

Новый ларвицид для комаров на основе метопрена

Костина М. Н., доктор биологических наук, Бидевкина М. В., доктор биологических наук, Виноградова А. И.

ФБУН НИИД Роспотребнадзора, 117246, г. Москва, Научный проезд, д. 18

В качестве ларвицида для уничтожения личинок комаров в водоемах различного типа (природные, городские) предлагается препарат «ЛОДИ ЛАРВИ КАПС» на основе метопрена (5%) – аналога ювенильного гормона (АЮГ). Установлена высокая целевая эффективность для личинок *Ae. aegypti* и длительность остаточного действия в течение 61 суток (срок наблюдения). Токсикологические исследования показали безопасность для человека, теплокровных животных и объектов окружающей среды.

Ключевые слова: метопрен, аналог ювенильного гормона, регуляторы развития насекомых (РРН), личинки комаров, ларвицид, остаточное действие, безопасные режимы применения.

Масштабы загрязнения окружающей среды заставляют продолжать поиск менее опасных с токсикологической точки зрения соединений [1–2, 4]. Особенно это касается ларвицидов, которые вносят в природные водоемы, заселенные представителями гидрофауны, а также в городские водоемы разного назначения (подвалы жилых домов, подтопления в системе метрополитена, сточные воды, емкости для сбора воды и т. п.).

Комары являются переносчиками возбудителей различных лихорадок: Зика, Денге, Чикунгунья, а также других опасных болезней человека [4]. Поэтому для предотвращения вылета имаго резко возросла значимость ларвицидных обработок. Естественно, что наибольший интерес вызывают менее опасные соединения, поскольку препараты могут оказывать влияние на окружающую среду. К ним относятся как бактериальные препараты, так и регуляторы развития.

Эффективность в минимальных концентрациях и длительная остаточная активность все больше привлекают внимание исследователей к соединениям гормонального типа действия (JGR). Следует отметить, что за рубежом именно эта группа веществ наиболее широко применяется в качестве ларвицидов в Европе, Америке и особенно в странах Африки. Это метопрен [6], пирипроксифен [9; 12; 14], дифлубензурон [5; 7], трифлумурон [2; 7], которые используются в различных препаративных формах: суспензионные концентраты, эмульсии, микрокапсулированные формы, смачивающиеся порошки, таблетки, гранулы, плавающие брикеты.

Метопрен не задерживается в почве и не загрязняет грунтовые воды в связи с его быстрой

разлагаемостью в почве (DT_{50} = 10 дней) [11], особенно при воздействии солнечного света, а также в чистой (DT_{50} = 30 часов) и сточной (DT_{50} = 60–70 часов) воде [8]. Результаты лабораторных исследований показали, что метопрен в концентрациях 2–5 мкг/кг не оказывает токсического действия на подавляющее большинство позвоночных и беспозвоночных организмов, за исключением нескольких видов зоопланктона, личиночных стадий некоторых ракообразных и мелких двукрылых [13]. В концентрациях от 2 до 45 мкг/кг вещество не проявляло вредного воздействия в полевых условиях в большинстве проведенных опытов. Так, установлено, что метопрен не вызывает изменений в сообществе размножающихся птиц в болотах, которые неоднократно подвергались обработкам этого пестицида [10].

Препараты с замедленным высвобождением метопрена, к которым относится «ЛОДИ ЛАРВИ КАПС», демонстрируют хорошую эффективность против комаров и их личинок в воде. Токсическое воздействие метопрена было обнаружено в концентрациях на два порядка больше, чем использовали при борьбе с комарами. При увеличении нормы расхода метопрена до 100 раз, установлена его безопасность для таких рыб, как радужная форель (*Salmo gairdneri*) и кижуч (*Oncorhynchus kisutch*).

При обработках необходимо учитывать, что разлагаемость метопрена, как и любого другого пестицида, в полевых условиях зависит от таких факторов, как солнечный свет, экологическая обстановка местности и микробная активность. Низкая температура и/или слабая освещенность могут отрицательно повлиять на показатели токсич-

ности метопрена и тем самым усугубить его воздействие на организмы.

