

Б. Г. Ковров и А. С. Мончадский

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА ДЛЯ ПРИВЛЕЧЕНИЯ НАСЕКОМЫХ

[B. G. KOVROV AND A. S. MONTCHADSKY. ON THE POSSIBILITY OF
THE USE OF THE PLANE-POLARIZED LIGHT FOR THE ATTRACTION OF INSECTS]

Уже давно световые ловушки завоевали важное место при исследовании фенологии, интенсивности лёта и сравнительной численности многих видов и групп насекомых, особенно имеющих практическое значение. Автоматизация вылова при помощи аспирационной установки и использование ламп ультрафиолетового света значительно повысили эффективность этого метода и расширили область практического применения ловушек, которые оказались весьма удобными для скоростных обследований, вылова и даже очистки территории от вредных в сельскохозяйственном, медицинском и ветеринарном отношениях видов (Мазохин-Поршняков, 1955, 1956; Погодина и Сафьянова, 1957; Бреев, 1958, 1963; Жоголев, 1959а, 1959б, и др.).

Повышение эффективности привлекающего действия ловушек возможно или путем улучшения их конструкции, в частности засасывающего механизма, или путем изменения мощности или качества источника света, сильнее привлекающего насекомых. Вопросы, связанные с влиянием на численность вылавливаемых насекомых, в частности комаров, изменения числа оборотов засасывающего механизма и его наличия вообще, а также изменения мощности источника света, затронуты в работах К. А. Бреева (1958, 1963). Нашей целью было выяснение возможности применения поляризованного света как источника излучения, более сильно привлекающего насекомых и таким образом повышающего эффективность действия ловушки без увеличения мощности излучения.

Еще в 1948 г. Фриш установил, что медоносная пчела способна не только реагировать на поляризованный свет, но и различать плоскость его поляризации. Эта способность, по данным Фриша (Frisch, 1948, 1949, 1950, 1951), лежит в основе поведения пчел-разведчиц, сигнализирующих особым типом полета направление лёта к месту взятка. Этот «виляющий танец» пчел перестает быть ориентирующим при отсутствии поляризованного света (например, при сплошной облачности), являющегося для пчел, по выражению Фриша (Frisch, 1950), своеобразным компасом.

Последующие работы показали, что ряд других насекомых так же реагирует на поляризованный свет. При этом реакции исследованных насекомых, принадлежащих к различным отрядам (жуки, бабочки, двукрылые, перепончатокрылые), всегда были связаны с ориентирующей ролью плоскости поляризации света при движении исследуемых объектов. Аналогичные данные имеются и для других членистоногих. Сводку литературы по способности членистоногих реагировать на поляризованный свет дал Г. А. Мазохин-Поршняков (1959). В этой сводке обсуждаются и анализирующие механизмы восприятия поляризованного света в их глазу. Данные о сравнительном значении для этого восприятия светочувствительных элементов, ретинальных клеток глаза (Autrum a. Stumpf,

1950, и др.) и светопреломляющего аппарата (Baylor a. Smith, 1953; Stephens и др., 1953, и др.) еще очень недостаточны. Однако можно считать установленным, что в основе этого восприятия лежит прежде всего радиальное расположение воспринимающих свет элементов простого или сложного глаза членистоногих, независимо от наличия специальных анализаторов как в ретинальных клетках, так и в светопреломляющей части глаза. Таким образом, само строение последнего у членистоногих, особенно у насекомых, по-видимому, определяет универсальность наличия у них способности к восприятию поляризованного света независимо от существования или отсутствия у тех или иных видов биологической в этом необходимости. Поэтому то, что применение поляризованного света как источника, привлекающего насекомых, сильнее, чем неполяризованного, казалось нам теоретически вполне обоснованным. В существующей литературе работы по его использованию в светоловушках, насколько нам было известно, отсутствовали.

Работа проводилась летом 1960 г. на Биологической станции Лаборатории биофизики (заведующий — проф. И. А. Терсков) Института физики Сибирского отделения Академии наук СССР (директор — проф. Л. В. Киренский) в Емельяновском районе Красноярского края, на берегу р. Качи. Названным лицам, а также всему персоналу Биостанции авторы выражают глубокую благодарность за повседневную помощь в организации работ. Непосредственное участие в ее проведении принимала старший лаборант Зоологического института АН СССР А. Н. Берзина.

