

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Институт экологии растений и животных

ЭКОЛОГИЯ: СКВОЗЬ ВРЕМЯ И РАССТОЯНИЕ

МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ,
ПОСВЯЩЕННОЙ 50-ЛЕТИЮ
ПЕРВОЙ МОЛОДЕЖНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ В ИЭРиЖ

11 – 15 апреля 2011 г.
ЕКАТЕРИНБУРГ

УДК 574 (061.3)

Э 40

*Материалы конференции изданы при финансовой поддержке
Президиума Уральского отделения РАН и Российского фонда
фундаментальных исследований (проект № 11-04-06802).*

Экология: сквозь время и расстояние. Материалы конф.
молодых ученых, 11–15 апреля 2011 г. / ИЭРЖ УрО РАН
— Екатеринбург: Гощицкий, 2011. — 212 с.
Табл. 36. Рис. 53.

В сборнике опубликованы материалы Всероссийской конференции молодых ученых «Экология: сквозь время и расстояние», посвященной 50-летию первой молодежной конференции в Институте. Мероприятие проходило в Институте экологии растений и животных УрО РАН с 11 по 15 апреля 2011 г. Работы посвящены проблемам изучения биологического разнообразия на популяционном, видовом и экосистемном уровнях, анализу экологических закономерностей эволюции, поиску механизмов адаптации биологических систем к экстремальным условиям, а также популяционным аспектам экотоксикологии, радиобиологии и радиэкологии.

ISBN 978-5-98829-029-2

© Авторы, 2011

© ИЭРЖ УрО РАН, 2011

© Оформление. Издательство «Гощицкий», 2011

На исследуемой площадке отлова в течение репродуктивного периода наблюдается увеличение размеров индивидуального участка (см. рисунок) исследуемой особи по мере увеличения массы и созревания животного, что соответствует литературным данным.

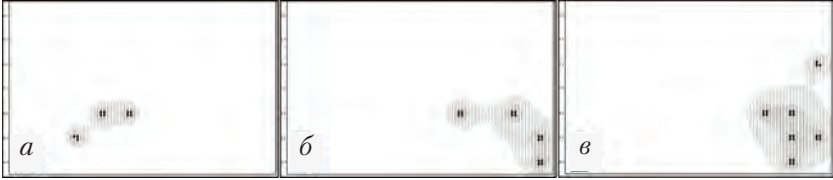


Рисунок. Конфигурация участка особи № 32 (самец-сеголеток).
а — июнь (160 м^2); б — июль (426 м^2); в — сентябрь (651 м^2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Dixon K.R., Chapman J.A. Harmonic mean measure of animal activity areas // Ecology, 1980. Vol. 61. № 5. P. 1040–1044.

Moorcroft P.R., Lewis M.A., Crabtree R.L. Home range analysis using a mechanistic home range model // Ecology, 1999. Vol. 80. № 5. P. 1656–1665.

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КРЫЛОВОГО РИСУНКА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ БЕЛЯНОК (LEPIDOPTERA: PIERIDAE) В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО УРАЛА

Т.С. Ослина*, А.О. Шкурихин**

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

**Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: сезонная изменчивость, *Pieris*, крыловой рисунок, меланин, терморегуляция, лесостепная зона, Южный Урал.

У бабочек семейства Pieridae широко распространено явление полифенизма в окраске, прежде всего в степени меланизации крыльев. Выделяют следующие типы полифенизма: сезонный (Brakefield, French, 1995; Stoehr, Goux, 2008), полифенизм, обусловленный широтной зональностью и высотной поясностью (Watt, 1968; King-

solver, Wiernasz, 1986; Espeland et al., 2007), а также половой диморфизм (Stoehr, Goux, 2008; Kingsolver, Wiernasz, 1986).

Большинство авторов связывают явление полифенизма в степени меланизации с особенностями терморегуляции бабочек. В. Уотт (Watt, 1968), используя выборки желтушек рода *Colias* Fabricius, 1807 из природных популяций, установил, что более темные бабочки при прочих равных условиях нагреваются значительно быстрее светлых, что объясняется большей способностью к поглощению солнечной энергии за счет меланина. Охлаждение у темных и светлых желтушек происходит в равной степени. Каких-либо иных механизмов изменения температуры тела (например, за счет метаболических реакций, мускульных движений или испарения) у желтушек не обнаружено. Исходя из полученных результатов В. Уотт предположил, что более темные бабочки рода *Colias* в горных и северных местообитаниях должны достигать большего репродуктивного успеха, так как их преимущества в обогреве от солнечных лучей ведут к большей активности в питании, спаривании и откладке яиц. В жарких районах обитания светлые желтушки обладают преимуществом в преодолении теплового стресса (Watt, 1968).

