

©А.И. ФРОЛОВА, С.А. РОСЛАВЦЕВА, М.А. АЛЕКСЕЕВ
A.I. FROLOVA, A.I. ROSLAVTSEVA, M.A. ALEKSEYEV, 2019

doi:10.33092/0025-8326mp2019.3.33-38

А.И. Фролова, С.А. Рославцева, М.А. Алексеев
A.I. Frolova, A.I. Roslavitseva, M.A. Alekseyev

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К ИНСЕКТИЦИДАМ ЛИЧИНОК
ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ КОМАРОВ *Aedes (Stegomyia) aegypti* И *Aedes
(Stegomyia) albopictus* (DIPTERA, CULICIDAE)
RESEARCH OF SENSITIVITY TO INSECTICIDES OF LARVAE OF INVASIVE SPECIES
OF *Aedes (Stegomyia) aegypti* AND *Aedes (Stegomyia) albopictus*
(DIPTERA, CULICIDAE)**

ФБУН НИИ Дезинфектологии Роспотребнадзора г. Москва
Scientific Research Disinfectology Institute

Приведены данные по чувствительности к инсектицидам личинок комаров *Aedes aegypti* (L.) и *Aedes albopictus* (Skuse) – переносчиков возбудителей опасных арбовирусных лихорадок. Установлены диагностические концентрации для выявления резистентных к инсектицидам популяций *Ae. albopictus* на Черноморском побережье Кавказа в РФ.

Ключевые слова: кровососущие комары, *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, ларвициды, диагностические концентрации, резистентность.

Data on the susceptibility to insecticides of various structures in mosquito larvae of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* populations that are vectors of arboviral fevers are given. Diagnostic concentrations of insecticides for the detection of insecticide resistance in *Ae. albopictus* populations from different districts of the Russia Black Sea coast of the Caucasus are calculated.

Key words: mosquitoes, *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, larvicides, diagnostic concentrations, resistance

Введение

Комары *Aedes aegypti* и *Aedes albopictus* являются эффективными переносчиками возбудителей ряда опасных арбовирусных лихорадок. Особое внимание привлекли эти виды комаров в связи с массовыми вспышками лихорадки Зика в 2007 г. в Микронезии, в 2013-14 гг. - во Французской Полинезии; в 2015 г. - в Новой Каледонии, на Соломоновых островах, Самоа, Фиджи. За период 2007-2017 гг. локальная передача вируса Зика и заболеваемость населения выявлены в 85 странах и территориях [1].

В Европе, в частности на острове Мадейра (Португалия), после 50-летнего отсутствия с 1953 г., комары *Ae. aegypti* вновь были обнаружены в 2004-2005 гг. [2].

В Италии комары *Ae. albopictus* появились до 1995 г. [3]. В этой стране впервые в Европе была отмечена вспышка лихорадки чикунгунья [2].

В последние годы отмечают распространение комаров *Ae. albopictus* в зоне умеренного климата Европы. Например, в Германии комары *Ae. albopictus* обнаружены в юго-западной части Альп [4]. Этот вид комаров отловлен в Нидерландах [5], а также в Бельгии и Чехии, но до сих пор там не сформировались стабильные воспроизводящиеся популяции.

В период 1998-2010 гг. проводили слежение за появлением и распространением комаров *Ae. albopictus* на территории Франции. Комары заселили средиземноморское побережье Франции от Ментона до Марселя [6]. Летом 2017 г. очередные вспышки лихорадки чикунгунья были зарегистрированы на юге Франции и вновь в Италии [7].

Комары *Ae. albopictus* были обнаружены в Испании (Валенсия) в 2015 г., что связано с появлением большого количества мигрантов и туристов [8]. Распространение этого вида комаров привело к расширению нозоареалов ряда инфекций и вспышкам болезней на новых территориях [9]. Так, в Европе по берегам Средиземного моря в 2007-2012 гг. отметили 2237 и 231 аутохтонных случаев передачи лихорадки денге и чикунгунья, соответственно [10].

Описано появление комаров *Ae. albopictus*

в кантоне Тичино на юге Швейцарии в 2003 г. и распространение их вдоль дорог, ведущих на север страны в сторону Альп [11].

