

Эффективность ларвицидов гормонального типа действия против комаров – переносчиков возбудителей опасных инфекций

Костина М. Н., доктор биологических наук; Костин Ф. Н.,
ФБУН НИИ Дезинфектологии Роспотребнадзора,
117246, Научный проезд, 18, Москва, Россия

Высокая эпидемиологическая опасность комаров, которые переносят возбудителей опасных болезней человека (лихорадка Зика, Западного Нила, Чикунгунья, желтая, малярия и др.) и резкое возрастание числа заболевших во многих странах мира заставляют исследователей продолжать поиск эффективных, но более безопасных средств подавления их численности [2; 5; 9]. Особенного внимания заслуживают водоемы вблизи жилья человека или мест его отдыха (детские лагеря, санатории). Наибольший эффект достигается при обработке мест выплода ларвицидами гормонального типа действия (регуляторы развития насекомых – РРН): за счет различных нарушений метаморфоза на протяжении всего периода развития личинок достигается полное отсутствие вылета имаго [4; 11–13]. Нами успешно использовались различные препаративные формы РРН: микрокапсулированная суспензия, содержащая 20% дифлубензурана, и 5%-я – на основе метопрена; 25%-й смачивающийся порошок на основе трифлумурана, суспензионный концентрат (15% дифлубензурана) и 0,4%-е водорастворимые гранулы, содержащие метопрен. Эффективные концентрации установлены в диапазоне 0,001–0,004 мг/л для дифлубензурана и трифлумурана и 0,0002–0,0004 – для метопрена. Нормы расхода (г ДВ/га) при обработке водоемов составили: 18–50 для трифлумурана, 40–60 – для дифлубензурана и 12–15 – для метопрена в зависимости от типа водоема, глубины, степени зарастания и плотности заселения личинками комаров. Одноразовое применение РРН в минимальных концентрациях и длительность остаточного действия обеспечивают эффект в течение 2–6 месяцев (в зависимости от типа водоема), что сокращает до минимума кратность обработок и расходы на их проведение в отличие от традиционных инсектицидов, которые используют каждые 2–3 недели.

Ключевые слова: комары, эпидемиологическое значение, ларвициды, гормональная активность, инсектициды, водоемы, ювеноиды, ингибиторы синтеза хитина (ИСХ).

Комары – это основной компонент гнуса – комплекса кровососущих двукрылых насекомых, нападающих на людей и домашних животных. Являясь беспокойным фактором окружающей среды из-за массовых нападений, они мешают нормальной работе людей и нарушают их отдых [3; 7]. Укусы комаров болезненны, расчесы могут привести к появлению волдырей, нагноению кожи, возникновению аллергических реакций. Самую большую опасность комары представляют как специфические переносчики возбудителей опаснейших заболеваний человека: в их теле возбудитель проходит определенный цикл развития и размножения.

Наибольшую опасность для человека представляют заселенные личинками природные или искусственные водоемы, расположенные рядом с народнохозяйственными объектами рыбозаведения и скотоводства, рядом с местами отдыха людей и особенно детей. Открытые природные во-

доемы, в большей степени со стоячей водой, естественные пруды и озера, дно которых зарастает водной растительностью, искусственные пруды для хозяйственных целей при сильном загрязнении заселяются комарами р. *Culex*. Не меньшую опасность представляют и городские водоемы: затопленные подвалы жилых домов, подтопления в системе метрополитена, емкости для сбора воды, противопожарные бочки, в которых развиваются личинки комаров.

Учитывая, что особенного внимания заслуживают водоемы, расположенные вблизи человека, важны и способы подавления развития личинок комаров: тип инсектицида, механизм его действия, рабочие концентрации, скорость достижения эффекта и его продолжительность.

Основным этапом борьбы является, безусловно, уничтожение мест выплода или их обработка ларвицидами, которые предотвращают вылет

имаго. Поскольку именно ларвициды вносят непосредственно в места обитания комаров (городские и открытые природные водоемы), то их нормы расхода и токсикологические параметры имеют решающее значение. Поэтому внимание исследователей привлекли более безопасные соединения избирательного типа действия – регуляторы развития насекомых (РРН), нарушающие процессы линьки, метаморфоза и приводящие к отсутствию выплода нормального жизнеспособного поколения.