Для работы применялись световые ловушки с аспиратором, изготовленные в технической мастерской Института физики по типу, предложенному Г. А. Мазохин-Поршняковым (Институт биофизики АН СССР) и являющемуся вариантом применяемой в США ньюджерсийской ловушки (Мазохин-Поршняков, 1955, 1958). Винт засасывающего механизма приводился в движение мотором МП-2 мощностью в 40 вт и давал 6000 оборотов в минуту. В качестве источников излучения применялись ртутно-кварцевые лампы ПРК-7 (только в начале работы) и СВДШ-1000. Последние, как дававшие более концентрированное, приближающиеся к точечному, излучение, оказались более удобными и применялись при всех опытных и контрольных ловах. Данные об их излучении приведены в табл. 1 (см.: Франк, 1958 : 92).

Для поляризации излучений лампы ультрафиолетового света СВДШ-1000 применялось зеркало размером 200 на 80 мм из дюрала, поверхность которого была отполирована пастой ГОИ № 10. Данные об отражении дюралевым зеркалом излучений лампы СВДШ-1000 представлены в табл. 2.

Для поляризации излучений ламп обыкновенного света (лампа НБ-5 мощностью в 109 вт, излучавшая только в видимой области 190, а при поляризации 61 мквт/см² на расстоянии 1 м) был испробован поляроид из набора по поляризации света «ПС» завода № 6 Главучтехпрома диаметром 4 см, площадью 12,56 кв. см. Его коэффициент пропускания по непосредственным измерениям был равен 0,32. Однако при сравнительно слабом источнике света, дающем небольшой по диаметру пучок, коэффициент пропускания (0,32) поляризованного света был настолько мал, что привлекал очень немного насекомых, даже меньше, чем в контрольной ловушке без поляроидной пластинки. Поэтому после двух пробных учетов опыты с лампами НБ-5 были прекращены.

Т а б л и ц а 1

Данные об излучении применявшихся ламп

Тип лампы	Мощность (в вт)	Энергия излучения на расстоянии 1 м (в мквт/см ²)							
		видимая область		380—320 ммк		320—280 ммк		280—200 ммк	
		неполяризованный	поляризованный	неполяризованный	поляризованный	неполяризованный	поляризованный	неполяризованный	поляризованный
ПРК-7	1000	1230	836	530	344	620	372	420	168
СВДШ-1000	1000	1680	1142	660	429	420	252	170	68

Т а б л и ц а 2

Отражение излучений лампы СВДШ-1000 дюралевым зеркалом
по областям спектра

	Видимая область	Ультрафиолетовое излучение		
		380—320 ммк	320—280 ммк	280—200 ммк
Коэффициент отражения	0.68	0.65	0.60	0.40

Втянутые в ловушку насекомые попадали в мешок из мельничного газа с дном из бязи на круглом проволочном каркасе. Все насекомые попадали на дно, а нагнетаемый винтом воздух выходил сквозь стенки, чем ослаблялся его поток и в меньшей степени механически повреждал пойманные объекты. Тем не менее, вследствие большой скорости вращения винта засасывающего механизма (около 100 оборотов в секунду), все насекомые размером больше 1.5—2 мм более или менее сильно повреждались вращающимися лопастями винта. Крупные жуки и бабочки оказывались разрезанными на несколько частей, что несколько затрудняло их подсчет. Более удобным, чем мешки, оказался для сбора конический рукав из мельничного газа, широкий верхний конец которого был закреплен на ловушке, а к узкому нижнему концу при помощи резинового кольца прикреплялась 500-граммовая банка, куда попадали все пойманные насекомые. Этот способ облегчал смену банок и замаривание улова.

Прежде чем начать параллельные испытания ловушек поляризованного и неполяризованного света было необходимо выяснить их сравнительную привлекаемость для летающих насекомых, в частности насекомых, составляющих комплекс гнуса, с тем, чтобы максимально уравнять их «уловистость». Без таких предварительных испытаний нельзя было бы судить о степени достоверности результатов сравнительных ловов. Источники излучения (лампы СВДШ-1000) и конструкция самих ловушек были одинаковыми. Тем не менее первые учеты показали довольно большие различия в численности пойманных насекомых, несмотря на одновременность экспозиции и, казалось, сходное их расположение. При этом то в одной, то в другой из ловушек численность оказывалась большей.