Высокая эффективность и продолжительное остаточное действие до нескольких месяцев, а также безопасность для объектов окружающей среды – обитателей водоемов – являются достоинством данной группы соединений [8; 10; 11].

Материалы, методы

Изученное нами средство – это микрокапсулированная суспензия, содержащая 5% S-метопрена: 3,75% в микрокапсулированной форме и 1,25% – в свободной. Внешний вид – жидкость голубого цвета, без запаха. Срок годности, указанный в долье производителя, 3 года. Условия хранения: от +5°C до +30°C. Торговое название – ЛОДИ ЛАРВИ КАПС (LODI LARVAE CAPS), производитель – ЛОДИ С.А.С., Франция (LODI S.A.S., France).

Биологический объект: личинки комаров *Aedes aegypti* L. инсектарной, чувствительной к инсектицидам культуры НИИД. Для экспериментов с АЮГ используют 3–4-й возраст, испытания проводили по принятой методике [3].

Токсичность и опасность средства исследовалась в соответствии с Руководством [3]. Исследования проводились на животных, содержащихся в виварии (белые беспородные крысы, мыши и кролики). Основные токсикологические исследования включали в себя изучение острой токсичности средства при введении в желудок и нанесении на кожу крыс, раздражающее действие на

кожу и слизистые оболочки глаз кролика, сенсibiliзирующий эффект на мышах с помощью реакции гиперчувствительности замедленного типа и ингаляционное воздействие средства на крыс в виде паров и аэрозоля в рекомендованном режиме применения.

Результаты

Экспериментально установлено, что метопрен в концентрациях 0,001–0,040% вызывал явные нарушения развития (табл. 1). Часть личинок погибала при очередной линьке за счет нарушений морфогенеза, удлинняясь или сильно темнея. В других случаях процесс окукливания завершался, но эффект проявлялся при формировании имаго или в процессе окрыления.

Емкости (пластиковые стаканчики) с препаратом в испытанных концентрациях оставляли для определения остаточного действия, учитывая состояние личинок через 14; 30 и 61 сутки (табл. 2).

Как видно из табл. 2, даже концентрация, равная 0,002%, вызывала отсутствие вылета на 64,2%; при 0,004% – вылетало лишь 12,8% имаго, тогда как концентрация 0,040% обеспечивала 100%-й эффект в течение более двух месяцев.

Для сравнения степени активности при первоначальном испытании препарата (табл. 1) и через 61 день (табл. 2), мы свели эти результаты в табл. 3, где очень убедительно показано, что ингибирующий эффект данного средства через 61 сутки мало отличался от результатов только что поставленного эксперимента.

Таблица 1

Эффективность средства для личинок (3–4-го возраста) комаров *Ae. aegypti* (среднее по 3 повторностям)

№№ п/п	Концентрация, % по ДВ	Погибло на стадии личинки при очередной линьке, %	Образовалось куколок, %	Вылетело имаго, %	Ингибирующий эффект, %
1	0,040	16,6	83,3	0	100,0
2	0,004	6,6	93,3	17,9	82,1
3	0,002	3,3	96,6	41,4	58,6
4	0,001	11,7	88,3	81,1	18,9

При $p=0,005$ $S_x \pm 3\%$

Таблица 2

Эффективность средства для личинок (3–4-го возраста) комаров *Ae. aegypti* (среднее по 3 повторностям)

№№ п/п	Концентрация, % по ДВ	Погибло на стадии личинки при очередной линьке, %	Образовалось куколок, %	Вылетело имаго, %	Ингибирующий эффект, %
1	0,040	80,0	20,0	0	100,0
2	0,004	36,6	65,0	10,3	89,7
3	0,002	11,7	88,3	35,8	64,2
4	0,001	23,8	78,3	87,2	12,8

При $p=0,005$ $S_x \pm 5\%$

Таблица 3

Сравнение показателей гормональной активности средства «ЛОДИ ЛАРВИ КАПС» при остром и остаточном действии