Опасность появления на территории России комаров-переносчиков возбудителей упомянутых выше лихорадок и формирования стабильных воспроизводящих популяций потребовала разработки мер по недопущению заноса в нашу страну лихорадки Зика и других арбовирусных инфекций. К середине 2017 г. в России было зафиксировано 18 завозных случаев лихорадки Зика [1].

В 2001-2005 гг. в Центральном районе г. Сочи вновь, после многолетнего перерыва, были найдены немногочисленные самки комаров *Ae. aegypti* [12]. Кроме того, комары этого вида были обнаружены в городах Абхазии (Гудауте и Сухуми) [13].

Комары *Ae. albopictus* в России до 2011 г. не обнаруживались, однако в районе Большого Сочи (пос. Хоста) в июле этого года были выловлены 16 самок этого вида [14]. Комары *Ae. albopictus* за период 2011-2016 гг. освоили Черноморское побережье России и в 2015 г. были отмечены в Геленджике, в 2016 г. – в Новороссийске. В 2017 г. популяции *Ae. albopictus* распространились по Черноморскому побережью Краснодарского края от Сочи (Адлер) до пос. Озереевка (Новороссийский район), а также по южным и северным склонам Кавказских гор и в республике Адыгея [15]. В 2018 г. западная граница ареала *Ae. albopictus* прошла через г. Анапа, северная – через г. Усть-Лабинск [16].

Для разработки мер борьбы с указанными видами комаров необходимо знать уровень чувствительности их субпопуляций к инсектицидам, поскольку неизвестно, из каких регионов и стран мира они могли попасть в нашу страну. В связи с этим специалисты нашей лаборатории в первой половине 2016 г. провели ряд экспериментов по установлению величин диагностических концентраций (ДК) циперметрина, хлорпирифоса, а также микробиологических средств «Бактицид» и «Ларвиоль-паста» для личинок комаров *Ae. aegypti* чувствительной расы S-НИИД. Полученные ДК, по нашему мнению, могли быть использованы в нашей стране при определении чувствительности к ним личинок природных популяций как комаров *Ae. aegypti*, так и *Ae. albopictus*, поскольку

для личинок последнего вида в доступной нам мировой литературе не обнаружены данные по ДК упомянутых ларвицидов [17].

В июле 2016 г. ДК ларвицидов, установленные для личинок комаров *Ae. aegypti*, были применены при определении чувствительности личинок субпопуляций комаров *Ae. albopictus* на Черноморском побережье Краснодарского края из Лооского, Хостинского, Адлерского и Центрального районов Большого Сочи. Комары исследованных субпопуляций оказались чувствительными ко всем четырём ларвицидам, которые, следовательно, были рекомендованы для использования в схемах ротации инсектицидов в борьбе с *Ae. albopictus* [18]. В дальнейшем, работа по установлению базовых показателей чувствительности к инсектицидам личинок комаров *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* была продолжена.

Цель и задачи исследования

Цель настоящей работы: установление базовых показателей чувствительности к инсектицидам личинок кровососущих комаров *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* в лабораторных условиях для последующего их использования при мониторинге чувствительности личинок природных популяций данных видов комаров. В задачи исследования входили: определение ларвицидных свойств инсектицидов из разных классов химических соединений на личинках комаров, расчёт величин СК50 и СК99 и диагностических концентраций, а также сравнение величин базовых показателей для личинок двух видов комаров.

Материалы и методы

Исследования по установлению диагностических концентраций ларвицидов для комаров *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* были проведены нами на личинках III начала IV возрастов.

В экспериментах были использованы чувствительная раса *Ae. aegypti* S-НИИД и природная популяция *Ae. albopictus*, полученная из яиц, собранных в Центральном районе г. Сочи в июле 2017 г. и культивируемая в настоящее время в инсектарии ФБУН НИИДезинфектологии Роспотребнадзора.

Инсектициды, использованные в опытах,

представляли собой технические продукты, содержащие 95-99% действующего вещества и изготовленные различными зарубежными производителями, за исключением хлорофоса, произведённого в России.

Эксперименты на личинках проводили по методике, рекомендованной ВОЗ, согласно Руководству Р 4.2.2643-10 [19].

Статистическую обработку результатов проводили, используя пакет программ «Статистика» v.10 для персонального компьютера.

Результаты и обсуждение

Диагностические концентрации рассчитывали для 17 инсектицидов из класса фосфорорганических соединений (ФОС), пиретроидов, производных карбаминовой кислоты и пирролов, удваивая величины СК₉₉, мг/л.