Предполагалось, что наибольшее влияние на регуляцию температуры оказывает затемнение базальной области дорзальной и вентральной поверхностей передних и задних крыльев, так как крылья бабочек не обладают достаточной теплопроводностью, чтобы рисунок маргинальных областей крыла мог оказывать влияние на температуру тела. Однако Дж. Кингсолвер (Kingsolver, 1985) высказал ряд предположений о взаимосвязи всего крылового рисунка с особенностями поведения различных видов чешуекрылых, связанного с терморегуляцией.

Для бабочек рода *Pieris* Schrank, 1801 характерна поза, которую Кингсолвер назвал позой отражения и предложил математическую модель, объясняющую ее адаптивное значение. В этой позе бабочка располагает торакс перпендикулярно, а крылья под некоторым углом к солнцу (рис. 1). При этом белые крылья *Pieris* отражают солнечные лучи, проецируя их на тело. Угол расположения крыльев определяется тем, какие участки крыла лучше отражают лучи. Например, виды рода *Pontia* Fabricius, 1807, у которых имеются крупные черные пятна по краю крыла, располагают крылья под большим углом друг к другу, чем бабочки рода *Pieris*, у которых затемнение маргинальной области невелико.

В условиях лесостепной зоны Южного Урала для *Pieris napi* (Linnaeus, 1758) и *P. rapae* (Linnaeus, 1758) характерен лёт с апреля по сентябрь, как правило, в трех генерациях. Лёт разных генераций в течение сезона происходит в сильно отличающихся погодных условиях. Принимая во внимание значение крылового рисунка белянок для терморегуляции, следует ожидать значительных различий в степени его меланизации у имаго разных генераций.

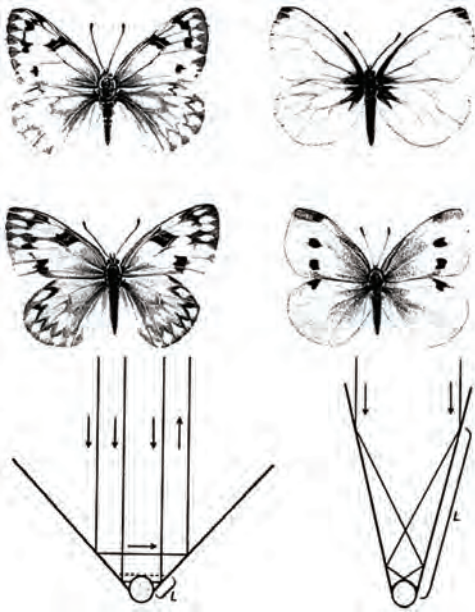


Рис. 1. Относительные углы расположения крыльев в позе отражения в зависимости от затемнения маргинальной области крыла (слева – *Pontia*, справа – *Pieris*) (по: Kingsolver, 1985).

Целью нашей работы было изучение сезонной изменчивости крылового рисунка двух видов огородных бабочек *P. napi* L. и *P. rapae* L. (Lepidoptera: Pieridae) в условиях лесостепной зоны Южного Урала на протяжении всего периода лёта их генераций.

Решались следующие задачи:

1) Выявить структуру корреляций внутри комплекса меланиновых элементов рисунка, а также между элементами рисунка и площадью крыльев *Pieris napi* и *P. rapae*.

2) Проанализировать сезонную изменчивость размерных характеристик меланиновых элементов крылового рисунка в течение всего периода лёта изучаемых видов в условиях лесостепной зоны Южного Урала.

3) Проанализировать сезонную изменчивость степени интенсивности окраски меланиновых элементов крылового рисунка в течение всего периода лёта изучаемых видов в условиях южноуральской лесостепи.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сбор бабочек осуществляли в окрестностях пос. Метлино Каслинского р-на Челябинской области. Отлов бабочек проводили с 13 мая по 14 сентября 2010 г. Объемы выборок приведены в таблице.

