

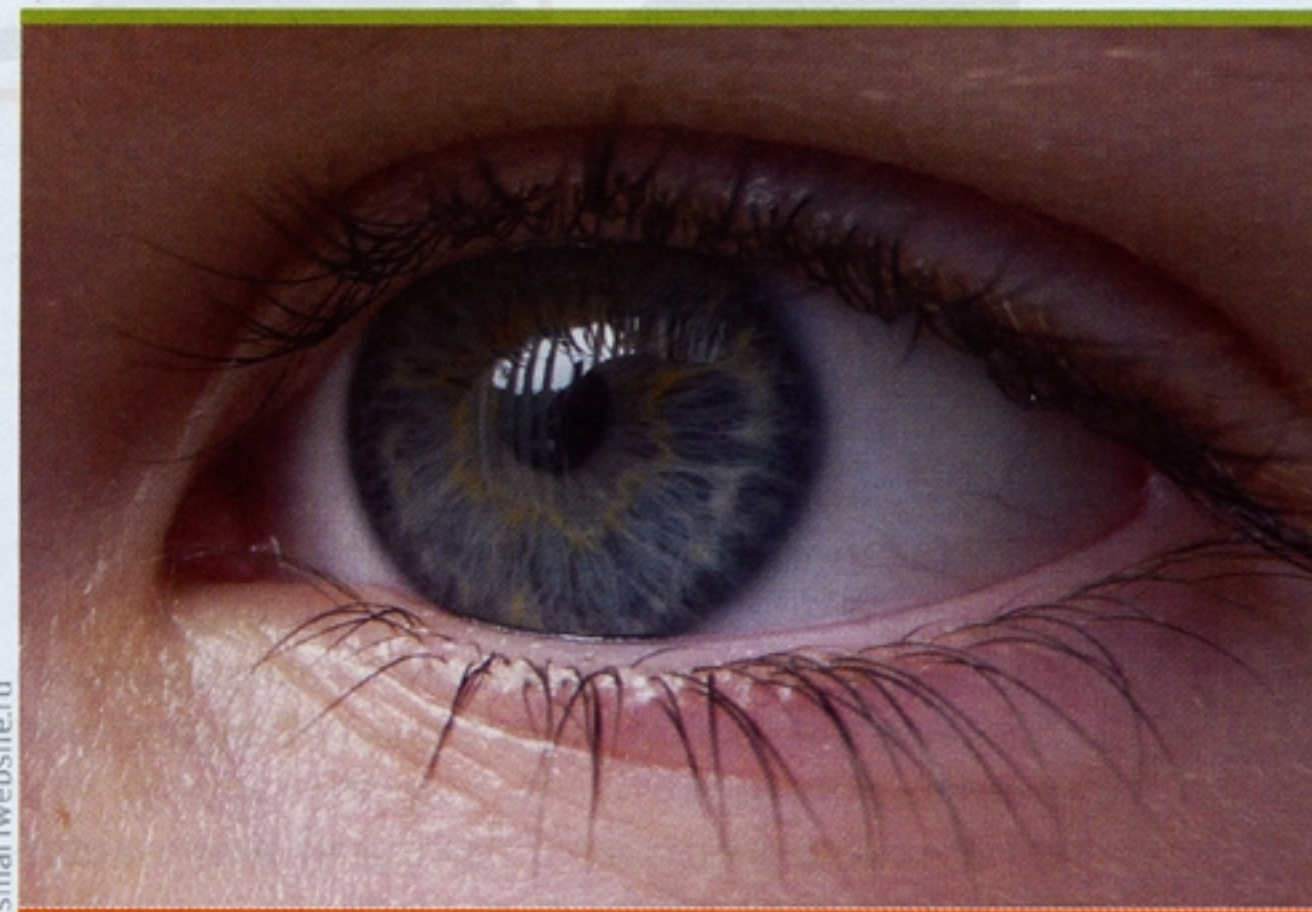
За гранью восприятия мира

А.А. Бенедиктов,
кафедра энтомологии биологического
факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