Аналоги ювенильного гормона – это в основном производные додекадиеновой кислоты, которые, воздействуя на развивающийся организм насекомого, вызывают различные нарушения метаморфоза. На протяжении всех стадий развития комаров истинный природный ювенильный гормон (ЮГ) присутствует в их организме, но ближе к стадии покоя – концу 4-го возраста и начала окукливания – эти процессы замедляются, т. е. титр ЮГ в организме минимален (так называемый «критический период»). В этот период организм наиболее чувствителен к чужеродному экзогенному аналогу ЮГ. Введение экзогенного аналога в этот период вызывает различные нарушения метаморфоза [6; 8; 10].

Ингибиторы синтеза хитина (ИСХ) – это химические соединения, производные мочевины, вызывающие нарушения линьки личинок – так называемые гормоноподобные эффекты.

Материалы и методы. При испытании соединений из группы АЮГ в отношении личинок комаров использовали инсектарную чувствительную к инсектицидам культуру НИИД комаров *Aedes aegypti* L. Препарат вносили в сосуды с водой, где содержались личинки комаров зрелого 4-го возраста. Наблюдения за их развитием проводили постоянно, ежедневно регистрируя особи с признаками начала окукливания, затем – формирующие куколку. Показателями эффективности являются: 1) отсутствие нормально сформированной куколки; 2) особи, которые не смогли освободиться от экзuvia; 3) особи, которые не смогли подняться с поверхности воды.

Соединения из группы ИСХ вносили в воду с личинками комаров, находящимися на 1–2-й стадиях развития, и наблюдали за процессом линьки, отмечая ежедневно ее нарушения. Появление куколок свидетельствует о прекращении действия препарата.

Статистическую обработку проводили по методу Стьюдента-Фишера.

Результаты. Нами установлено, что при использовании метопрена в форме 0,4%-ных гра-

нул, вылет имаго отсутствовал более 2 месяцев. Микрокапсулированный 5%-ный препарат, содержащий 3,75% в микрокапсулированной форме и 1,25% – в растворе, в концентрациях 0,001–0,040% ингибировал развитие вылета в течение 61 суток (табл.).

Из группы АЮГ также нами был изучен пироксифен в двух препаративных формах: 10%-ный к. э. и 0,5%-ный в гранулах [10]. Установлена концентрация, ингибирующая развитие личинок на 50% (ИК50), равная 0,0029 мг/л. Для концентрата эмульсии рекомендованы концентрации 0,001–0,005 мг/, а при использовании долгодействующих плавающих гранул при норме расхода 10 г/м² эффект сохранялся не менее 1,5 месяцев, что затем было подтверждено и в практических условиях.

Из второй группы РРН – ИСХ – изучено три препарата зарубежных производителей: на основе трифлумурина – «Байцидал ВП 25%» (Германия) – в форме смачивающегося порошка, «Диптрон Эс Си 15%», содержащий 15% дифлубензурина, и «Диптрон-таблетки» – 2% дифлубензурина (Испания). Высокая биологическая активность проявлялась в различных нарушениях линьки с возраста на возраст, в отличие от АЮГ, влияющих в основном на личинок последнего возраста перед их окукливанием (табл.).

Нами проведено изучение эффективности еще одной формы дифлубензурина – 2%-ных водорастворимых таблеток. Вес 1 таблетки составлял 2 г (2,037; 2,067; 2,042; 2,082; 2,058 и т. д. – в среднем 2,054 г), и каждая содержала 2% ДВ, т. е. 20 мг ДВ. Производитель (Испания) рекомендовал использовать 1 таблетку на 1 л воды (20 мг ДВ/л). При использовании этой концентрации 100% отсутствие вылета мы наблюдали в течение 4,5 недель, а через 6 недель эффективность снижалась до 52%.

Большим практическим шагом к использованию РРН в России можно считать появление первого препарата отечественного производства на основе дифлубензурина [1]. Это «Дизуран» – 20%-ный концентрат суспензии, изученный нами в 2018 г. и получивший государственную регистрацию.

Как видно из таблицы, соединения были эффективны в минимальных концентрациях.