Анализ сезонной изменчивости проводили по измерениям площадей меланиновых элементов крылового рисунка. Для этого с по-

ТАБЛИЦА. Объем собранного и проанализированного материала

Вид	Пол	Всего собрано, экз.	Проанализировано, экз.
<i>Pieris napi</i> L.	Самцы	313	108
	Самки	231	69
<i>Pieris rapae</i> L.	Самцы	156	118
	Самки	61	45

мощью фотоаппарата Canon Eos 450D были получены цифровые изображения крыльев. Затем в пакете программ Siam Mesoplant были измерены площади 13 изучаемых признаков. Схема промеров представлена на рис. 2. Интенсивность окраски элементов рисунка оценивали визуально по балльной шкале: слабая окраска — 1 балл, средняя степень интенсивности — 2, максимально интенсивная окраска — 3. Статистическую обработку результатов проводили в программах Statistica 6.0 и Past 200.



Рис. 2. Схема измерения площадей меланиновых элементов крылового рисунка (слева — дорзальная сторона, справа — вентральная сторона крыла).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе структуры фенотипических корреляций элементы рисунка, расположенные на вентральной и дорзальной сторонах, мы рассматривали как самостоятельные признаки. Были рассчитаны коэффициенты корреляции Спирмена между всеми анализируемыми признаками. Для обоих изучаемых видов характерна высокая степень корреляции площадей передних и задних крыльев. Сильные взаимосвязи обнаруживаются между площадями пятен как на дорзальной, так и на вентральной сторонах. У самцов и самок *P. napi* (рис. 3а) площади крыльев коррелируют с апикальным затемнением, а для *P. rapae* (рис. 3б) такой тесной связи между этими элементами не обнаружено. Для самок обоих видов также прослеживается взаимосвязь площадей пятен и площадей крыльев. Проведенный нами тест

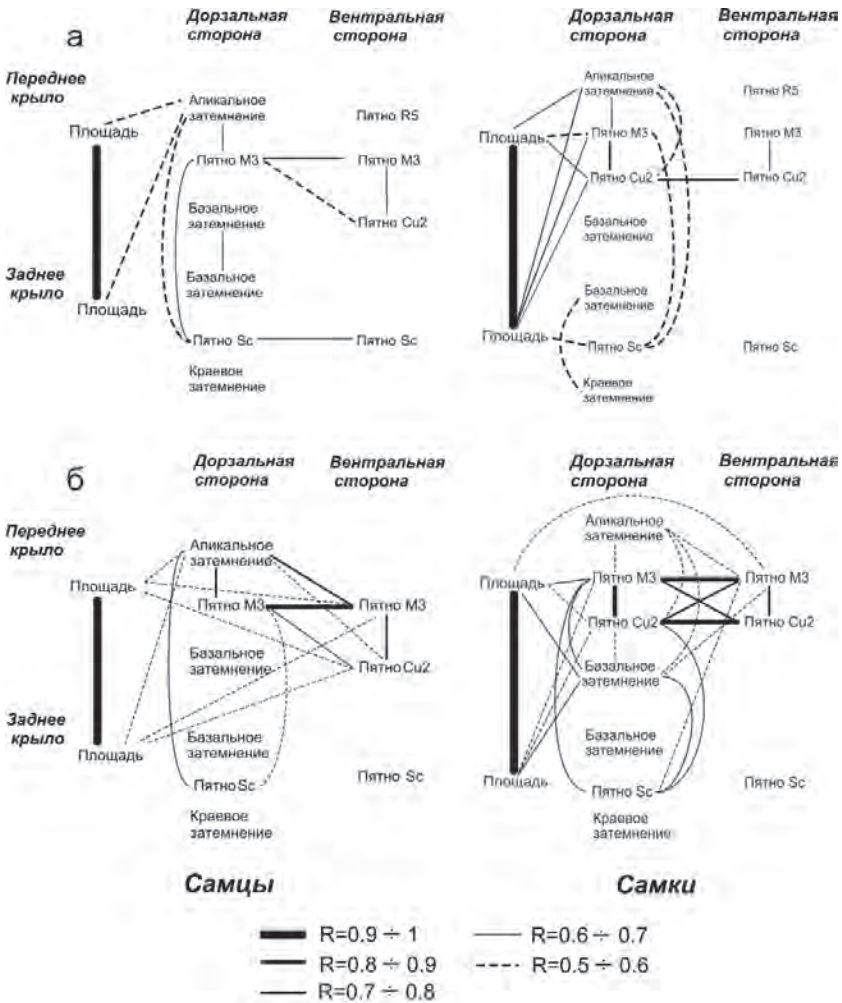


Рис. 3. Диаграмма взаимосвязей признаков крылового рисунка *Pieris napi* (а) и *P. rapae* (б). R – значение коэффициента корреляции Спирмена.

