ДЕПАРТАМЕНТ КУЛЬТУРЫ ГОРОДА МОСКВЫ
DEPARTMENT OF CULTURE OF MOSCOW
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК
MOSCOW ZOO
ЕВРОАЗИАТСКАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ЗООПАРКОВ И АКВАРИУМОВ
EURASIAN REGIONAL ASSOCIATION OF ZOOS & AQUARIUMS

БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ ЖИВОТНЫЕ В КОЛЛЕКЦИЯХ ЗООПАРКОВ И ИНСЕКТАРИЕВ

Материалы Шестого Международного семинара
Московский зоопарк, г. Москва, 10–15 октября 2016 г.

INVERTEBRATES IN ZOO AND INSECTARIUM COLLECTIONS

Proceedings of the Sixth International Workshop
Moscow Zoo, Moscow, 10–15 October 2016

Москва
2017

ДЕПАРТАМЕНТ КУЛЬТУРЫ ГОРОДА МОСКВЫ
DEPARTMENT OF CULTURE OF MOSCOW
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК
MOSCOW ZOO
ЕВРОАЗИАТСКАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ЗООПАРКОВ И АКВАРИУМОВ
EURASIAN REGIONAL ASSOCIATION OF ZOOS & AQUARIUMS

БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ ЖИВОТНЫЕ В КОЛЛЕКЦИЯХ ЗООПАРКОВ И ИНСЕКТАРИЕВ

Материалы Шестого Международного семинара
Московский зоопарк, г. Москва, 10–15 октября 2016 г.

INVERTEBRATES IN ZOO AND INSECTARIUM COLLECTIONS

Proceedings of the Sixth International Workshop
Moscow Zoo, Moscow, 10–15 October 2016

Москва
«КолорВитрум»
2017

УДК: 638.4/.8:595.4./7:[59.006+59.082.2]
ББК 28.6л6
Б 53

Б 53 Беспозвоночные животные в коллекциях зоопарков и инсектариев. Материалы Шестого Международного семинара, Московский зоопарк, г. Москва, Россия, 10–15 октября 2016 г.: Сборник научных трудов. – М.: ООО «КолорВитрум», 2017. – 296 с.
Библ.: 183 назв.; табл.: 12; рис.: 79.

Сборник содержит материалы Шестого Международного семинара «Беспозвоночные животные в коллекциях зоопарков и инсектариев», который был организован и проведен Московским зоопарком (г. Москва, Россия) и Рабочей группой по наземным и пресноводным беспозвоночным Евроазиатской Региональной Ассоциации Зоопарков и Аквариумов (ЕАРАЗА) в Московском зоопарке 10–15 октября 2016 г. В работе семинара приняли участие более 130 специалистов из 55 зоопарков, инсектариев, естественно-научных музеев, научно-исследовательских институтов, университетов и других образовательных организаций России, Республики Беларусь, Латвии, Эстонии, Швеции, Италии, Великобритании и Японии. В сборнике представлены материалы оригинальных исследований биоакустики и онтогенеза насекомых, методы содержания и разведения членистоногих и профилактики паразитарных болезней беспозвоночных в зоокультуре. Ряд работ посвящен обзорам современной систематики отдельных групп насекомых и паукообразных, организации и дизайну экспозиций живых беспозвоночных в зоопарках и инсектариях, участию зоопарков в программах по сохранению биоразнообразия. Сборник рассчитан на специалистов зоопарков, инсектариев, питомников, биологических научных и учебных заведений, физиологов, этологов, зоологов, ветврачей и студентов-биологов, а также любителей содержания беспозвоночных.

Ответственный за выпуск: С.В. Акулова, Генеральный директор ГАУ «Московский зоопарк»

Редакционная коллегия:
Президент ЕАРАЗА, акад. РАЕН В.В. Спицин (гл. редактор), М.В. Березин, Е.Ю. Ткачева, к. б. н. С.В. Лукьянцев, Д.В. Осипов, проф., д. б. н. В.А. Остапенко, д. б. н. Л.Ю. Русина