Обе ловушки вначале были поставлены в 20 м друг от друга на гребне террасы левого берега р. Качи на высоте около 30 м над сильно заболоченной ее широкой поймой, поросшей смешанным лесом. Склон террасы был ориентирован на юго-восток и у места расположения ловушек лишен деревьев. Таким образом, ловушки были видимы издалека.

Между подножием террасы и рекой находилась территория Биостанции, очищенная от древесной и кустарниковой растительности и дававшая поэтому комарам, мошкам и другим насекомым мало возможности для укрытия. Таким образом, лёт в ловушки по местным условиям происходил в значительной степени с покрытых лесом территорий поймы слева и справа от Биостанции, от подножия террасы и с ее склонов. Поэтому направление преобладающих в период учета ветров (северо-восточные или юго-западные), дувших преимущественно вдоль террасы, в значительной степени определяло преимущественное попадание насекомых в одну из ловушек. Для уменьшения различий в численности уловов, связанных с расположением ловушек, они были поставлены на расстоянии 3 м друг от друга. Такое сближение обеих ловушек, снимая различия в их положении, имело другой недостаток: те виды привлекаемых на свет насекомых, которые приближаясь к ловушке, не летят прямо к источнику света, а некоторое время летают вокруг него на небольшом расстоянии, могут при этом попасть в соседнюю ловушку, а не в ту, светом которой они были привлечены. К таким насекомым, в частности, принадлежат и комары, на что уже указывал Бреев (1958). Поэтому при близком расположении ловушек численность пойманных в них таких насекомых не может служить показателем избирательного лёта последних на испытываемые источники излучения. Так как численность комаров была не-

высокой (см. ниже), а преобладавшие количественно мокрецы летели прямо на привлекавший их источник света, то в данных условиях упомянутым недостатком можно было пренебречь.

Обе ловушки включались одновременно по вечерам с 21 до 24 часов на разные сроки (от 30 минут до 2—3 часов) в зависимости от интенсивности лёта. Так как основные закономерности изменений лёта различных групп кровососов и его суточного ритма от погодных условий были нам достаточно хорошо известны, то параллельное измерение основных метеорологических факторов не проводилось, а для общей ориентировки около ловушек в специальном ящике были установлены термограф и гигрограф.

Погодные условия конца весны и лета 1960 г. были очень неблагоприятными. С начала июня и до начала августа редкий день был без осадков, часто ливневого характера, сопровождавшихся грозами. Частые ночные понижения температуры, начинавшиеся еще до захода солнца, доходили в июне и в первой половине июля до 5—6°. Все это отражалось не только на численности лёта, но и на общей численности ряда групп насекомых. Из летающих кровососущих двукрылых в ловушку летели комары, мошки и мокрецы. Несмотря на обилие личинок комаров и мошек, давших массовый вылет взрослых в конце 1-й декады июня, численность их быстро снизилась. Мокрецы оказались более устойчивыми к погоде, поэтому они абсолютно преобладали в сборах (табл. 3 и 4).

Мокрецов было поймано более 12 видов, среди которых наиболее многочислен был *Culicoides grisescens* Edw., следующими по численности были *C. pulicaris* (L.) и *C. obsoletus* (Meig.), остальные виды встречались единично; из некровососущих мокрецов в большом количестве встречался *Atrichopogon* sp. Мошек было очень мало. В основном это были *Odagmia ornata* (Meig.) и *Eusimulium latipes* (Meig.). Комары залетали в ловушку в несколько большем числе, чем мошки. Преобладали виды подрода *Ochlerotatus* рода *Aedes*: *A. (O.) beklemischevi* Den., *A. (O.) communis* Deg., *A. (O.) cyprius* Ludl., *A. (O.) dianiaus* H. D. K., *A. (O.) excrucians* Walk., *A. (O.) flavescens* Müll., *A. (O.) hexodontus* Dyar, *A. (O.) pionips* Dyar и *A. (O.) punctor* Kby. Наибольшей численности среди них достигали *A. beklemischevi*, *A. communis*, *A. excrucians* и *A. punctor*. Кроме упомянутых видов, единично встречались *Anopheles maculipennis* Meig., *Theobaldia alaskaensis* Ludl., *Aedes (Aedes) cinereus* Meig. и *Culex pipiens pipiens* L. Из других насекомых в большом количестве летели в ловушку двукрылые и бабочки; перепончатокрылые, ручейники, жуки, полужесткокрылые и поденки встречались единично (табл. 5), что, по-видимому, тоже было связано с особенностями погоды.