Мантеля показывает отсутствие различий в структуре корреляций между полами внутри видов: для обобщенных выборок самцов и самок *P. rapae* $g=0.72$, для *P. Napi* – $g=0.82$.

В целях изучения сезонной изменчивости крылового рисунка выборки обоих видов были разделены на три подвыборки в соответствии с динамикой лёта первой, второй и третьей генераций в течение лета 2010 г. (рис. 4).

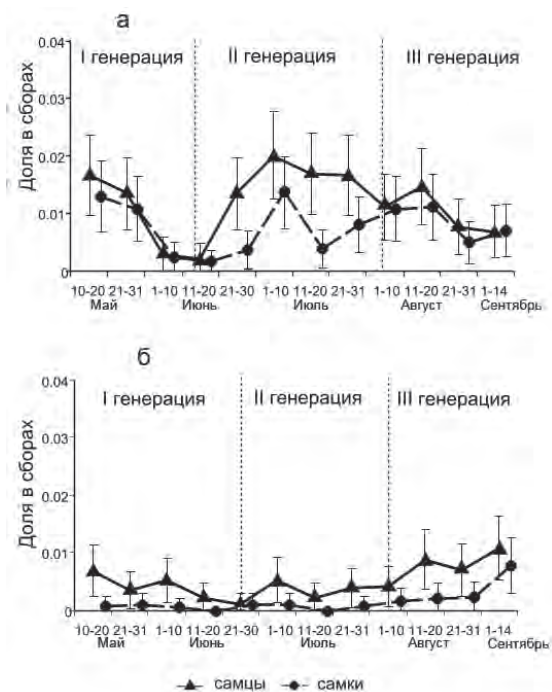


Рис. 4. Сезонная динамика относительного обилия самцов и самок белянок *P. napi* (а) и *P. gaea* (б) в окр. пос. Метлино (2010 г.).

Мы провели анализ главных компонент дисперсии площадей меланиновых элементов рисунка для каждого вида и пола отдельно. Затем на основании собственных чисел главных компонент провели канонический анализ различий по экспрессии меланиновых элементов крылового рисунка между тремя генерациями для каждого вида и пола, за исключением самок *P. gaea* из-за недостаточного объема подвыборок.

Результаты канонического анализа выборок самцов *P. napi* представлены на рис. 5. Вдоль первой канонической оси, на которую приходится 96% межгрупповой дисперсии, отчетливо проявились различия между весенней генерацией, с одной стороны, и летне-осенней — с другой. Весенняя генерация достоверно отличается от летней ($D^2=30$, $p<0.01$) и осенней ($D^2=28$, $p<0.01$) генераций, а последние между собой не различаются. Для весенней генерации бабочек, в отличие от летне-осенних, характерны большая площадь базального затемнения обоих крыльев и малая площадь апикального затемнения.

Канонический анализ площадей меланиновых элементов рисунка самок *P. napi* (рис. 6) показал, что вдоль первой канонической оси,

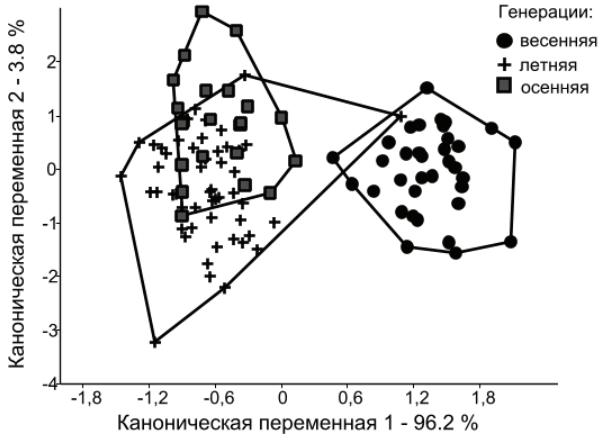


Рис. 5. Результаты канонического анализа площадей меланиновых элементов крылового рисунка самцов *P. pari*.