Макет и верстка: Е.Э. Иванова-Остапенко

ISBN 978-5-6040188-0-4

© ГАУ «Московский зоопарк», 2017
© Коллектив авторов: текст, 2017
© А.В. Авалов, А.А. Бенедиктов, М.В. Березин, Б.А. Борисов, В. Вахрушев, В.М. Карцев, Н.В. Гаврилова, И.Л. Исавнина, А.П. Михайленко, А. Наполов, Д.В. Осипов, И. Рома, А. Сашин, В.И. Свиряев, С.Э. Спиридонов, Е.Ю. Ткачева, Д.П. Ткачева (лого семинара): фото, рис., 2017
© Оформление. ООО «КолорВитрум», 2017

ISBN 978-5-6040188-0-4

Invertebrates in Zoo and Insectarium Collections. Proceedings of the Sixth International Workshop, Moscow Zoo, Moscow, Russia, 10-15 October, 2016. The scientific works collection. "ColorVitrum", ltd. 2017. – 296 p.
Bibliography: 183 titles; tables: 12; figures: 79.

The issue of scientific and scientific-methodological papers contains proceedings of the Sixth International Workshop «The Invertebrates in Zoo and Insectarium Collections», which was organized by the Moscow Zoo (Russia) and the Working Group on Terrestrial and Freshwater Invertebrates of the Eurasian Regional Association of Zoos and Aquariums (EARAZA) and held at the Moscow Zoo in October 10-15, 2016. More then 130 experts from 55 institutes, including Zoos, Insectariums, Natural History Museums, Scientific-Research Institutes, Universities and other educational organizations, of Russia, Republic of Belarus, Latvia, Estonia, Sweden, Italy, Great Britain and Japan took part in the Workshop.
The book presents reports on the following topics: materials of original studies of insect ontogeny and bioacoustics, methods of keeping and breeding of insects and spiders, prophylaxis of parasitic diseases of invertebrates in zoos, organization and design of the exhibits of living invertebrates at the zoos and insectariums, international zoo conservation programs for species diversity. The issue is intended for the specialists of the zoos, insectariums, nurseries and other biological institutions, for zoologists, physiologists, ethologists, veterinarians, students of biological faculties and invertebrate's fans.

Most of the summaries are presented in their authors' own translations.

Responsible for the issue: S. Akulova, Director General of the Moscow Zoo

Editorial board:
President of the EARAZA, Academician of the RANS V. Spitsin (Chief editor), M. Berezin, E. Tkacheva, Dr. S. Lukyantsev, D. Osipov, Professor Dr. V. Ostapenko, Dr. L. Rusina

Design and layout: E. Ivanova-Ostapenko

© The Moscow Zoo, 2017
© The author's team: text, 2017
© A. Avalov, A. Benediktov, M. Berezin, B. Borisov, V. Vahrushev, V. Kartsev, N. Gavrilova, I. Isavnina, A. Mikhailenko, A. Napolov, D. Osipov, I. Roma, A. Sashin, V. Svirjaev, S. Spiridonov, E. Tkacheva, D. Tkacheva (workshop logo): photos, drawings, 2017

© Design. "ColorVitrum", ltd. 2017

Сборник издается в Год экологии в России
при поддержке Департамента культуры
города Москвы

The issue is published in the Year of Ecology in Russia
supported by the Department of Culture
of Moscow

МИР ГЛАЗАМИ НАСЕКОМЫХ В УЛЬТРАФИОЛЕТЕ

А.А. Бенедиктов

Кафедра энтомологии МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Давно известно, что насекомые видят в ультрафиолетовой (УФ) области света, однако для них окружающие предметы в этом диапазоне света окрашены совершенно по-другому и могут иметь скрытые узоры. Глаз человека лишен способности регистрировать УФ, однако проникнуть ему в эту область позволяет фотография. Еще в 1960–1970-е гг. отечественные энтомологи Г.А. Мазохин-Поршняков (1965) и Ю.П. Некрутенко (1968) делали фотоснимки цветков и бабочек при помощи обычного пленочного фотоаппарата «Зенит», помещая перед его объективом светофильтр — специальное черное ультрафиолетовое стекло (УФС–3). Фотопленка наиболее чувствительна к УФ и минимально к инфракрасным лучам (ИК), а УФС–3 отсекал весь видимый спектр, оставляя только нужную область (около 320–390 нм). Освещение объектов проводилось кварцевой лампой или солнцем. Однако, так как УФС–3 совершенно непрозрачен, то вся фотосъемка, включая наведение на резкость, производилась вслепую (поскольку граница резкости в видимом спектре не соответствует таковой в УФ, то наведение на резкость производится опытным путем). Кроме того, такая методика была сопряжена с трудностями обработки фотоматериалов, знанием химии, а также невозможностью быстрого контроля полученного результата.

