

Г. А. МАЗОХИН-ПОРШНЯКОВ

СПЕКТРАЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ШМЕЛЕЙ

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 17 II 1954)

Кривая видности или спектральной чувствительности насекомых, равно как и границы видимого ими спектра, установлены лишь приблизительно и на примере всего лишь двух-трех видов. Имеющиеся в литературе данные по этому вопросу биофизики зрения, однако, не могут дать представления об истинном характере распределения чувствительности глаза насекомых к различным спектральным цветам, поскольку эксперименты проводились в случайно выбранных условиях, не позволяющих сделать строгие и сравнимые выводы. Так, Бертхолф^(2, 3) определял стимулирующую эффективность («привлекательность») различных цветов спектра для адаптированных к свету пчелы (*Apis mellifera* L.) и дрозофилы (*Drosophila melanogaster* L.). Используя их положительную реакцию на свет, он попарно уравнивал несколько монохроматических излучений с белым светом по числу насекомых, двигавшихся к обоим источникам света. Полученные равенства позволили вычертить кривую относительной стимулирующей эффективности спектральных цветов. Она имеет у пчелы и дрозофилы два максимума: один около 365 м μ и другой около 490 м μ (для дрозофилы) или 550 м μ (для пчелы).

Другая попытка снятия кривой спектральной чувствительности принадлежит Джону и Волфу⁽⁵⁾, исследовавшим электрофизиологическим методом зрение пловунца (*Dytiscus fasciventris*) и некоторых других насекомых. Они измеряли электрические потенциалы сетчатки темно-адаптированного жука в ответ на освещение глаза светом, длина волны которого контролировалась набором светофильтров. Кривая спектральной чувствительности пловунца, представляющая обратную величину энергии света различных длин волн (от λ 440 до λ 720 м μ), вызывающего равные электроответы, имеет максимум в районе λ 540 м μ . Чувствительность в этом районе примерно в 4 раза выше, чем к фиолетовому (λ 440 м μ).

Методически не строгая постановка этих опытов по определению кривой спектральной чувствительности, именно — уравнивание по привлекательности белого излучения с монохроматическим или снятие потенциалов действия с сетчатки глаза, а не со зрительного нерва, а также использование произвольных уровней излучений, не позволяет признать оценку их результатов вполне достоверной. Они не могут характеризовать энергетические пороги чувствительности насекомых к различным длинам волн — одну из важных характеристик их глаза, при установлении которой можно исключить влияние на результаты исследования посторонних факторов. Кривая видности для пороговых яркостей никем не снималась.

Целью настоящего исследования было определение энергетических порогов спектральной чувствительности шмелей в связи с вопросом о границах видимого ими спектра. Последний вопрос имеет самостоятель-

ное значение, так как в литературе господствует представление о «слепоте» шмелей к красному свету (1, 4, 6, 7), возникшее на основе опытов по выработке у шмелей условных рефлексов на цветную бумагу (6, 7). Шмели, дрессированные на красную бумагу, в контроле не отличали ее от серых, почти черных бумаг.

Методика

Адаптированных к темноте шмелей помещали в продолговатый ящик (рис. 1, Я), одна из меньших сторон которого имела два окна, затянутых папиросной бумагой. Одно окно (б) закрывалось светонепроницаемой заслонкой (з), другое (а) — частично освещалось снаружи спектральным светом из монохроматора УМ-2 (М). Противоположная сторона ящика имела окно (в), которое освещалось затемненной лампой 0,1 ватт (Л). Внутри ящик был оклеен черной бумагой, а сверху покрыт стеклом.

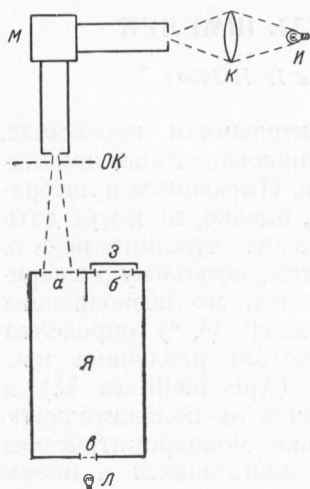


Рис. 1

Монохроматор был энергетически проградирован в относительных единицах, т. е. было известно, во сколько раз энергия одних лучей больше энергии других. Энергия света, падавшего на одно из окон, менялась шириной выходной щели монохроматора и нейтральным оптическим клином (ОК), расположенным позади нее. Окна а и б освещались попеременно. Источником света для монохроматора служила 30-ваттная лампа накаливания (И). Опыты велись в темной комнате. По истечении 30 мин. темновой адаптации зажигалась лампа (Л), привлекавшая к окну (в) подопытных насекомых. Затем включался монохроматор, а лампа (Л) гасилась. Если яркость спектрального

света, падавшего на окно (а), была надпороговой, то шмели собирались у него. Яркость уменьшали до тех пор, пока шмели переставали собираться у этого окна. За пороговую энергию света принималась средняя величина ее между минимальной надпороговой и максимальной подпороговой.

Достоверность факта, что шмель видит свет, признавалась только тогда, когда он, жужжа, начинал биться об освещенную часть окна. Следовательно опыт оценивался по поведению каждого насекомого, и в эксперименте мог участвовать даже один экземпляр шмеля.

В тех случаях, когда экспериментатор не различал силуэт насекомого на фоне освещенной части окна (в фиолетовом конце спектра, где яркость света для человека была подпороговой), местонахождение шмеля фиксировалось в момент коротких вспышек лампы (Л).

