

УДК 621.374

В. М. ДУБИК, инженер

Подольский государственный аграрно-технический университет, г. Каменец-Подольский, Хмельницкая обл.

## ОБОСНОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ АТТРАКТАНТОВ ДЛЯ ПРИВЛЕЧЕНИЯ НОЧНЫХ НАСЕКОМЫХ В САДУ

*Рассмотрены биофизические предпосылки и анализ процессов привлекающего действия на насекомых-вредителей оптических излучений.*

*Розглянуті біофізичні передумови і аналіз процесів залучаючої дії на комах-шкідників оптичних злучень.*

### Постановка проблемы

Арсенал электрофизических методов по борьбе с насекомыми-вредителями в садах широк и включает применение разных физических факторов – температуры, электромагнитных излучений различных диапазонов, акустических сигналов и т.д. Экологическая чистота, селективность, быстроедействие, делает применение этих методов перспективными при организации защитных мероприятий. Однако недостаточная изученность процессов привлечения и уничтожения насекомых, а также высокие потенциальные возможности методов, обуславливают необходимость продолжения работ по исследованию и разработке установок и процессов электрофизических методов борьбы с насекомыми вредителями плодовых культур.

### Анализ последних достижений

Как показывает анализ литературы, несмотря на широкое использование привлекающего действия света в электрофизических устройствах, механизм, объясняющий это явление остается не выясненным. По мнению многих исследователей [1, 2, 3], теория, вскрывающая механизм прилета насекомых на свет должна объяснить следующие факты:

1. Почему наибольшей привлекательной способностью обладают ультрафиолетовые источники света.

2. Почему привлекающее действие оказывают не только источники света, но и подсвеченные экраны.

Согласно некоторой теории [3] ночной прилет насекомых на световой аттрактант рассматривается как проявление фототропической реакции, в основе которой лежит испускание света как сигнала свободного пространства. Допускают, что прилет насекомых к свету лампы является проявлением положительной фототропической реакции.

В других теориях привлечение насекомых объясняется нарушением ориентации и координации движений насекомых вследствие ослепляющего действия источника на фоне низкой окружающей яркости [5]. И все же эти теории не объясняют, почему насекомые летят в зону оптического излучения, где параметры оптического излучения резко отличаются от характеристик открытого пространства, и такие особенности поведения, как потеря активности вблизи источника оптического излучения, более сильная реакция на ультрафиолетовое излучение [6].

**Цель статьи.** Установить, что для привлечения насекомых-вредителей следует использовать в качестве оптических аттрактантов.

### Основной материал

Ультрафиолетовые лучи являются надежным индикатором простора и оказывают на насекомых наибольшее привлекающее действие, несмотря на то, что максимальная чувствительность глаза не всегда лежит в коротковолновой части спектра [3].

Сравниваемые интегральные потоки излучения должны отвечать условию [6]:

$$\sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda)_{ист} = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda)_{н.н.}, \quad (1)$$

где  $\varphi(\lambda)_{ист}$  – относительная спектральная интенсивность излучения источника света;  
 $\varphi(\lambda)_{н.н.}$  – относительная спектральная интенсивность излучения ночного неба.

В работах [5, 6] отличен максимальный лет насекомых, например плодовой, на источник света с длиной волны 365 нм, несмотря на то, что в естественных условиях такое излучение встречается очень не часто.

Теория объясняет этот эффект существованием у насекомых “супероптимальных стимулов”, а свет с длиной волны  $\lambda_{max} \leq 365$  нм является супероптимальным стимулом простора.

Причину прилета насекомых к источнику оптического излучения, очевидно, следует искать на клеточном и молекулярном уровнях организации насекомых [7].

Это можно объяснить тем, что оптическое излучение необходимо для жизнедеятельности насекомого. Насекомые, подлетая к источнику оптического излучения, стремятся получить как можно большее количество облучения. Вместе с тем, резкое облучение часто вызывает у насекомых потерю ориентации, судорожные движения (шоковые реакции).

Процесс жизнедеятельности требуют постоянных затрат энергии на механическую работу при сокращении мышц, затрат электрической энергии (генерация и передача нервных импульсов, для осмотической работы и так далее), затрат энергии на образование химических связей между атомами в процессах биосинтеза сложных органических соединений.

Внутри клеток содержатся довольно крупные (средний размер от 1 до 3 мкм) частицы – митохондрии. Они служат для выработки аэробным путем энергии, необходимой для функционирования клетки. Эта энергия расходуется на создание электрохимического градиента на мембране, активный транспорт веществ и т.д. Митохондрии отличаются от технических устройств тем, что преобразования энергии в них происходит на молекулярном уровне. Однако энергия, необходимая для жизнедеятельности, вырабатывается не только аэробным путем. Многие авторы считают, что молекулы белка обладают свойством поглощать ультрафиолетовое излучение [7].