№№ п/п	Концентрация, % по ДВ	Погибло на стадии личинки при очередной линьке, %		Образовалось куколок, %		Вылетело имаго, %		Ингибирующий эффект, %	
		1*	2**	1	2	1	2	1	2
1	0,040	16,6	80,0	83,3	20,0	0	0	100,0	100,0
2	0,004	6,6	36,6	93,3	65,0	17,9	10,3	82,1	89,7
3	0,002	3,3	11,7	96,6	88,3	41,4	35,8	58,6	64,2
4	0,001	11,7	23,8	88,3	78,3	81,1	87,2	18,9	12,8

При $p=0,005 S_x \pm 3\%$

*1 – острое действие; **2 – остаточное действие

Таблица 4

Показатели состояния крыс после острого ингаляционного воздействия средства в виде аэрозолей

Показатели	Контроль	Опыт		
		N	25 N	50 N
Частота дыхания/мин.	146,0 ± 4,8	149,5 ± 3,4	159,0 ± 6,2	165,7 ± 3,1*
СПП, усл. ед.	5,45 ± 0,45	5,75 ± 0,35	5,83 ± 0,41	6,95 ± 0,44*
Норковый рефлекс	10,1 ± 1,7	11,0 ± 2,2	9,8 ± 1,3	12,6 ± 1,3
Вертикальная активность	9,6 ± 1,0	9,3 ± 1,0	8,1 ± 1,6	6,3 ± 0,9*
Горизонтальная активность	21,3 ± 2,1	25,8 ± 2,8	27,5 ± 1,8	29,3 ± 2,6

* $p < 0,05$

Полученные результаты являются достаточно убедительным основанием считать, что активность данного средства в указанных концентрациях может сохраняться еще дольше. Особенно в городских подвалах, где залет комаров извне не так значителен, если сравнить с природными открытыми водоемами, которые могут постоянно заселяться с появлением свежих кладок комаров.

По параметрам острой токсичности при введении в желудок и нанесении на кожу средство относится к малоопасным по ГОСТ 12.1.007-76; при попадании на кожные покровы не вызывает раздражения, слабо раздражает слизистые оболочки глаз. Сенсибилизирующий эффект у средства не установлен. Изучение токсичности средства в рекомендованном режиме применения показало его умеренную опасность при остром (табл. 4) воздействии (3-й класс опасности по Классификации степени опасности средств дезинсекции). Средство при увеличении нормы расхода в 50 раз оказывало раздражающее действие на дыхательные пути, о чем свидетельствует увеличение частоты дыхания у белых крыс и изменение функции нервной системы.

Обсуждение

Полученные результаты свидетельствуют о том, что начальный эффект обеспечивал метопрен в свободной форме (1,25%), а спустя

3–4 недели начиналось действие микрокапсулированного метопрена (3,75%), который постепенно выделялся в воду, пролонгируя действие до 61 суток (срок наблюдения). Это убеждает в том, что эффект может сохраняться еще не менее 2–3 месяцев.

Способ приготовления рабочих водных суспензий: прост: 20 мл концентрата разводят в 2,5 л воды. Опрыскивают места выплода личинок, применяя любую распыливающую аппаратуру, например садовый опрыскиватель. Обработке подлежат водоемы закрытого типа – искусственные прудики, противопожарные и другие емкости, в которых вода застаивается (не используется для полива и иных хозяйственных целей более 5–10 дней), из расчета 10–30 мл водной суспензии на 1 м² поверхности воды. Открытые непроточные естественные и искусственные водоемы, в которых происходит выплод комаров: пруды, заболоченности, лужи, ямы, копанки на приусадебных, дачных и садовых участках, затопленные каналы вдоль дорог, – обрабатывают из расчета 100 мл водной суспензии на 1 м² поверхности воды (табл. 5).