Полученные результаты приведены в таблице.

Согласно приведённым в таблице данным, наименьшую ларвицидную активность в отношении личинок *Ae. albopictus* проявляют производные карбаминовой кислоты, в особенности карбарил. Очень высока ларвицидная активность фосфорорганических инсектицидов (темефос (абат), хлорпирифос, фентион, фенитроцион), а также пиретроидов (альфа-циперметрин, циперметрин, d-цифенотрин). Следует отметить, что высокая активность темефоса в отношении личинок комаров обоих видов, показанная в наших исследованиях, подтверждается аналогичными данными из зарубежных работ, несмотря на то, что темефос – один из наиболее часто применяемых в борьбе с комарами ларвицидов [17]. Несколько ниже активность λ-цигалотрина и этофенопрокса (требона) и представителя класса пирролов – хлорфенапира.

При сравнении базовых показателей чувствительности к изученным ларвицидам для двух видов рода *Aedes* оказалось, что отсутствуют достоверные различия в чувствительности личинок двух изученных видов к ФОС (малатион, темефос и фентион), а также к пиретроидам (перметрин, d-фенотрин, циперметрин, λ-цигалотрин) и представителю класса пирролов – хлорфенапиру.

Даже в пределах одной и той же группы

Таблица. Величины $СК_{50}$, $СК_{99}$ и диагностические концентрации (ДК) инсектицидов для личинок комаров *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus*

Инсектицид	<i>Ae. aegypti</i>			<i>Ae. albopictus</i>		
	$СК_{50}$, мг/л*	$СК_{99}$, мг/л*	ДК, мг/л	$СК_{50}$, мг/л*	$СК_{99}$, мг/л*	ДК, мг/л
Фосфорорганические соединения						
Диазинон	0,0028	0,820	1,640	—	—	—
Малатион	0,016	0,060	0,120	0,015	0,060	0,120
Темефос (абат)	0,0047	0,010	0,020	0,0025	0,0076	0,0152
Фентион	0,0040	0,013	0,026	0,0045	0,015	0,030
Фенитротион	0,0040	0,015	0,030	0,0040	0,016	0,032
Хлорофос (трихлорфон)	0,020	0,200	0,400	0,030	0,220	0,440
Хлорпирифос	0,00012	0,00060	0,0012	0,0002	0,0010	0,0020
Пиретроиды						
Перметрин	0,0011	0,0044	0,0088	0,0011	0,0044	0,0088
Циперметрин	0,0005	0,0026	0,0052	0,0007	0,0030	0,0060
Альфациперметрин	0,00025	0,0025	0,0050	0,00035	0,0017	0,0034
d-Цифенотрин	—	—	—	0,0003	0,0008	0,0016
Лямбда-цигалотрин	0,0012	0,0060	0,0120	0,0005	0,0017	0,0034
Этофенпрокс (требон)	0,0030	0,0075	0,0150	0,0066	0,0130	0,0260
Производные карбаминовой кислоты						
Бендиокарб	—	—	—	0,50	3,00	6,00
Карбарил	—	—	—	0,70	9,00	18,00
Пропоксур	—	—	—	0,30	0,80	1,60
Пирролы						
Хлорфенапир	0,0020	0,0052	0,0104	0,0030	0,0085	0,0170

* Примечание: при $P = 0,05$ $x_{cp} = \pm 15\%$. Для пересчёта концентраций, выраженных в мг/л, в концентрации, выраженные в %, следует величины, выраженные в мг/л, разделить на 10000.

химических соединений, например, ФОС, чувствительность личинок *Ae. aegypti* к разным соединениям колеблется: наибольшая чувствительность выявлена к хлорпирифосу и диазинону, наименее активны малатион и хлорофос. Для личинок *Ae. albopictus* активность разных представителей класса ФОС такая же, как для личинок *Ae. aegypti* (см. табл.). Несмотря на то, что основным механизмом действия

ФОС на насекомых является ингибирование фермента ацетилхолинэстеразы, различия в структуре веществ из этой группы (производные тио- или дитиофосфорных кислот, либо фосфоновой кислоты хлорофос), а также их разная растворимость в воде, различная способность проникновения через кутикулу личинок и другие факторы, по-видимому, определяют неодинаковую ларвицидную активность этой группы химических соединений для личинок комаров *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus*.