Поглощение при длинах волн более 250 нм с максимумом около 280 нм объясняется присутствием ароматических аминокислот – триптофана, тирозина и фенилаланина. В состав практически всех белков в больших количествах входят аминокислоты триптофан  $\lambda_{max} = 278$  нм и тирозин  $\lambda_{max} = 275$  нм. Наличие ароматических и ряда других аминокислот, а также присутствие в белках водородных связей, спиральных участков дает поглощение при 210...250 нм. Наличие в белке пептидных связей обуславливает поглощение вблизи 190 нм.

По утверждению многих исследователей [8, 9] немаловажным для привлечения насекомых является также устранение пульсации источников излучения.

Исходя из этих соображений в работе [8] были приведены исследования для определения силы положительных реакций яблочной плодоножки в зависимости от частоты пульсации лучистого потока. На основании этих результатов следует считать, что насекомые надежно будут воспринимать, как непрерывное излучение с пульсациями 400 световых имп/с. Все перечисленные соображения биофизического характера позволят оптимизировать электрофизические параметры мобильных установок и повысить эффективность их работы по уничтожению летающих в садах насекомых-вредителей.

Во время полета насекомое фиксирует источник света особой зоной глаза, имеющей высокую остроту зрения. Эта зона носит название “фовеа” и служит насекомому для зрительного фиксирования [2]. Угол зрения фовеа составляет около  $60^\circ$ . При этом под

действием адаптационных процессов происходит снижение функции зрения, так как распределение яркостей в поле зрения неравномерно. Ослепляющее действие источника света приводит к возникновению вуалирующей пелены  $\beta$ , яркость которой равна [10].

$$\beta = \frac{mE_{зр}}{\theta^2}, \quad (2)$$

где  $E_{зр}$  – освещенность, создаваемая блеским источником света в плоскости глаза насекомого;

$\theta$  – угол между линией зрения и лучом от блеского источника света;

$m$  – коэффициент пропорциональности.

Блеский источник света, находящийся в поле зрения насекомого вызывает снижение зрительной функции глаза, субъективно выраженной в возникновении вуалирующей пелены, объективно возникающей под действием световой адаптации глаз. При этом объекты, яркость которых ниже яркости вуалирующей пелены, не различаются насекомыми.

При наличии в поле зрения блеского источника света изменить курс полета на угол более угла зрения фовеа, а также сесть на предметы фона насекомое может только при условии:

$$\frac{L_{\phi} - \beta}{\beta} \geq K_{нор}, \quad (3)$$

где  $L_{\phi}$  – яркость фона;

$\beta$  – яркость вуалирующей пелены;

$K_{нор}$  – величина контрастной чувствительности.

Величина яркости фона в случае диффузного отражения равна:

$$L_{\phi} = \frac{E\rho}{\pi}, \quad (4)$$

где  $\rho$  – коэффициент отражения от фона [11].

Величина яркости фона на расстоянии  $x$  от источника света, с учетом спектральных особенностей, выразится следующим образом:

$$L_{\phi} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\phi}(\lambda) d\lambda = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{m_{\lambda}(\lambda)\rho(\lambda)}{\pi} E_{эф}(\lambda, x) d\lambda, \quad (5)$$

где  $L_{\phi}(\lambda)$  – яркость фона для каждой длины волны падающего оптического излучения;

$\rho(\lambda)$  – спектральный коэффициент отражения от фона;

$\lambda_1, \lambda_2$  – границы исследуемого диапазона спектра;

$E_{эф}(\lambda, x)$  – эффективная спектральная освещенность на расстоянии источника света, включающая освещенность, создаваемую ночным небом.

$$E_{\text{эф}}(\lambda, x) = \frac{I_{\alpha}(0)I_{\Lambda\lambda}(\lambda)}{x^2} + E_0E_{0\lambda}(\lambda). \quad (6)$$

Подставляя в (5) выражение для  $E_{\text{эф}}(\lambda, x)$ , получим:

$$L_{\phi} = \frac{1}{\pi} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} m_{\lambda}(\lambda) \rho(\lambda) \left( \frac{I_{\alpha}(0)I_{\Lambda\lambda}(\lambda)}{x^2} + E_0E_{0\lambda}(\lambda) \right) d\lambda. \quad (7)$$

Величина яркости вуалирующей пелены, возникающей в зрительном аппарате насекомого под действием блеского источника света, равна:

$$\beta = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \beta(\lambda) d\lambda = m \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} m_{\lambda}(\lambda) \frac{I_{\alpha}(0)I_{\Lambda\lambda}(\lambda)}{\theta^2 x^2} d\lambda, \quad (8)$$

где  $\beta(\lambda)$  – спектральная яркость вуалирующей пелены;

$\lambda_1, \lambda_2$  – границы исследуемого диапазона спектра.