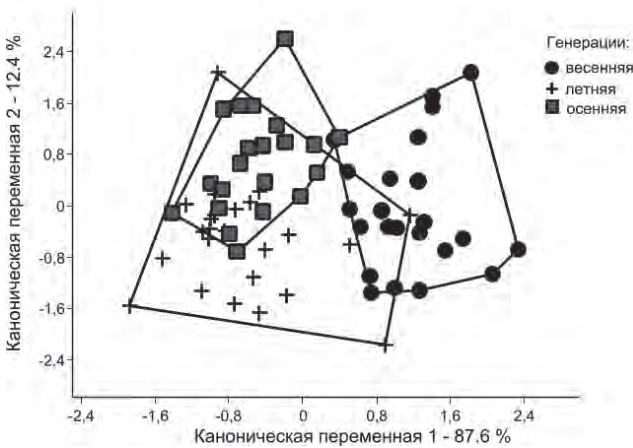


Рис. 6. Результаты канонического анализа площадей меланиновых элементов крылового рисунка самок *P. pari*.

на которую приходится 88% межгрупповой дисперсии, отчетливо проявились различия между весенней и летне-осенними генерациями. Как и в случае самцов, весенняя генерация достоверно отличается от летней ($D^2=10.6, p<0.01$) и осенней ($D^2=9.3, p<0.01$) генераций, а последние между собой не различаются. Весенняя генерация самок *P. pari* отличается от летне-осенних обширным базальным затемнением крыльев, а также малой площадью апикального затемнения и дорзальных пятен МЗ, Cu2 и Sc.

Результаты канонического анализа изменчивости площадей меланиновых элементов крылового рисунка самцов *P. rapae* представлены на рис. 7. Как и в предыдущих случаях, вдоль первой канонической оси, на которую приходится 94% межгрупповой дисперсии, отчетливо проявились различия между весенней и летне-осенними генерациями. Весенняя генерация достоверно отличается от летней ($D^2=11.8$, $p<0.01$) и осенней ($D^2=10.7$, $p<0.01$) генераций, а последние между собой не различаются. Весеннее поколение отличается от летне-осенних малой площадью апикального затемнения, а также большей площадью базального затемнения заднего крыла и переднего крыла с вентральной стороны.



Рис. 7. Результаты канонического анализа площадей меланиновых элементов крылового рисунка самцов *P. rapae*.

Сезонную изменчивость интенсивности окраски элементов крылового рисунка оценивали с помощью критерия Краскела-Уоллеса. Для всех изучаемых групп характерно достоверно более интенсивное апикальное затемнение при более слабом базальном затемнении на дорзальной стороне крыльев у летних и осенних генераций по сравнению с весенними. Для весеннего поколения *P. napi* отмечено более выраженное затемнение вдоль жилки, но при этом окраска пятен на крыльях менее интенсивная, причем как на дорзальной, так и на вентральной сторонах по сравнению с особями летнего и осеннего поколений.

Для *P. rapae* также характерна более интенсивная окраска пятен у летнего и осеннего поколений по сравнению с весенними. У весеннего поколения самцов *P. rapae* в большей степени развито затемнение вентральной стороны задних крыльев.

Таким образом, полученные нами результаты хорошо согласуются с литературными данными. По литературным данным (Kingsolver, Wiernasz, 1986), североамериканские виды *Pieris* из северных широт

имеют более темную окраску вентральной стороны крыльев и более светлую — дорзальной по сравнению с популяциями из южных широт, что в общем соответствует предложенной модели для позы отражения. В пользу этой модели свидетельствуют также исследования сезонного полифенизма калифорнийской популяции *P. rapae*, в ходе которых было показано, что особи весенней генерации характеризуются большим затемнением вентральной стороны задних крыльев и базальной области дорзальной поверхности передних крыльев, но менее развитым затемнением апикальной части крыла и меньшими размерами черных пятен медиальной системы (Stoehr, Goux, 2008). Тенденция к большей меланизации показана также для горных популяций *P. napi adakwinda* в Норвегии (Espeland et al., 2007).