Для обработки водоемов можно использовать распыливающую аппаратуру любого типа: автомаксы, мелкокапельные ранцевые опрыскиватели, крупнокапельные многолитражные, а также мало- и микролитражные опрыскиватели, глав-

Таблица 5

Расход средства «ЛОДИ ЛАРВИ КАПС» при обработке мест выплода комаров

№ п/п	Тип водоема (степень зарастания, глубина)	Расход (мл) рабочей водной суспензии на 1 м ² водной поверхности	Норма расхода гДВ/га
1.	Затопленные подвалы жилых домов	30–50	12
2.	Подтопления в подземных сооружениях (метрополитен и др.)	50	15
3.	Открытые природные водоемы: глубиной до 0,5 м, мало- или среднезаросшие	100	20
	глубиной более 0,5 м, высокая степень зарастания	200	25

ным условием применения которых является обеспечение равномерного покрытия рабочей суспензией всей обрабатываемой водной поверхности. Для уничтожения личинок комаров в местах выплода в водоемах закрытого типа (затопленные подвалы домов, подземные коммуникации, тоннели метрополитена) норма расхода составляет 30–50 мл на 1 м² поверхности воды. Перед обработкой водную поверхность необходимо очистить от мусора и определить ее площадь. В подвальных помещениях, разделенных на отдельные отсеки (секции), площадь водной поверхности нужно определить в каждом отсеке и соответственно внести необходимое количество средства. Подвалы, постоянно залитые водой и являющиеся местом массового выплода комаров в течение года, специалисты должны обрабатывать по энтомологическим показаниям, которые определяют путем обследования водоемов каждые 10–15 дней после обработки.

В открытых природных нерыбохозяйственных водоемах обработки следует проводить в весенне-летний период при появлении личинок комаров, чтобы предотвратить или сократить вылет генерации. Применяется только наземный способ обработки с использованием рабочих водных суспензий в норме расхода 50–100 мл/м², распыление производится крупнодисперсной аппаратурой.

Обрабатывать следует и нерыбохозяйственные непроточные естественные и искусственные водоемы, постоянные и временные: заболоченности; мокрые луга; лужи; дупла деревьев; низинные, пойменные, верховые болота; затоны; плесы в пересыхающих летом руслах малых рек; резервы вдоль дорог, оросителей; ямы-копанки; канавы; кюветы; карьеры; траншеи; шурфы; заброшенные мелкие оросительные сети; дренажи; коллекторы; рисовые чеки; поля орошения, фильтрации; хлопковые и люцерновые поля. В целях повышения эффективности в сильно заросших водоемах растительность по возможности следует

выкашивать. При обработке водоемов с густой растительностью или с водой, сильно загрязненной органическими веществами, указанная доза может быть увеличена вдвое.

Запрещается обрабатывать пруды рыбохозяйственного значения, источники питьевой воды, а также водоемы в непосредственной близости от детских учреждений, которые могут быть использованы для купания. Нельзя обрабатывать места гнездования и скопления птиц.

Повторяют обработки при появлении первых жизнеспособных имаго, которые смогли окрылиться и оторваться от поверхности воды. В открытых водоемах, которые постоянно заселяются комарами, эффект не превышает обычно 1–1,5 месяцев; в закрытых засетченных подвалах, где залет снижен до минимума, действие может сохраняться более 2,5–3 месяцев.

Считаем, что появление на рынке инсектицидов данного средства должно привлечь внимание специалистов, занимающихся дезинфекционной деятельностью. Минимальный расход, безопасность применения и длительность остаточного эффекта позволит значительно снизить как затраты на препарат, так и на проведение обработок, количество которых сразу сокращается в несколько раз.

Список использованной литературы References

1. Еремина О. Ю., Олехнович Е. И., Рославцева С. А. Аналоги ювенильного гормона насекомых: применение в ветеринарии и медицинской дезинсекции. // Пест-Менеджмент. – 2014. – №3. – С. 21–30 [Eremina O. Ju., Olehnovich E. I., Roslavceva S. A., Analogi juvenil'nogo gormona nasekomyh: primeneniye v veterinarii i medicinskoj dezinfekcii. // Pest-Menedzhment. – 2014. – №3. – S. 21–30 (in Russian)].

2. Костина М. Н. Регуляторы развития насекомых и пути их использования в практике // VIII Ежегодн. Всеросс. Конгр. по инфекц. бол.