Всего за период с 14 до 24 июня было проведено 11 одновременных учетов обеими ловушками. Суммарные данные по всем этим учетам приведены в табл. 3. Из таблицы видно, что по общему количеству выловленных насекомых, а среди них по комарам и мошкам, получены довольно близкие результаты, хотя в ловушке № 1 оказалось меньше мокрецов, но больше, чем в ловушке № 2 прочих насекомых. Во всяком случае эти

Т а б л и ц а 3

Результаты сравнительных испытаний применявшихся
ловушек с лампами СВДШ-1000

Ловушки	Численность пойманных насекомых				
	комары	мошки	мокрецы	прочие	всего
№ 1	240	135	10440	9194	20009
№ 2	229	156	14865	6459	21709

различия не превышают 30—40 % числа пойманных насекомых и во много раз меньше различий, полученных при сравнительных испытаниях привлекающего действия поляризованного и неполяризованного света.

Испытания сравнительной привлекаемости ловушек с неполяризованным и поляризованным светом проводились следующим образом. Обе ловушки с лампами СВДШ-1000 были снабжены раздвижной ширмой из плотной, не пропускающей свет материи. Ширма позволяла устанавливать заданные направление и ширину пучка света от лампы. К одной из ловушек было прикреплено дюралевое зеркало под углом 45° к выходящему сквозь щель ширмы пучку света. Учитывая ширину зеркала (80 мм), ширина щели равнялась 45—50 мм. Такой же ширины была щель и на другой ловушке, дававшей неполяризованный свет. Щели обеих ловушек были направлены так, чтобы пучки света скрещивались между собой приблизительно в 15 м от их источников. Предполагалось, что привлеченные светом насекомые при лете к ловушке в месте скрещения пучков неполяризованного и горизонтально поляризованного света будут иметь дополнительную возможность выбора источника излучения.

Сравнительные испытания проводились с 27 июня по 5 августа. Всего за этот период был проведен 21 сравнительный учет. Их результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4

Сравнительные испытания привлекающего действия
на кровососущих двукрылых ловушек горизонтально поляризованного
и неполяризованного ультрафиолетового света

Дата	Поляризованный свет					Неполяризованный свет				
	комары	мошки	мокрецы	прочие	всего	комары	мошки	мокрецы	прочие	всего
27 VI	23	0	140	7	170	100	0	44	9	153
28 VI	93	1	66	7	167	65	1	68	1	135
30 VI	30	0	103	14	147	22	0	18	7	47
2 VII	21	0	28	3	52	10	0	3	0	13
3 VII	8	0	26	2	36	4	2	9	1	16
4 VII	41	0	164	7	212	5	0	21	4	30
5 VII	70	0	1095	96	1261	19	1	122	31	173
7 VII	7	1	129	22	159	29	0	476	25	530
8 VII	22	0	5120	294	5436	15	1	752	107	875
10 VII	23	3	318	83	427	33	0	101	60	194
16 VII	21	0	4430	173	4624	14	0	2476	106	2596
19 VII	66	1	156	181	404	90	1	72	246	409
20 VII	13	0	253	65	331	33	0	202	55	290
21 VII	29	0	3714	461	4204	27	0	1572	276	1875
23 VII	121	0	2250	276	2647	116	0	1845	235	2196
24 VII	24	0	14640	1128	15792	21	0	1128	294	1443
26 VII	6	0	1335	283	1624	6	0	452	130	588
28 VII	30	0	3325	932	4287	23	0	1252	365	1640
3 VIII	7	0	1750	111	1868	1	0	394	44	439
4 VIII	5	0	2101	218	2324	5	0	1616	150	1771
5 VIII	10	0	18400	358	18768	4	0	3331	106	3441
Всего	670	6	59543	4721	64940	642	6	15954	2252	18854

Из табл. 4 видно, что по общему количеству ловушка поляризованного света привлекала в 3.5 раза больше насекомых, чем ловушка неполяризованного света. Если взять сравнительные уловы за отдельные дни, то только 1 раз (7 VII) общая численность насекомых в ловушке неполяризованного света была больше и 1 раз (19 VII) в обе ловушки было привлечено одинаковое их число. В остальных 19 сравнительных

уловах ловушка поляризованного света привлекала значительно большее количество насекомых.