Сезонная изменчивость крылового рисунка в условиях южно-уральской лесостепи характеризуется схожим трендом. Слабое затемнение маргинальной части дорзальной поверхности крыла увеличивает ее альбедо, а густое обширное базальное затемнение более эффективно улавливает отраженные маргинальной областью крыла лучи света. Бабочка с подобным крыловым рисунком нагревается быстрее и эффективнее. Таким образом, весенние генерации видов рода *Pieris* адаптированы к низким температурам воздуха. У летних генераций, наоборот, существует опасность перегрева, поэтому у них отражающая часть дорзальной поверхности крыльев затемнена в большей степени, а улавливающая — в меньшей.

ВЫВОДЫ

1. Анализ структуры корреляций показал наиболее тесную связь между площадью переднего и заднего крыльев, а также между площадями пятен как на дорзальной, так и на вентральной сторонах. Для самок обоих видов также установлена взаимосвязь площадей пятен и площадей крыльев. Для *P. napi* выявлена связь между размерами апикального затемнения и площадью переднего крыла.

2. Анализ сезонной изменчивости площади меланиновых элементов крылового рисунка двух видов рода *Pieris* выявил особенности весенней генерации, связанные с адаптациями к более низким температурам воздуха. Имаго данного поколения вне зависимости от пола и вида характеризуются обширным базальным затемнением дорзальной стороны обоих крыльев и малой площадью апикального затемнения.

3. Половой диморфизм в сезонной изменчивости крылового рисунка *P. napi* проявляется в том, что у самок пятна на крыльях имаго летней и осенней генераций крупнее по сравнению с пятнами на крыльях весенней, что не характерно для самцов.

4. Установлены различия в интенсивности окраски крылового рисунка между весенними и летне-осенними генерациями обоих изученных видов. Вне зависимости от вида и пола для крыльев имаго

весеннего поколения характерна более интенсивная окраска базального затемнения и одновременно бледная окраска апикального затемнения и пятен.

Авторы выражают признательность н.с. Ботанического сада УрО РАН, к.б.н. Л.А. Ивановой за помощь в освоении методов обработки изображений в пакете программ SIAMS Mesoplant.

Работа выполнена при финансовой поддержке Президиума РАН (программа «Биологическое разнообразие», проект № 09-П-4-1029), научно-образовательных центров (контракт 02.740.11.0279) и РФФИ (грант №11-04-00720-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

Brakefield P.M., French V. Eyespot development on the butterfly wing: the epidermal response to damage // *Dev. Biol.*, 1995. Vol. 168. P. 98–111.

Espeland M., Aagaard K., Balstad T., Hindar K. Ecomorphological and genetic divergence between lowland and montane forms of the *Pieris napi* species complex (Pieridae, Lepidoptera) // *Biol. J. of the Linnean Soc.*, 2007. Vol. 92. P. 727–745.

Kingsolver J.G. Thermal ecology of *Pieris* butterflies: A new mechanism of behavioral thermoregulation // *Oecologia*, 1985. Vol. 66. P. 540–545.

Kingsolver J.G., Wiernasz D.C. Dissecting correlated characters: adaptive aspect of phenotypic covariation in melanization pattern of *Pieris* butterflies // *Evolution*, 1986. Vol. 43, № 3. P. 491–503.

Stoehr A.M., Goux H. Seasonal phenotypic plasticity of wing melanisation in cabbage white butterfly, *Pieris rapae* L. (Lepidoptera: Pieridae) // *Ecological Entomology*, 2008. Vol. 33. P. 137–143.

Watt W.B. Adaptive significance of pigment polymorphism in *Colias* butterflies. I. Variation of melanin pigment in relation to thermoregulation // *Evolution*, 1968. Vol. 22, № 3. P. 437–458.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВ РУКОКРЫЛЫХ (СНІРОПТЕРА) СРЕДНЕГО УРАЛА С ЗАПАДА НА ВОСТОК

Е.М. ПЕРВУШИНА*, А.А. ПЕРВУШИН**

*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

**Свердловский областной краеведческий музей, г. Екатеринбург

Ключевые слова: структура сообществ, рукокрылые, Средний Урал.

Структура сообществ рукокрылых Среднего Урала до сих пор изучена слабо. Наиболее подробные сведения получены при обследовании пещер, большинство которых расположено в западной части