с международ. участием 28–30 марта 2016 г. тезисы докл. – С. 145 [Kostina M. N. Regulatory razvitija nasekomyh i puti ih ispol'zovanija v praktike. //VIII Ezhegodn. Vseross. Kongr. po infekc. bol. s mezhdunarod. uchastiem 28–30 marta 2016 g. tezisy dokl. – S. 145 (in Russian)].

3. Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности. Руководство Р 4.2.2643-10. – М. – 2011. – С. 616 [Metody laboratornyh issledovanij i ispytanij dezinfekcionnyh sredstv dlja ocenki ih jeffektivnosti i bezopasnosti. Rukovodstvo R 4.2.2643-10. – М. – 2011. – S. 616 (in Russian)].

4. Шестопалов Н. В., Рославцева С. А., Олехнович Е. И., Алексеев М. А. Комары – переносчики возбудителя лихорадки Зика и их резистентность к инсектицидам. //Пест-Менеджмент. – 2016. – №3. – С. 31–35 [Shestopalov N. V., Roslavceva S. A., Olehnovich E. I., Alekseev M. A. Komary – perenoschiki vozbuditelja lihoradki Zika i ih rezistentnost' k insekticidam. //Pest-Menedzhment. – 2016. – №3. – S. 31–35 (in Russian)].

5. Bellinato 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.

6. Bravant P. J., Dobson S. L. Methoprene effects on survival and reproductive performance of adult female and male *Aedes aegypti*. //J. Am. Mosq. Control Assoc. – 2013. – V.29. – P. 369–375.

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. – V. 1. – №6. – P. 444–450.

8. Csondes A., 2004. Environmental Fate of Methoprene. Environmental Monitoring Branch, Department of Pesticide Regulations, Sacramento, CA (Online at).

9. Kamal H. A., Khater E. M . The biological effects of the insect growth regulators pyriproxyfen and diflubenzuron on the mosquito *Aedes aegypti*. //J. Egypt. Soc. Parasitol. – 2010. – V. 40. – P. 565–574.

10. Niemi G. J., Hershey A. E., Shannon L., Hanowski J. M., Lima A., Axler R. P., Regal R. R., 1997. Ecological effects of mosquito control on zooplankton, insects, and birds. Environ. Toxicol. Chem. 18, 549–559.

11. Schooley D. A., Cresswell K. M., Staiger L. E., Quistad G. B., 1975. Environmental degradation of the insect growth regulator Isopropyl (2E,4E)-II-Methoxy-3,7,IItrimethyl-2,4-dodecadienoate

(Methoprene). IV. Soil Metabolism. J. Agric. Food Chem. 23, 369–374.

12. Scott J. M., Qualls W. A., Gaines M. K., Xue R., Doud C. W., White G. B. Efficacy of ground ULV application of Nyguard (10% pyriproxyfen) against *Aedes albopictus* larvae in St. Augustine, Florida. //Techn. Bull. Florida Mosq. Control. Assoc. – 2013. – V.9. – P. 48–52.

13. Sharon P. Lawler. Environmental safety review of methoprene and bacterially-derived pesticides commonly used for sustained mosquito control, Ecotoxicology and Environmental Safety 139 (2017) 335–343.

14. Suman D. S., Wang Y., Dong L., Gaugler R. Effects of larval habitat substrate on pyriproxyfen efficacy against *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). //J. Med. Entomol. – 2013. – V. 50(6). – P. 1261–1266.

New larvicide based on methoprene against mosquitoes

As a larvicide for the destruction of mosquito larvae in water bodies of various types (natural, urban), the drug «LODI LAVRAE CAPS» is proposed on the basis of methoprene (5%) – the analogue of the juvenile hormone (AUG). A high target efficiency for larvae *Ae aegypti* and the duration of the residual effect for 61 days (observation period) was established. Toxicological studies have shown safety for humans, warm-blooded animals and environmental objects.

Key words: methoprene, juvenile hormone analogue, insect development regulators (PPH), mosquito larvae, larvicide, residual action, safe regimens.