В настоящее время с развитием цифровой техники проблему обработки материалов и быстрого анализа полученного результата можно считать решенной. Другую проблему (наведение на резкость вслепую) обойти не получается. Но так как цифровая фотография отличается от фотографии на фотопленке, появляются новые нюансы при использовании тех же самых светофильтров и источников света. О них нужно знать.

Во-первых, УФ-излучение, как и видимый свет, представляет собой электромагнитные волны. Самый краешек УФ-диапазона способна регистрировать матрица современного цифрового фотоаппарата (около 380 нм). Однако матрица наиболее чувствительна к видимому и инфракрасному (ИК, тепловому) излучениям, которые почти полностью забивают УФ-диапазон. Вдобавок к этому, УФС–3 кроме ультрафиолета пропускает также ИК-лучи, что делает его непригодным для фотографирования на цифровую фотокамеру при освещении солнцем — мощным источником не только УФ, но и тепловых лучей (для фотопленки это было неактуально в связи с ее малой чувствительностью к ИК-лучам). В связи с этим приходится использовать в качестве источника света энергосберегающую УФ блек-лайт-лампу с узкополосным спектром (около 350–410 нм). Такие лампы в настоящее время имеются в свободной продаже.

Во-вторых, современные штатные или сменные объективы к цифровым фотокамерам имеют не только многослойное просветление, но и большое число линз из стекол разных марок, а также склеек из них. Все это задерживает прохождение УФ-лучей, делая их не пригодными к нужному нам диапазону. Есть специальные объективы для фотосъемки в УФ из кварцевого стекла, но стоят они немалых денег. Вместе с тем для наших целей вполне подойдет «Индустар-50» от старого «Зенита»: присоединенный через переходник к цифровому зеркальному фотоаппарату, он позволит нам снимать в длинноволновой области УФ.

Необходимо еще сказать, что длительность экспозиции при освещении УФ блек-лайт-лампой с расстояния 10 см до объекта может составлять от нескольких секунд до нескольких минут, в зависимости от значения диафрагмы (обычно закрывают полностью для большей глубины резкости) и ISO (светочувствительность приходится ставить максимальную). Все это делает съемку актуальной только для статичных объектов со штатива. И наконец, полученный результат требует небольшой финальной компьютерной обработки в графическом редакторе (контраст, яркость, подавление шума матрицы).

Собранная из перечисленных компонентов установка описана ранее (Бенедиктов, 2016). Она вполне пригодна для того, чтобы сделать первые шаги за границу видимого диапазона (около 380–390 нм). Это подтверждает сравнение полученных результатов фотосъемки в УФ на цифровую фотокамеру с фотографиями, опубликованными в научных трудах (Мазохин-Поршняков, 1965; Некрутенко, 1968), которые были сделаны на фотопленку.

Некоторые насекомые в УФ могут выглядеть непривычно для нашего глаза. В первую очередь это относится к бабочкам, особенно тем, которые имеют монотонную окраску, причем как дневным, так и сумеречным. Любопытно сравнить между собой близких для нас по цвету белых бабочек — дневных белянок (Рис. 1, *2*), а также некоторых ночных белых бабочек (Рис. 1, *1*). Оказывается, что чешуйки на их крыльях обладают противоположными свойствами. Так, дневные белянки (капустница, боярышница и пр.) в УФ выглядят темными, поглощающими УФ лучи. В то же время сумеречные бабочки — светлые, отражающие УФ. Считается, что способность сумеречных бабочек отражать крыльями УФ является коммуникативным свойством на близких дистанциях, тогда как для привлечения на больших расстояниях задействована хемокоммуникация.

