Waringer J.A. Phenology and the influence of meteorological parameters on the catching success of light-trapping for Trichoptera// Freshwater Biology. — 1991. — Vol. 25, No. 2. — P. 307—319.
10. McGeachie W.J. The effects of moonlight illuminance, temperature and wind speed on light-trap catches of moths // Bulletin of entomological research. — 1989. — Vol. 79, No. 2. — P. 185 — 192.
11. Коробков А.Г., Матов А.Ю. Совкообразные (Noctuoidea) Удомельского района Тверской области // Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология». Вып. 13, 2009. С. 107 — 123
12. Синёв С.Ю., Козлов М.В. Micropterigidae — Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России / Под. ред. Синёва С.Ю. – СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 424с.
13. Татаринов А.Г., Седых К.Ф., Долгин М.М. Высшие разноусые чешуекрылые — СПб.. Наука, 2003. 223 с. — (Фауна Европейского Северо-Востока России. Высшие разноусые чешуекрылые. Т VII ч. 2).
14. Williams C.B., and Killington F.J. HEMEROBIIDAE and CHRYSOPIDAE (Neur.) in a light trap at Rothamsted Experimental Station., 1935, Trans. SOC. brit. Ent. 2 : 145-150
15. Bogush P.P., 1936, Some results of a study of insects by means of Light Traps in Central Asia. Bull. Ent. Res. 27:377-380

## Приложение

Таблица 4. Все таксоны, представители которых прилетали на свет ртутной лампы за все годы исследования

Таксон	год			
	2009	2011	2013	2014
EPHEMEROPTERA				
Ephemeridae				
Baetidae			*	
HOPTERA	*			
Aphrophoridae			*	
Cicadellidae		*	*	
Aphidinea			*	
PSOCODEA			*	
HETEROPTERA	*			
Miridae		*	*	
Corixidae			*	
COLEOPTERA	*			
Dytiscidae		*	*	
Hydrophilidae			*	
Scarabaeidae		*		
Lagriidae		*		
Staphylinidae			*	
Silphidae		*	*	
Cantharidae		*	*	
NEUROPTERA	*			
Chrysopidae		*	*	
HYMENOPTERA	*			
Ichneumonoidea			*	
Formicidae		*		
Lespidae		*		
Vespidae			*	
DIPTERA	*			
Culicidae			*	
Chironomidae		*	*	
Tipuliidae		*	*	
Simuliidae				
Cecidomyiidae			*	
Limoniidae		*	*	
Empididae			*	
TRICHOPTERA	*	*	*	
MECOPTERA				

Panorpidae			*	
LEPIDOPTERA	*			
<i>Abraxas grossulariata</i> (Linnaeus, 1758)		*		*
<i>Abraxas sylvata</i> (Scopoli, 1763)				*
<i>Alucita pentadactyla</i> (Linnaeus, 1758)				*
<i>Aplocera praeformata</i> (Hübner, [1826])				*
<i>Cosmorhoe ocellata</i> (Linnaeus, 1758)		*		
<i>Deilephila elpenor</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	
<i>Deilephila porcellus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	
<i>Diachrysia chrysitis</i> (Linnaeus, 1758)				*
<i>Euthrix potatoria</i> (Linnaeus, 1758)				*
<i>Geometra papilionaria</i> (Linnaeus, 1758)				*
<i>Hepialus humuli</i> (Linnaeus, 1758)				*
<i>Hypena proboscidalis</i> (Linnaeus, 1758)				*
<i>Laothoe populi</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*
<i>Lathoe amurensis</i> (Staudinger, 1892)	*		*	
<i>Lithacodia fasciata</i>				*
<i>Mimas tiliae</i> (Linnaeus, 1758)	*	*		*
<i>Ourapteryx sambucaria</i>				*
<i>Phalera bucephala</i> (Linnaeus, 1758)		*		
<i>Rhiparia purpurata</i> (Linnaeus, 1758)				*
<i>Semiothisa clathrata</i> (Linnaeus, 1758)			*	
<i>Smerinthus ocellatus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	
<i>Spilosoma lubricipedum</i> (Linnaeus, 1758)				*

\* — таксон отмечен