В отношении отдельных групп насекомых наблюдаются значительные различия. Суммарная численность комаров была по причине, упомянутой выше (см. стр. 51), в обеих ловушках почти одинаковой, хотя в отдельные дни они преобладали то в одной, то в другой из них. Мошки стали к этому времени настолько малочисленны, что судить об их отношении к поляризованному свету было невозможно. Для мокрецов поляризованный свет оказался в 3.7 раза более привлекательным. Только в 1 случае (7 VII) их было больше в неполяризованной ловушке и 1 раз (28 VI) численность их в обеих ловушках была одинаковой.

Другие насекомые (табл. 5) суммарно более чем вдвое сильнее привлекались в ловушку поляризованного света. Среди них численности, достаточной для возможности хотя бы предварительной оценки результатов, достигали только чешуекрылые и двукрылые. Клопы, жуки, ручейники и перепончатокрылые летали в малых количествах, не позволявших сделать какие-либо выводы.

Таблица 5

Сравнительные испытания привлекающего действия
на некровососущих насекомых ловушек горизонтально поляризованного
и неполяризованного ультрафиолетового света

Дата	Поляризованный свет							Неполяризованный свет						
	Hem.	Col.	Trich.	Lep.	Hym.	Dipl.	Всего	Hem.	Col.	Trich.	Lep.	Hym.	Dipl.	Всего
27 VI	—	—	—	1	—	6	7	—	—	—	1	—	8	9
28 VI	—	—	—	1	—	6	7	—	—	—	1	—	—	1
30 VI	—	—	—	4	—	10	14	—	—	—	5	—	2	7
2 VII	—	1	—	1	—	1	3	—	—	—	—	—	—	0
3 VII	—	—	—	2	—	—	2	—	—	—	—	—	1	1
4 VII	—	—	—	3	—	4	7	—	1	—	2	—	1	4
5 VII	—	1	1	19	—	75	96	—	—	—	6	—	25	31
7 VII	—	1	—	10	—	11	22	—	—	—	10	—	15	25
8 VII	—	4	—	130	5	155	294	—	2	—	9	1	95	107
10 VII	—	1	—	10	—	72	83	—	—	—	9	—	51	60
16 VII	—	—	—	35	—	138	173	—	—	—	22	2	82	106
19 VII	1	2	—	16	1	161	181	—	2	—	17	3	224	246
20 VII	—	—	—	23	—	42	65	—	1	—	12	1	41	55
21 VII	—	3	—	79	1	378	461	—	1	—	40	—	235	276
23 VII	—	1	—	34	1	240	276	—	—	—	30	1	204	235
24 VII	1	6	—	215	10	896	1128	—	2	—	75	2	215	294
26 VII	—	—	—	29	3	251	283	—	—	—	30	—	100	130
28 VII	—	1	2	74	5	850	932	—	4	4	23	2	332	365
3 VIII	—	—	1	20	7	83	111	—	1	—	14	2	27	44
4 VIII	1	2	—	27	5	183	218	—	—	1	25	4	120	150
5 VIII	—	—	—	26	2	330	358	—	—	1	21	1	83	106
Всего	3	23	4	759	40	3892	4721	—	14	6	352	19	1861	2252

Чешуекрылые и двукрылые привлекались ловушкой поляризованного света в 2 раза сильнее, чем неполяризованного. Однако при малочисленном лёте, связанном с неблагоприятными погодными условиями, такое явное предпочтение поляризованного света проявлялось в более слабой степени или отсутствовало. Это объясняется особенностями их полета. Бабочки при их порхающем типе полета около ловушек часто вылетали из сравнительно узкого пучка лучей и могли попадать не в ту ловушку, светом которой они были привлечены. Такой, как у комаров (см. стр. 52), лёт около ловушек был и у ряда представителей других

семейств длинноусых двукрылых. Поэтому при слабом лёте эти особенности лёта содействовали выравниванию средней численности попадающих в обе ловушки бабочек и двукрылых. При сильном лёте этот сглаживающий результаты элемент случайности оказывался снятым высокими цифрами, и закономерность большего привлечения чешуекрылых и двукрылых в ловушку с поляризованным светом выявлялась с достаточной отчетливостью.