В классе пиретроидов, как и следовало ожидать, максимальной ларвицидной активностью для личинок обоих видов обладают цианосодержащие соединения, среди них альфациперметрин и циперметрин. Для личинок *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* наименее активны соединения, не содержащие CN-группу (этофенпрокс и перметрин). Лямбда-цигалотрин по-разному воздействовал на личинок двух видов комаров: он был более инсектициден для личинок *Ae. albopictus*. Высокая ларвицидность для *Ae. albopictus* отмечена у d-цифенотрина.

Заключение

Таким образом, установленные диагностические концентрации можно использовать для выяснения степени чувствительности (резистентности) к инсектицидам личинок популяций комаров *Aedes (Stegomyia) aegypti* и *Aedes (Stegomyia) albopictus*, обитающих в разных населённых пунктах на юге России, а также завезённых из зарубежных стран, и для подготовки предложений по созданию схем ротации ларвицидов для недопущения формирования резистентных популяций этих видов комаров.

Популяция комаров *Aedes albopictus*, культивируемая в инсектарии нашего института, может считаться стандартной чувствительной

к инсектицидам популяцией на основании сравнения показателей её чувствительности к ларвицидам с аналогичными показателями для стандартной лабораторной расы *Ae. aegypti* S-НИИД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лихорадка Зика: современное состояние проблемы и меры профилактики / Под ред. А.Ю. Поповой и А.В. Топоркова. Волгоград: ФКУЗ «Волгоградский НИПЧИ», 2017. 319 с [Zika fever: current state of the problem and preventive measures / Ed. by A.Yu. Popova and A.V. Toporkov. Volgograd, 2017. 319 p. (in Russian)].
2. Zgomba M., Petric D. Risk assessment and management of mosquito-borne diseases in European region // Proceedings of the Sixth International Conference on Urban Pests, Budapest, July 13-16, 2008 / ed. by W.H. Robinson and D. Bajomi. – Veszprém, Hungary: OOK-Press Kft., 2008. – P. 29-39.
3. Romi R. History and updating on the spread of *Aedes albopictus* in Italy // Parassitologia. – 1995. – Vol. 37, № 2-3. – P. 99-103.
4. Werner D., Kronefeld M., Schaffner F., Kampen H. Two invasive mosquito species, *Aedes albopictus* and *Aedes japonicus japonicus*, trapped in south-west Germany, July to August 2011 // EuroSurveillance [Electronic resource]. – 2012. – Vol. 17, Iss. 4. – Mode of access: <https://www.eurosurveillance.org/images/dynamic/EE/V17N04/art20067.pdf> (accessed July 15, 2019).
5. Scholte E.-J., Jacobs F., Linton Y.-M. et al. First record of *Aedes (Stegomyia) albopictus* in the Netherlands // Eur. Mosq. Bull. – 2007. – Vol. 22. – P. 5-9.
6. Perrin Y., Foussadier R., Planchenault M. et al. Situation of the tiger mosquito *Aedes albopictus* in metropolitan France // 6th European Mosquito Control Association Workshop: Conference programme and Abstract book, Budapest, Hungary, 12-15 September, 2011. – S.l., s.a. – P-28. – P. 108.
7. European Centre for Disease Prevention and Control. Epidemiological update: Chikungunya – Europe – 2017 [Electronic document]. – Mode of access: <https://www.ecdc.europa.eu/en/news-events/epidemiological-update-chikungunya-europe-2017-0> (accessed July 15, 2019).
8. Bueno R., Míguez A., García M. et al. Surveillance and control of *Aedes albopictus* in epidemiological risk areas of Valencia (Spain) // Proceedings of the Ninth International Conference on Urban Pests, Birmingham, UK, July 9-12, 2017 / Ed. by M.P. Davies, C. Pfeiffer, and W.H. Robinson. – Uckfield, East Sussex, UK: Pureprint Group, 2017. – P. 209-215.