Листва и трава в разной степени поглощают УФ (темная). На их фоне яркие и разноцветные цветки могут не только поглощать (Рис. 2, *1–4*), но и отражать УФ, а также иметь скрытые узоры. Считается, что поглощающая УФ-область цветка является указателем для насекомого о местонахождении нектара. То есть, приземлившись на цветок, пчела ползет к тому месту, где поглощение УФ максимально, где и находит нектар. Здесь наглядно прослеживается применяющийся часто в экспериментах по обучению насекомых принцип подкрепления стимула.

Если посмотреть на все разнообразие цветков, то можно удивиться тому, что обычные для нас одуванчики, лапчатки, лютики и некоторые другие

(Рис. 2, *5–8*), оказывается, совсем не одноцветные: их центральная часть поглощает УФ, а потому более темная! Обращает на себя внимание и то, что степень поглощения УФ у разных цветков разная. По мнению исследователей, насекомые различают степень поглощения УФ в несколько процентов, отличая зелень листвы от самого цветка.

Скрытым узором могут обладать не только венчики цветков, но и крылья некоторых бабочек. Наиболее известным примером ярко выраженного скрытого узора на крыльях является самец лимонницы крушинницы (Рис. 1, *3*). Его передние крылья, окантованные по краю темной, поглощающей УФ полосой, имеют центральное поле из чешуек, ярко отражающих УФ. Интересно, что узор крыла видоспецифичен у разных видов рода Крушинница, обитающих в Палеарктике. Не исключено, что он используется бабочками для внутривидовой межполовой визуальной коммуникации. Не менее интересны УФ-узоры на крыльях у некоторых бабочек-голубянок (Рис. 1, *4* и *5*), имеющие не только пятна, но и направленные по жилкам ряды отражающих УФ чешуек.

Так как рассматриваемая область выходит за рамки восприятия человека, то степень ее изученности оставляет желать лучшего. Мы стоим еще только в самом начале пути. Имеющиеся знания позволяют использовать скрытые в УФ узоры в систематике, а также для попыток объяснения поведения и взаимоотношений живых организмов.

Рис. 1. Верхняя поверхность крыльев самцов бабочек в УФ и видимом свете: 1 – желтогузка (*Euproctis similis* (Fuess.), 2 – капустница (*Pieris brassicae* L.), 3 – крушинница, (*Gonepteryx rhamni* L.), 4 – червонец непарный (*Lycaena dispar* (Haw.), 5 – червонец фиолетовый (*L. alciphron* (Rott.). Фото: А.А. Бенедиктов / Fig. 1. The upper surface of the wings of the males of butterflies in UV and visible light: 1 – *Euproctis similis* (Fuess.), 2 – *Pieris brassicae* L., 3 – *Gonepteryx rhamni* L., 4 – *Lycaena dispar* (Haw.), 5 – *L. alciphron* (Rott.). Photo by: A. Benediktov