*Об удивительном макромире, который мы не можем увидеть
невооруженным глазом.*

▶ Человек живет, познавая окружающий мир посредством пяти основных чувств: обоняния, слуха, зрения, осязания и вкуса. Не секрет, что все наши рецепторы обладают сравнительно невысокой чувствительностью, и это ограничивает наши возможности. Мы часто не улавливаем запахи на расстоянии вытянутой руки, а самцы некоторых бабочек находят самок по запаху за несколько километров. Наш слух ограничен довольно узким диапазоном от 20 Гц до 20 кГц, а животные реагируют на инфразвуки ниже 20 Гц (такие звуки, например, предшествуют землетрясениям) и используют ультразвуки выше 20 кГц для коммуникации и эхолокации. То же касается и зрения: без специальных приспособлений мы не можем проникнуть за границы видимого спектра, в частности в УФ-область, где мир окрашен иначе, где цветки и крылья бабочек имеют скрытые узоры и окраску, о которых мы даже не догадываемся. Стоит оговориться, что мы не имеем в виду флуоресценцию, свечение красок под воздействием ультрафиолета (УФ), как это наблюдается, например, на бумажных денежных знаках. То, о чем пойдет речь, нашим глазом никак не регистрируется, поскольку лежит за гранью восприятия.

Окраска и специфические узоры играют важную роль в зрительной (визуальной) коммуникации многих животных, а также в их взаимоотношениях с растительным миром. По ним животные не только находят своих партнеров, но и спасаются от хищников. Вместе с тем известно, что в УФ краски, воспри-