Подставляя выражение (7), (8) в выражение (3), после преобразований получим условие лета насекомого к лампе аттрактанту под действием ослепленности:

$$K_{\text{пор}} < \frac{L_{\phi}}{\beta} - 1 = \frac{\theta^2 x^2}{\pi m I_{\alpha}(0)} \frac{\frac{I_{\alpha}(0)}{x^2} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} m_{\lambda}(\lambda) \rho(\lambda) I_{\Lambda\lambda}(\lambda) d\lambda + E_0 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} m_{\lambda}(\lambda) \rho(\lambda) E_{0\lambda}(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} m_{\lambda}(\lambda) I_{\Lambda\lambda}(\lambda) d\lambda} - 1. \quad (9)$$

Обозначив в уравнении (9):

$$A_1 = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} m_{\lambda}(\lambda) I_{\Lambda\lambda}(\lambda) d\lambda;$$

$$A_2 = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} m_{\lambda}(\lambda) \rho(\lambda) I_{\Lambda\lambda}(\lambda) d\lambda; \quad (10)$$

$$A_3 = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} m_{\lambda}(\lambda) \rho(\lambda) E_{0\lambda}(\lambda) d\lambda,$$

получим:

$$K_{nop} < \frac{\theta^2 A_2}{\pi A_1 m} \left( 1 + \frac{A_3 E_0 x^2}{A_2 I_\alpha(0)} \right) - 1. \quad (11)$$

Соотношение  $\frac{A_2}{A_1}$  выражает степень соответствия спектров излучения источника света и спектра отражения его от фона. Соотношение  $\frac{A_3}{A_2}$  выражает степень соответствия спектров излучения источника света и спектров ночного неба. Выражение  $\frac{\theta^2}{m}$  является характеристикой зрительного аппарата насекомого.

Величина критического расстояния до источника света, при котором начинается ослепляющее действие на летящее насекомое, может быть определена из следующего выражения:

$$x_{кр} = \sqrt{\frac{I_\alpha(0) A_2}{E_0 A_3} \left[ \frac{(K_{nop} + 1) m \pi A_1}{\theta^2 A_2} - 1 \right]}. \quad (12)$$

Для определения критического расстояния, определяющего привлекательность насекомых источником света, воспользуемся спектральным коэффициентом отражения, приведенного в работе [11], спектральной характеристикой ночного неба, кривой относительной биологической чувствительности яблонной плодожорки.

Для приведения расчетов необходимо все используемые спектральные характеристики исследуемых источников света [6], нормировать по следующему условию:

$$\sum_{i=1}^n \frac{Y_i \Delta \lambda_i}{S}, \quad (13)$$

где  $Y_i$  – значение максимума ординаты на данном интервале разбиение кривой  $\Delta \lambda_i$ ;  
 $S$  – площадь криволинейной трапеции, ограниченная данной кривой.

После графического вычисления интегралов (10) в интервале длин волн  $\lambda = 280 \dots 340$  нм были получены следующие значения коэффициентов  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ :

– для люминесцентной лампы ЛЭ-15:  $A_1 = 0,48$ ;  $A_2 = 1,9 \cdot 10^{-2}$ ;

– для ламп типа ДРТ:  $A_1 = 0,2$ ;  $A_2 = 2,3 \cdot 10^{-2}$ .

Коэффициент  $A_3$  учитывает влияние на насекомого внешних источников света. Для ночи этот коэффициент равен [5]:

$$A_3 = 3,658 \cdot 10^{-3}.$$

Коэффициент  $\frac{m}{\theta^2}$  является характеристикой зрительного аппарата насекомого и не зависит от параметров источников светового аттрактанта и фона. Его величина, на основании работ [1, 2, 3] равна  $5,92 \cdot 10^{-2}$ .

На рисунке приведена зависимость критического расстояния  $x_{кр}$  от отношения силы света источника излучения  $K$  рассеянной облученности ночного неба.