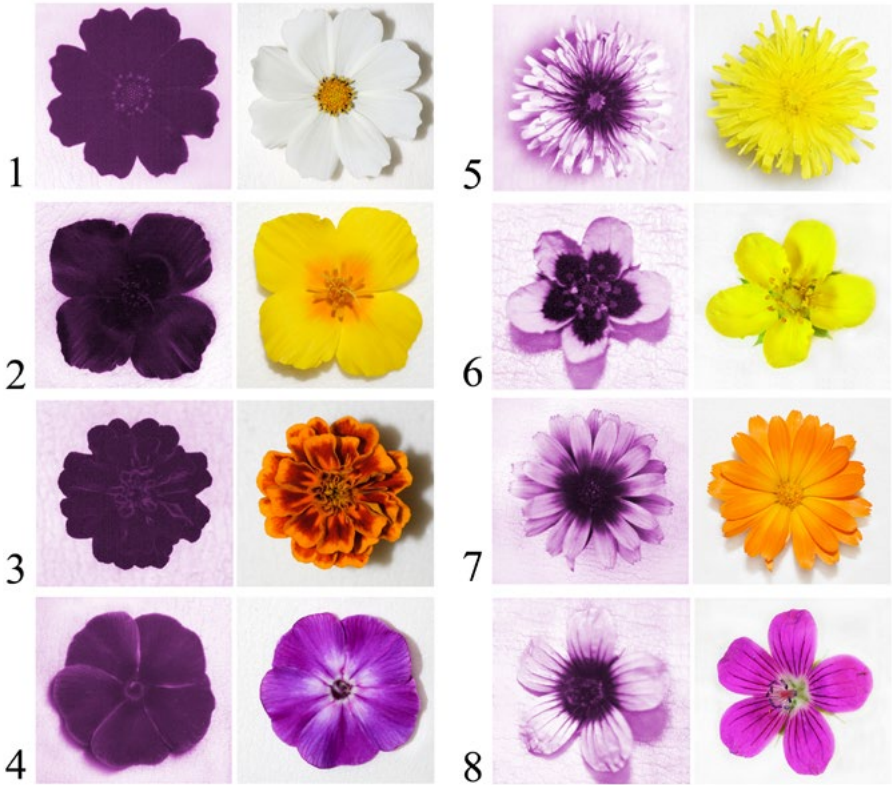

Рис. 2. Цветки растений в УФ и видимом свете: 1 – космея дважды перистая (*Cosmos bipinnatus* Cav.), 2 – эшшольция калифорнийская (*Eschscholzia californica* Cham.), 3 – бархатцы прямостоячие (*Tagetes erecta* L.), 4 – флокс метельчатый (*Phlox paniculata* L.), 5 – одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* L.), 6 – лапчатка гусиная (*Potentilla anserina* L.), 7 – ноготки лекарственные (*Calendula officinalis* L.), 8 – герань лесная (*Geranium sylvaticum* L.). Фото: А.А. Бенедиктов / Fig. 2. Flowers of plants in UV and visible light: 1 – *Cosmos bipinnatus* Cav., 2 – *Eschscholzia californica* Cham., 3 – *Tagetes erecta* L., 4 – *Phlox paniculata* L., 5 – *Taraxacum officinale* L., 6 – *Potentilla anserina* L., 7 – *Calendula officinalis* L., 8 – *Geranium sylvaticum* L. Photo by: A. Benediktov

Опыты современных любителей-фотографов по совмещению УФ-фотографии с цветным изображением нужно признать художественным творчеством, не отображающим реальной картины того, как реально видят цветной УФ-мир насекомые и другие животные. Дело в том, что обычные для нас цвета глазами той же самой пчелы выглядят иначе, так как ее область зрения смещена в оранжево-желтую область, а к красному цвету они слепы. Еще в конце 1950-х годов К. Даумер разделил цветки растений по их «пчелиному цвету», учитывая поправку на смесь излучений, выделив «пчелиные желтые и пурпурные цветки», «пчелиные сине-зеленые цветки», «пчелиные ультрафиолетовые цветки» и др. Так, к примеру, «пчелиные сине-зеленые цветки»

для людей белые, а «пчелиные ультрафиолетовые цветки» — красные. Более того, важно еще понимать, что видит не глаз, а мозг, а зарегистрировать зрительную информацию непосредственно из мозга еще никому не удавалось.
Исследования поддержаны темой НИОКТР (№ АААА–А16–116021660095–7).

Литература / References

1. Мазохин-Поршняков Г.А., 1965. Зрение насекомых. — М.: Наука. — 264 с.
2. Некрутенко Ю.П., 1968. Филогения и географическое распространение рода *Gonepteryx* (Lepidoptera, Pieridae). Опыт историко-зоогеографического исследования. — Киев: Наукова думка. — 128 с.
3. Бенедиктов А.А., 2016. За гранью восприятия мира / Биология — Первое сентября, № 7–8. — С. 11–15.

Summary

HOW INSECTS SEE THE WORLD IN ULTRAVIOLET LIGHT

Alexander Benediktov, Dr.

Entomology Dept. of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Insects perceive ultraviolet and see a different world beyond human vision. Many objects look different in ultraviolet light; they show different colors and hidden patterns. It happens due to objects' ability to absorb and reflect UV-waves selectively. The best examples are butterfly wings and corolla. Human can see hidden patterns using special photography equipment. Both film and digital cameras can serve for this purpose. There is a tool that can help us to see outside the visual spectrum - photographic objective with small number of optical lens elements and with UV-black filter and UV-blacklight lamp for backlighting. But it would be only possible to know what colors can be detected by insects and not how they "look" to the animal, because vision, like all other senses, is processed in the brain. Since science is not able to get into the head of an insect, the answer on how insects see colors is not known at this point.