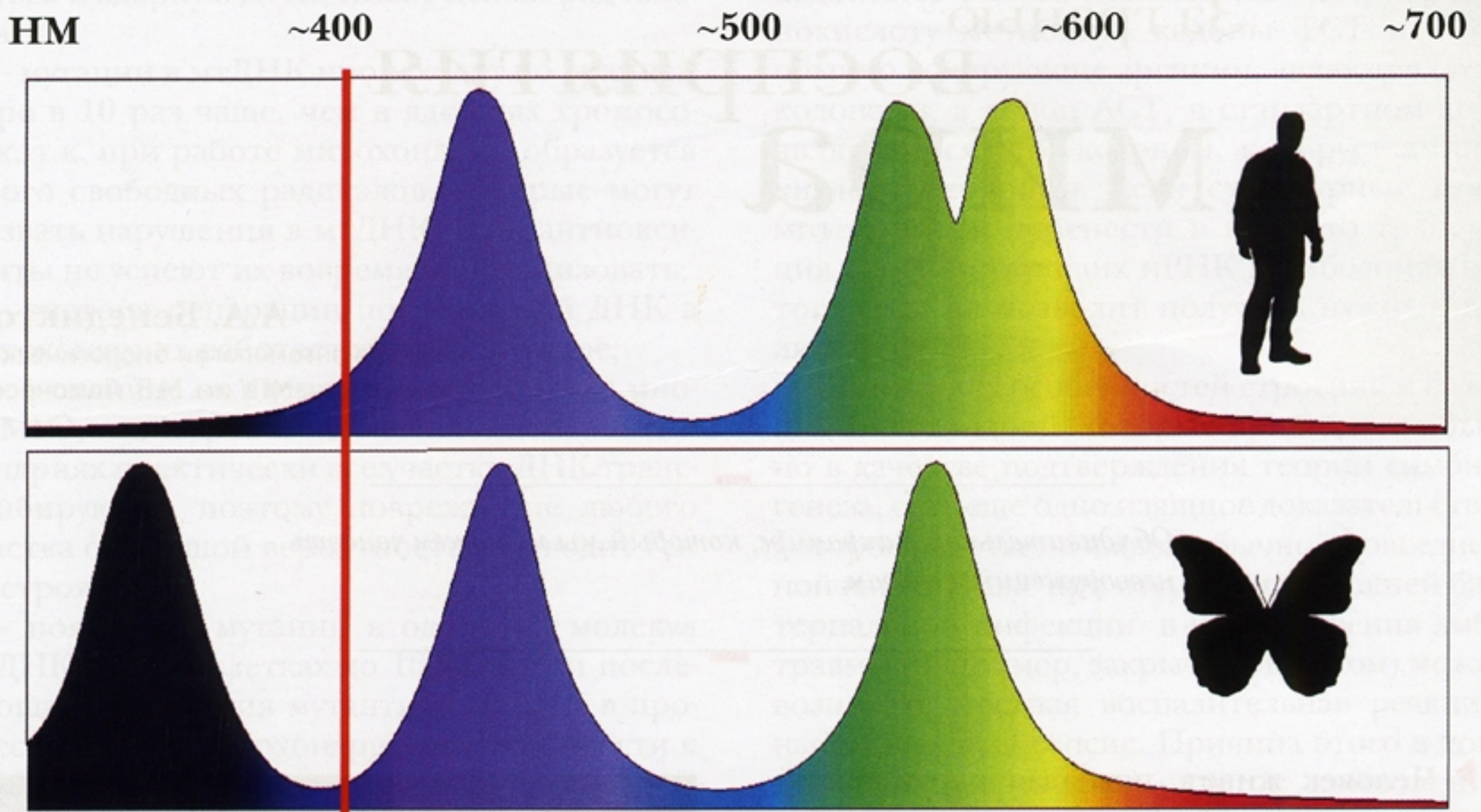


нимаемые глазом человека как одинаковые, на самом деле могут выглядеть непохожими, отражая или поглощая УФ-лучи в различной степени. То есть для видящих УФ животных белый, поглощающий УФ, и белый, отражающий УФ, – два разных цвета. То же справедливо и для других цветов. Есть данные, что именно так северные олени на белом, отражающем УФ («светлом») снегу, различают белых («темных») медведей, шерсть которых поглощает УФ.

Однако среди животных есть и «ультрафиолетовые обманщики»: так кукушка подбрасывает свои яйца в гнезда тех птиц, скорлупа яиц которых в УФ соответствует скорлупе ее собственных, причем остальная окраска, как выясняется, не так уж и важна.

Человек своим глазом не может видеть в УФ области. Однако в медицинской практике были известны курьезные случаи: после заме-





В отличие от человека зрение насекомых захватывает ближнюю область ультрафиолета (315–400 нм). В этой области спектра человек слеп

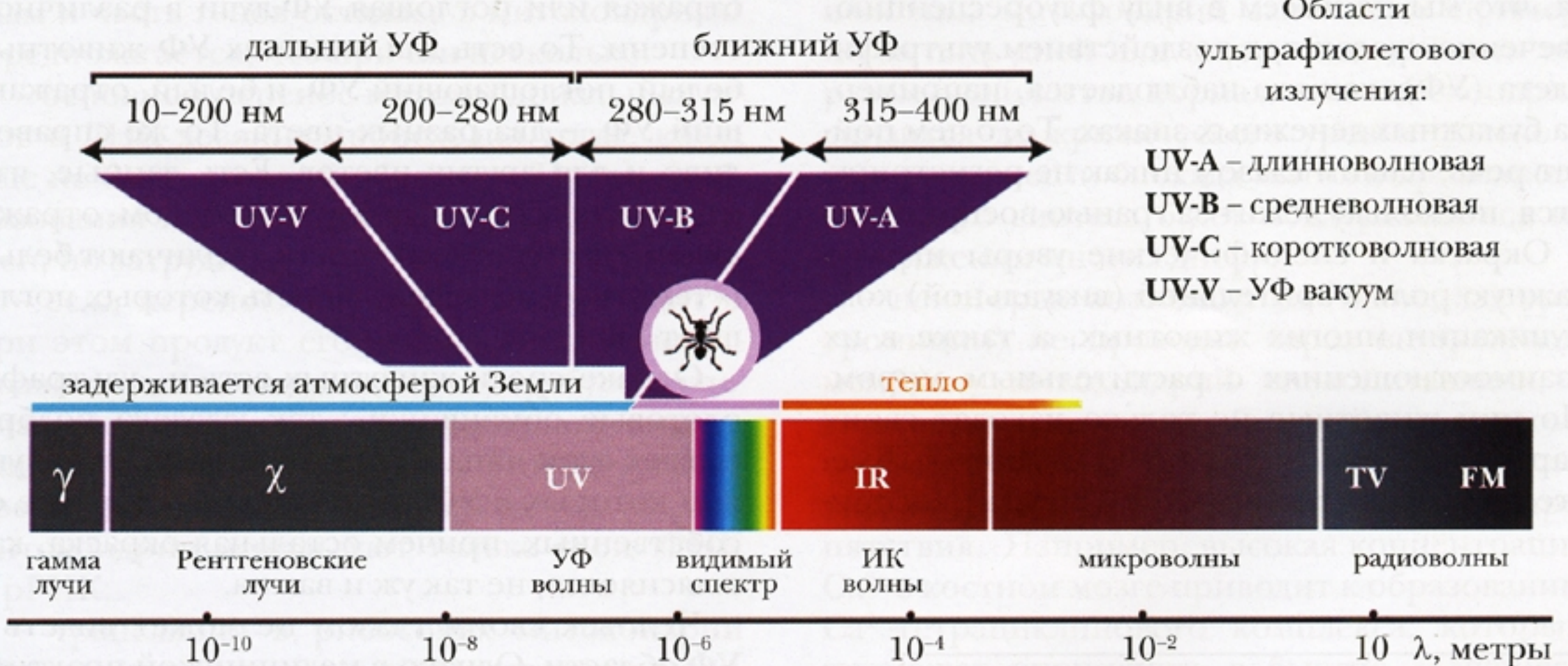
фии. Энтомологи Г.А. Мазохин-Поршняков и Ю.П. Некрутенко еще в 1960–1970-е гг. делали фотоснимки цветков и бабочек обычным пленочным фотоаппаратом «Зенит» со светофильтром УФС-3 (специальное черное