Таким образом, высокая эффективность и высокий и длительный эффект при использовании ларвицидов на основе соединений с гормональным типом активности достигается за счет различных нарушений на протяжении всего периода развития личинок. Хотя механизм действия этих соединений различен, как и характер нару-

Таблица

Эффективность изученных препаративных форм РРН

«№»	Соединение, препаративная форма	Концентрация, % по ДВ	Доля образовавшихся куколок, %	Доля вылетевших имаго, %	Норма расхода при обработке водоемов, г ДВ/га
1.	Трифлумурон CAS № 64628-44-0 Байцидал ВП 25 Смачивающийся порошок 25%-ный	0,0005	21	9	18–50
		0,0010	0	0	
		0,0040	0	0	
2.	Дифлубензурон CAS № 35367-38-5 Диптрон Эс Си 15 Суспензионный концентрат 15%-ный	0,0005	55	18	40–60
		0,0010	15	0	
		0,0040	0	0	
3.	Дизуран 20%-ная микрокапсулированная эмульсия	0,004	24	15	40–60
		0,008	9	0	
		0,012	0	0	
		0,016	0	0	
4.	Пирипроксифен CAS № 95737-68-1 Сумиларв – 0,5%-ный гранулы	5 г гранул на 1 м ²	96	0	4–9
		10 г гранул на 1 м ²	92	0	
5.	Найгард 10%-ный к. э.	0,0010	97	20	4–9
		0,0015	89	0	
6.	Метопрен CAS № 65733-16-6 ЛОДИ ЛАРВИ КАПС 5% микрокапсулированная суспензия	0,0004	80	0	12–15
		0,0002	90	3	
7.	ЛОДИ ЛАРВИ ГР 0,4%-ные гранулы	5г гранул на 1 м ²	98	0	12–15
		10 г гранул на 1 м ²	94	0	

При P=0,05 Sx составляет ± 5%

шений, необходимый эффект – отсутствие вылета имаго – достигается полностью.

Безопасность для объектов окружающей среды, в том числе для обитателей водоемов и для лиц, проводящих обработки, – также очень важные качества соединений данной группы. Сложившийся годами стереотип – гибель непосредственно после обработки является, видимо, основным тормозом для внедрения этих препаратов в систему борьбы с вредными насекомыми, в частности с комарами – опасными переносчиками возбудителей различных болезней, в том числе лихорадки денге, Западного Нила, Зика и др. Специалистам дезслужб, использующим традиционные инсектициды каждые 2–3 недели, достаточно одноразовой обработки препаратом на основе РРН, чтобы получить эффект в течение 2–3 месяцев в затопленных подвалах жилых домов или в других городских водоемах с ограниченным залетом комаров. При использовании РРН в откры-

тых природных водоемах 2–3 обработки за весь весенне-летний сезон обеспечат отсутствие комаров на этот период. Это особенно важно, если вблизи этих водоемов расположены детские лагеря или другие зоны отдыха. Расходы на проведение обработок с использованием РРН будут минимальными за счет сокращения их кратности. При очень высокой численности личинок целесообразна первая обработка традиционным инсектицидом, а затем – РРН, который обеспечит долгосрочный эффект на протяжении нескольких недель. Разработка первого отечественного средства гормонального типа действия вселяет надежды на дальнейшее развитие данного направления.

**Список использованной литературы
References**

1. Рославцева С. А., Жулев А. И., Цветков Д. А., Кузьменко А. С. Изучение эффективности применения средства на основе ингибитора

синтеза хитина для борьбы с личинками комаров с помощью беспилотников «ODONATA AGRO» // Дез. дело. – 2018. – № 3. – С. 71–76.

2. Яковлев С. А., Захаров К. С. и др. Эпизоотологический мониторинг и неспецифическая профилактика заболеваний лихорадкой Западного Нила в Саратовской области // Пест-Менеджмент. – 2014. – №1. – С. 23–30.

3. Belinato A., Martins A. et al. Effect of triflumuron a chitin synthesis inhibitor on *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* and *Culex quinquefasciatus* under laboratory conditions // Parasites & Vectors. – 2013. – Vol. 6. – P. 83–89.

4. Belinato D. F., Medeiros P. F. V., Araujo S. C. et al. Resistance status to the insecticides temephos, deltamethrin and diflubenzuron in Brazilian *Aedes aegypti* populations. Hindawi Publ. Corp. Biomed. Res. Intern. – 2016. Article ID 8603263. – 12 p.