Полученные результаты нельзя считать случайными, тем более, что энергия излучения лампы СВДШ-1000, отраженного дюралевым зеркалом, была ослабленной. Как видно из табл. 2, коэффициент отражения в разных областях спектра составлял от 0.40 до 0.68 нормальной энергии прямого излучения. Поэтому можно считать, что наши предварительные сравнительные испытания показали, что ловушка поляризованного света для насекомых не менее чем в 2 раза эффективнее ловушки неполяризованного света.

ЛИТЕРАТУРА

- Б р е е в К. А. 1958. О применении ловушек ультрафиолетового света для определения видового состава и численности популяции комаров. Паразитолог. сб. Зоолог. инст. АН СССР, 18 : 219—238.
- Б р е е в К. А. 1963. Влияние источников света на численность и видовой состав комаров, собираемых в световые ловушки. Энт. обзор., XLII, 2.
- Ж о г о л е в Д. Т. 1959а. Световые ловушки как метод собирания и изучения насекомых — переносчиков возбудителей болезней. Энт. обзор., 38, 4 : 766—773.
- Ж о г о л е в Д. Т. 1959б. Изучение кровососущих насекомых Закарпатья при помощи световых ловушек. Научн. зап. Ужгородск. ун-та, 40 : 151—159.
- М а з о х и н - П о р ш н я к о в Г. А. 1955. Массовое привлечение насекомых на ультрафиолетовое излучение. ДАН СССР, 102, 4 : 729—732.
- М а з о х и н - П о р ш н я к о в Г. А. 1956. Ночной лов насекомых на свет ртутной лампы и перспективы использования его в прикладной энтомологии. Зоолог. журн., 35, 2 : 238—244.
- М а з о х и н - П о р ш н я к о в Г. А. 1958. Устройство и использование ловушек для насекомых с излучателями ультрафиолета. Энт. обзор., 37, 2 : 464—471.
- М а з о х и н - П о р ш н я к о в Г. А. 1959. Зрение членистоногих и поляризованный свет. Зоолог. журн., 38, 7 : 1032—1041.
- П о г о д и н а Е. А. и В. М. С а фья н о в а. 1957. Испытание метода отлова кровососущих двукрылых при помощи ртутной лампы ПРК-4. Зоолог. журн., 36, 6 : 894—899.
- Ф р а н к Г. М. (ред.). 1958. Ультрафиолетовое излучение. Медгиз, М.—Л. : 92.
- A u t r u m H. und H. S t u m p f. 1950. Das Bienenauge als Analysator für polarisiertes Licht. Zeitschr. Naturforsch., 5 (2) : 116—122.
- B a y l o r E. R. and F. E. S m i t h. 1953. The orientation of Cladocera to polarized light. Amer. Naturalist, 87, 833 : 97—101.
- F r i s c h K. 1948. Gelöste und ungelöste Rätsel der Bienensprache. Naturwiss., 35, 1 : 12—23, 38—43.
- F r i s c h K. 1949. Die Polarisation des Himmelslichtes als orientierender Faktor bei den Tänzen der Bienen. Experientia, 4 : 142—148.
- F r i s c h K. 1950. Die Sonne als Kompass im Leben der Bienen. Experientia, 6 : 210—221.
- F r i s c h K. 1951. Orientierungsvermögen und Sprache der Bienen. Naturwiss., 38 : 105—112.
- S t e p h e n s G. C., M. F i n g e r m a n and F. A. B r o w n. 1953. The orientation of *Drosophila* to plane polarized light. Ann. Entomol. Soc. Amer., 46 : 75—83.

Институт физики
Сибирского отделения АН СССР,
Красноярск
и Зоологический институт АН СССР,
Ленинград.

SUMMARY

Comparative tests with two identical traps of normal and plane-polarized ultra-violet light were carried out. The tests have shown greater attraction of polarized light (more than 2 times) for certain groups of flying insects, for *Diptera* and butterflies in particular.