ны хрусталика глаза на искусственный, пропускающий УФ, пациент начинал видеть поглощение и отражение УФ объектами, однако длилось это недолго, поскольку УФ губителен для сетчатки глаза.

И все же проникнуть человеку в эту невидимую для него область достаточно безопасно вполне возможно – при помощи фотогра-

Среди электромагнитных волн длинноволновая область ближнего УФ (UV-A) достигает поверхности Земли и играет важную роль в жизни животных (особенно насекомых) и растений. Более коротковолновое излучение, губительное для живых организмов, задерживается атмосферой нашей планеты

УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ



ультрафиолетовое стекло). Фото пленка наиболее чувствительна к УФ и наименее – к инфракрасным (ИК), а УФС-3 отсекал весь видимый спектр, оставляя только нужную область (около 320–390 нм). Объекты освещались кварцевой лампой или солнцем. Но поскольку УФС-3 совершенно непрозрачен, всю фотосъемку, включая наведение на резкость, приходилось вести вслепую (граница резкости в видимом спектре не соответствует таковой в УФ и наведение на резкость производится опытным путем). Кроме того, методика была сопряжена с трудностями обработки фотоматериалов и невозможностью быстрого контроля полученного результата.

Сегодня благодаря развитию цифровой техники обработка материалов и быстрый анализ полученного результата труда не составляют, но вот проблему наведения на резкость вслепую обойти пока не получается.

Так как цифровая фотография отличается от пленочной, появляются новые нюансы использования светофильтров и источников света. О них нужно знать.

Во-первых, УФ излучение, как и видимый свет, представляет собой электромагнитные волны. Матрица современного цифрового фотоаппарата способна регистрировать самый краешек УФ диапазона (около 380 нм), но она

Для фотосъемки в УФ понадобятся: объектив с малым числом линз (подойдет «Индустар-50» с адаптером к байонету фотоаппарата и кольцом для макросъемки), светофильтр (например, УФС-3 из набора к микроскопу), а также источник ближнего УФ света – УФ белк-лайт лампа. **ВНИМАНИЕ!** Использование других УФ ламп с более коротковолновым спектром может привести к потере зрения!