5. Bibbs C. S., Anderson C., Xue Rui-De. Auto dissemination of insect growth regulator methoprene with two formulations against *Aedes albopictus* // J. Am. Mosq. Control Assoc. – 2016. – Vol. 32, №3. – P. 247–250.

6 Bibbs C. S., Anderson C. S., Smith M. L. et al. Direct and indirect efficacy of truck-mounted applications of S-methoprene against *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) // Int. J. Manag. – 2017. – V. – P. 1–8.

7. Costa F. M., Tadei W. P. Laboratory toxicity evaluation of diflubenzuron a chitin synthesis inhibitor against *Anopheles darlingi* (Diptera: Culicidae) // J. Res. Biol. – 2011. – Vol. 1. – №6. –P. 444–450.

8. Harbison J. E., Runde A. B., Henry M. et al. An operational evaluation of S-methoprene larvicide formulations for use against mosquitoes in catch basins // Environ. Health Insights. – 2018. – Vol. 12. – P. 1–4.

9. Hustect J., Doum D., Keo V. et al. Determining the efficacy of guppies and pyriproxyfen (Sumilarv *2MR) combined with community engagement on dengue vectors in Cambodia study protocol for a randomized controlled trial //Trials. 2017. – Vol. 18. –P. 307.

10. Kostina M. N. Influence of pyriproxyfen on preimaginal stages of *Musca domestica* and *Aedes aegypti* //Proceed. of the 3rd Intern. Conf. on Urban Pests, Prague, Czech Republic. –1999. – P. 626.

11. Mian L. S., Dhillon M. S., Dodson L. Field evaluation of pyriproxyfen against mosquitoes in catch basins in Southern California // J. Am. Mosq. Control Assoc. – 2017. – Vol. 3. – P. 145–147.

12. Oo S. Z., Thaug S., Mayng Y. M. M. et al. Effectiveness of a novel long-lasting pyriproxyfen larvicide (Sumilarv 2 MR) against *Aedes* mosquitoes in schools in Yangon, Myanmar //Parasites & Vectors. – 2018. – Vol. 11. – P. 1–9.

13. Tuten H. C., Moosmann P. et al. Effect of pyriproxyfen on *Aedes japonicus* development and its auto-dissemination by gravid females in laboratory trials //J. Am. Mosq. Control Assoc. – 2016. – Vol. 32, №1. – P. 55–58.

Efficiency of larvicides of hormonal type of action against mosquitoes – vectors of dangerous infections

*Marina Nikolaevna Kostina,
Doctor of Biological Sciences,
Kostin Filipp Nikolaevich
Scientific Research Disinfectology Institute
of Pospotrebnadzor, Nauchny pr., 18,
Moscow, 117246*

The high epidemiological risk of mosquitoes that transmit causative agents of dangerous human diseases (Zika, West Nile, Chikungunya, yellow, malaria, etc.) and a sharp increase in the number of cases in many countries of the world force researchers to continue the search for effective, but safer means of suppressing their numbers [2; 5; 9]. Special attention should be paid to ponds near a person's dwelling or places of rest (children's camps, sanatoriums). The greatest effect is achieved when treating the breeding sites with hormone-like larvicides of action (insect development regulators – PPH): due to various disturbances of metamorphosis throughout the entire period of development of the larvae, a complete absence of adult migration is achieved [4; 11–13]. We have successfully used various formulations of PPH: microencapsulated suspension containing 20% diflubenzuron, and 5% – based on methoprene; 25% wettable powder based on triflumuron, suspension concentrate (15% diflubenzuron) and 0.4% water-soluble granules containing methoprene. Effective concentrations are set in the range of 0.001-0.004 mg / l for diflubenzuron and triflumuron and 0.0002-0.0004 for methoprene. Consumption rates (g L / ha) in the treatment of water bodies were: 18–50 for triflumuron, 40–60 for diflubenzuron, and 12–15 for methoprene, depending on the type of water reservoir, depth, degree of overgrowing, and density of mosquito larvae. One-time application of PPH in minimal concentrations and the duration of the residual effect provide an effect for 2-6 months (depending on the type of water body), unlike traditional insecticides that are used every 2-3 weeks, which reduces the number of treatments and the cost of their holding.

Key words: mosquitoes, epidemiological significance, larvicides, hormonal activity, insecticides, reservoirs, juvenoids, inhibitors of chitin synthesis (ICS).