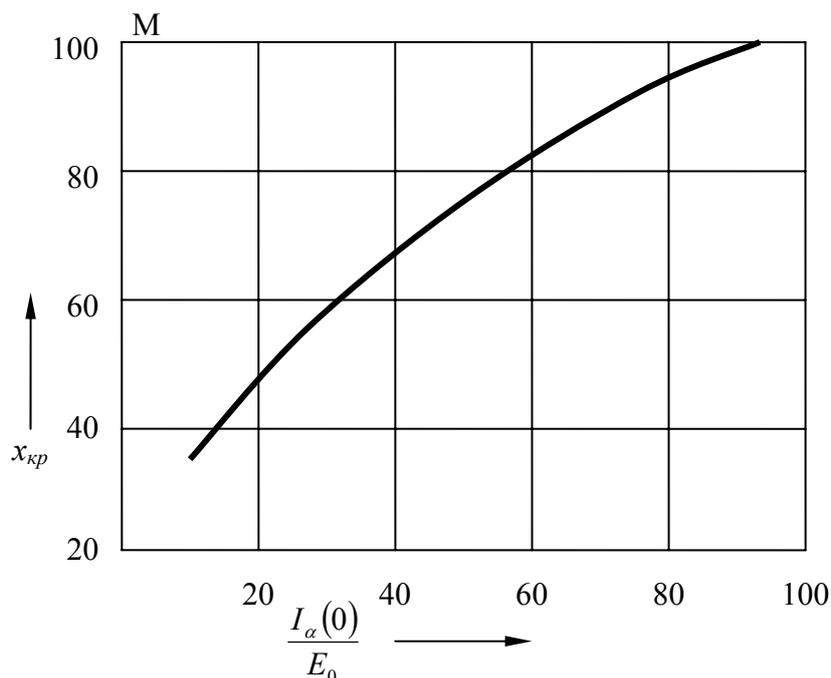


Рисунок. Зависимость критического расстояния от отношения  $\frac{I_{\alpha}(0)}{E_0}$

Расчетные соотношения показывают, что насекомые-вредители в садах могут привлекаться оптическими аттрактантами на расстоянии до 100 м.

### Вывод

На основе теоретических исследований установлено, что для привлечения насекомых-вредителей на расстоянии до 100 м следует использовать в качестве оптических аттрактантов лампы типа ЛЭ-15.

### Список использованных источников

1. Мазохин-Поршняков Г. А. Зрение насекомых / Г. А. Мазохин-Поршняков. – М.: Наука, 1965. – 138 с.
2. Мазохин-Поршняков Г. А. Руководство по физиологии органов чувств насекомых / Г. А. Мазохин-Поршняков. – М.: МГУ, 1983. – 262 с.
3. Мазохин-Поршняков Г. А. Зрение и визуальная ориентация насекомых / Г. А. Мазохин-Поршняков // Биология. – 1980. – Вып. 3. – С. 131–138.
4. Поспелов С. М. Защита растений / С. М. Поспелов, Н. Г. Бермин, Е. Д. Васильева. – М.: Агропромиздат, 1986. – 392 с.
5. Самков М. Н. Лет на свет и летная активность насекомых / М. Н. Самков. – М.: Наука, 1984. – 220 с.
6. Скобелев В. М. Источники света и пускорегулирующая аппаратура / В. М. Скобелев, Б. И. Афанасьев. – М.: Энергия, 1973. – 368 с.
7. Росс Г. Этомология / Г. Росс, Ч. Росс, Д. Росс: [пер. с англ.]. – М.: Мир, 1985. – 576 с.
8. Жигальцева М. М. Исследование эффективности установок с различными излучателями яблонной плодовой гнили / М. М. Жигальцева, С. М. Чернобровина, С. И. Гнилук // Сер. биол. – Молдавия: АН МССР. – 1964. – 5 – С. 114–117.
9. Приставка В. П. Привлекающие ловушки в защите растений от вредных насекомых / В. П. Приставка: [Обзорная информация]. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1974. – 43 с.

10. Айзенберг Ю. Б. Справочная книга по светотехнике / Ю. Б. Айзенберг. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 472 с.
11. Чернышев В. Д. Спектральное отражение света листьями некоторых древесных видов Дальнего востока / В. Д. Чернышев // Лесоведение. – 1975. – № 6. – С. 63–67.

## GROUND OF OPTICAL ATTRAKTANTOV FOR BRINGING IN OF NIGHTLY INSECTS IN GARDEN

V. M. DUBIK, engineer

*Biophysical pre-conditions and analysis of processes of the attracting operating are considered on the insects-wreckers of optical zlucheniу.*

*Поступила в редакцию 18.11 2010 г.*