Фотоаппарат для съемки в УФ готов. Осталось установить его на штатив и осветить объект УФ светом. (На объектив надет светофильтр с самодельным креплением)

наиболее чувствительна к видимому и инфракрасному (ИК, тепловому) излучениям, которые почти полностью забивают УФ диапазон. В дополнение 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 фото пленки это было не важно из-за ее малой чувствительности к ИК лучам). В связи с этим в качестве источника света приходится использовать энергосберегающую УФ белк-лайт лампу с узкополосным спектром (около 350–410 нм). Такие лампы имеются в 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 такие объективы непригодными к нужному нам диапазону. Есть специальные объективы из кварцевого стекла для фотосъемки в УФ, но стоят они немало. 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 белк-лайт лам-



Верхняя и нижняя поверхности крыльев белой дневной бабочки капустницы (*Pieris brassicae* L., самец и самка) в разной степени поглощают ультрафиолет. Эти фотографии выполнены на субстрате, отражающем УФ лучи. Здесь и далее попарно приводятся фотографии в УФ (слева) и при освещении лампой дневного света

пой 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 максимальной). Так что можно проводить съемку только статичных объектов со штатива. И, наконец, полученный результат требует небольшой финальной компьютерной обработки в графическом редакторе (контраст, яркость, подавление шума матрицы).

Собранная с учетом всего вышесказанного установка вполне пригодна для того, чтобы сделать первые шаги за границу видимого диапазона (около 380–390 нм). Это подтверждает сравнение результатов съемки в УФ на цифровую фотокамеру с опубликованными в научных трудах фотографиями, которые были сделаны на фотопленку. Так что же особенно за гранью видимого спектра?

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 близких для нас по цвету белых бабочек – дневных белянок с некоторыми ночными белыми бабочками. Оказывается, чешуйки на их крыльях обладают противоположными свойствами. Так, дневные белянки (капустница, боярышница и пр.) в УФ выглядят темными, поглощающими УФ лучи, а сумеречные бабочки – светлыми, отражающими УФ. Считается, что способность

сумеречных бабочек отражать крыльями УФ служит для коммуникации на близком расстоянии, а для привлечения на больших расстояниях задействована хемокоммуникация.

Посмотрев на растения, можно отметить, что вся зелень (листва, трава) в разной степени поглощает УФ (темная). На их фоне яркие и разноцветные цветки могут не только поглощать, но и отражать УФ, а также иметь скрытые узоры. Считается, что поглощающая УФ область цветка указывает насекомым на местонахождение нектара. То есть, сев на цветок, пчела ползет туда, где поглощение УФ максимально, и там находит нектар. Здесь наглядно прослеживается часто применяющийся в экспериментах по обучению насекомых принцип подкрепления стимула.

Удивительно, но оказывается, что цветки обычных для нас одуванчика, лапчатки, лютика совсем не одноцветные: их центральная часть поглощает УФ, а потому более темная! Да и степень поглощения УФ у разных цветков разная. По мнению исследователей, насекомые видят разницу в степени 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 известный пример – самец крушинницы. Его передние крылья, окаймленные по краю темной, поглощающей УФ полосой, имеют центральное поле из чешуек, ярко отражающих УФ. Интересно, что у разных видов рода Крушинница, обитающих в Палеарктике, узор крыла видоспецифичен. Не исключено, что он используется бабочками для внутривидовой межполовой визуальной коммуникации.

Не менее интересны УФ узоры на крыльях у некоторых бабочек-голубянок, включающие 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 объяснения поведения и взаимоотношений живых организмов.

Опыты современных любителей-фотографов по совмещению УФ фотографии с цветным изображением нужно признать художественным творчеством, не отображающим реальной картины того, как 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 гг. 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. ■

Цветки, имеющие скрытый узор, различимый только в УФ:
 1 – ноготок лекарственный (*Calendula officinalis* L.);
 2 – настурция (*Tropaeolum* sp.); 3 – девясил британский (*Inula britannica* L.); 4 – одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* L.); 5 – рудбекия двуцветная (*Rudbeckia bicolor* Nutt.); 6 – лютик (*Ranunculus* sp.); 7 – лапчатка гусиная (*Potentilla anserina* L.); 8 – герань лесная (*Geranium sylvaticum* L.)

Лабораторные исследования поддержаны темой РФФ (14-50-00029), полевые – НИОКТР (АААА-А16-116021660095-7).

Фотографии предоставлены автором