Было сделано около 45 измерений пороговых энергий света в границах λ 383—718 м μ для двух видов самок шмелей: *Vombus lucorum* L. и *V. hortorum* L. В каждом опыте участвовало от 1 до 5 экземпляров.

Результаты опытов и их обсуждение

Полученные результаты измерений представлены на графике (рис. 2).

Как видно из рис. 2, спектральная чувствительность глаза *V. lucorum* и *V. hortorum* полностью совпадает — разброс экспериментальных точек не выходит за пределы точности опытов.

В диапазоне предлагавшихся излучений, от ближнего ультрафиолета (λ 383 м μ) до далекого красного (λ 718 м μ), шмели чувствительны ко всем длинам волн. Как показывает распределение точек, максимум чувствительности лежит в ультрафиолете; кроме того, повидимому, можно

констатировать некоторое повышение чувствительности к зеленым лучам λ 520—540 м μ . От зеленого к красному чувствительность очень сильно падает: пороговая энергия красного (λ 718 м μ) более чем в 100 000 раз выше таковой зеленого (λ 520 м μ). Чувствительность к свету λ 420—500 м μ почти одинакова, однако она резко, примерно в 100 раз, увеличивается при переходе от 420 к 400 м μ . При сравнении пороговых энергий лучей противоположных концов спектра видно, что чувствительность шмелей к крайнему фиолетовому свету примерно в 10 000 000 раз выше, чем к далекому красному.

Как известно, шмели имеют цветное зрение (^{6,7}) и тот факт, что чувствительность их к фиолетовому свету в миллионы раз, а к синему и зеленому — в сотни тысяч раз выше, чем к далекому красному, предполагает одну интересную особенность цветоразличения у этих насекомых, а именно: поверхность будет представляться для шмелей окрашенной в цвет 680—700 м μ только в том случае, если энергия отраженных ею лучей этой длины волны в сотни тысяч и миллионы раз выше энергии более коротковолновых отраженных лучей. В естественной обстановке при дневном освещении шмели практически не встречаются с отражателями, которые, имея максимум отражения в красной части спектра, не отражали хотя бы долей процента более коротковолновых лучей. Поэтому красную поверхность, но отражающую в небольшом количестве лучи различной длины волны, шмели могут не отличать от некоторых цветных или ахроматических (серых) поверхностей, а при слабом освещении — и от черных. Благодаря очень высокой чувствительности ко всем лучам, кроме оранжевых и красных, ничтожное присутствие первых создаст у шмеля такое же ощущение цвета, какое создаст спектр отражения серой (для человека) поверхности. По этой причине в опытах Куглера (⁶) шмели путали красную бумагу с серой.

Следовательно утверждение о слепоте шмелей к далекому красному свету оправдывается только в том смысле, что при обычном освещении они могут путать темнокрасные поверхности с некоторыми другими цветными, серыми и даже черными, когда яркость отраженных ими лучей ниже пороговой. Утверждение же цитированных авторов о нечувствительности шмелей к красному свету не соответствует действительности. Оно возникло вследствие использования в опытах пигментных бумаг вместо спектральных цветов.

Проведенное нами исследование говорит также о том, что глаза насекомых, в частности шмелей, приспособлены к работе в условиях широкого диапазона яркостей, что хорошо согласуется с особенностями их

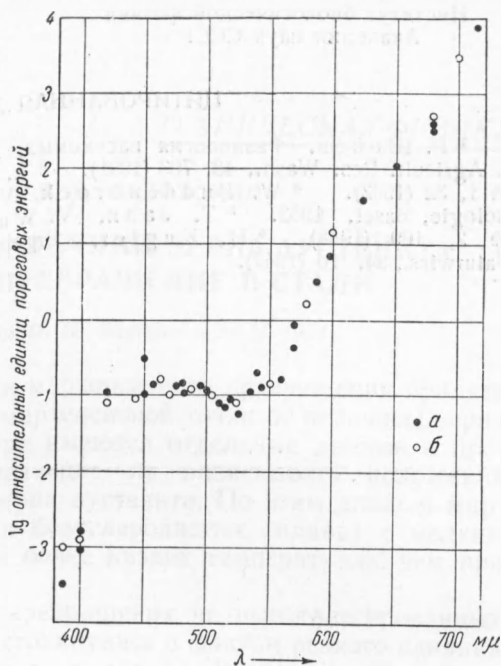


Рис. 2. Энергетические пороги чувствительности шмелей *V. lucorum* и *V. hortorum* к спектральным цветам. *а*—*V. lucorum* ♀, *б*—*V. hortorum* ♀

образа жизни. Известно, что шмели посещают цветущие растения не только в дневные часы, но и в сумерках, когда освещенность предметов, особенно под пологом леса, падает в десятки тысяч раз по сравнению с освещенностью в полдень на открытом месте. Имеются также наблюдения, что в степях Монголии шмели летают в лунные ночи.

Институт биологической физики
Академии наук СССР

Поступило
12 II 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Р. Шовен, Физиология насекомых, Москва, 1953. ² L. M. Bertholf, J. Agricult. Res. Wash., 43, 703 (1931). ³ L. M. Bertholf, Zs. vergl. Physiol., 18, № 1, 32 (1932). ⁴ W. Buddenbrock, Vergleichende Physiologie, I, Sinnesphysiologie, Basel, 1952. ⁵ T. Jahn, V. Wulff, J. New York Entomol. Soc., 56, № 2, 109 (1948). ⁶ H. Kugler, Ergebn. Biol., 19 (1943). ⁷ H. Kugler, Naturwiss., 34, 10 (1947).