9. Heukelbach J., Alencar C.H., Kelvin A.A. et al. Zika virus outbreak in Brazil // *J. Infect. Dev. Ctries.* – 2016. – Vol. 10, № 2. – P. 116-120.
10. Tomasello D., Schlagenhauf P. Chikungunya and dengue autochthonous cases in Europe, 2007–2012 // *Travel Med. Infect. Dis.* – 2013. – Vol. 11, Iss. 5. – P. 274-284.
11. Flacio E., Engeler L., Tonolla M., Müller P. Spread and establishment of *Aedes albopictus* in southern Switzerland between 2003 and 2014: an analysis of oviposition data and weather conditions // *Parasites & Vectors* [Electronic resource]. – 2016. – Vol. 9, Article № 304. – Mode of access: <https://parasite-sandvectors.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s13071-016-1577-3> (accessed July 15, 2019).
12. Рябова Т.Е., Юничева Ю.В., Маркович Н.Я. и др. Обнаружение комаров *Aedes (Stegomyia) aegypti* в г. Сочи // *Мед. паразитол.* 2005. № 3. С. 3-5 [Ryabova T.E., Yunicheva Yu.V., Markovich N.Ya. et al. The detection of mosquitoes *Aedes (Stegomyia) aegypti* in Sochi. *Med parasitol (Mosk)*. 2005; 3: 3-5 (in Russian)].
13. Юничева Ю.В., Рябова Т.Е., Маркович Н.Я. и др. Первые данные о наличии размножающейся популяции комаров в районе Большого Сочи и в отдельных городах Абхазии // *Мед. паразитол.* 2007. № 3. С. 40-43 [Yunicheva Yu.V., Ryabova T.E., Markovich N.Ya. et al. The first data on the presence of breeding mosquito populations in the Greater Sochi area and in some cities of Abkhazia. *Med parasitol (Mosk)*. 2007; 3: 40-43 (in Russian)].
14. Ганушкина Л.А., Таныгина Е.Ю., Безжонова О.В., Сергиев В.П. Об обнаружении комаров *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse на территории Российской Федерации // *Мед. паразитол.* 2012. № 1. С. 3-4 [Ganushkina L.A., Tanygina E.Yu., Bezhonova O.V., Sergiev V.P. About detection of mosquitoes *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse in the territory of the Russian Federation. *Med parasitol (Mosk)* 2012; 1: 3-4 (in Russian)].
15. Фёдорова М.В., Швец О.Г., Юничева Ю.В. и др. Распространение инвазивных видов комаров *Aedes (Stegomyia) aegypti* (L., 1762) и *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1895) (Diptera: Culicidae) на юге Краснодарского края // *Современные проблемы общей и частной паразитологии: Материалы Второго паразитологического международного симпозиума, Санкт-Петербург, 6-8 декабря 2017 г.* СПб., 2017. С. 268-271 [Fyodorova M.V., Shvets O.G., Yunicheva Yu.V. et al. The spread of invasive species of mosquitoes *Aedes (Stegomyia) aegypti* (L., 1762) and *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1895) (Diptera: Culicidae) in the south Krasnodar region. *Modern problems of general and private parasitology: Proceedings of the II International parasitological symposium, St. Petersburg, 6-8 December, 2017.* St. Petersburg, 2017, p. 268-271 (in Russian)].
16. Фёдорова М.В., Швец О.Г., Патраман И.В. и др. Завозные виды комаров на черноморском побережье Кавказа: современные ареалы // *Мед. паразитол.* 2019. № 1. С. 47-56 [Fyodorova M.V., Shvets O.G., Medyanik N.M. et al. Invasive mosquito species: current ranges in Black Sea coast of the Caucasus. *Med parasitol (Mosk)*. 2019; 1: 47-56 (in Russian)].
17. Рославцева С.А., Алексеев М.А. Формирование резистентности к инсектицидам из разных химических групп в популяциях комаров *Aedes (Stegomyia) aegypti* и *Aedes (Stegomyia) albopictus* // *Пест-менеджмент (РЭТ-инфо)*. – 2017. – № 1(101). – С. 25-37 [Roslavtseva S.A., Alekseev M.A. Development of insecticide from different chemical groups resistance in the populations of *Aedes (Stegomyia) aegypti* and *Aedes (Stegomyia) albopictus* mosquitoes. *Pest-Menedzhment (RET-info)*. 2017; 1(101): 25-37 (in Russian)].
18. Roslavtseva S.A., Alekseev M.A. *Aedes (Stegomyia) aegypti* and *Aedes (Stegomyia) albopictus* in Russia // *Proceedings of the Ninth International Conference on Urban Pests, Birmingham, UK, July 9-12, 2017 / Ed. by M.P. Davies, C. Pfeiffer, and W.H. Robinson.* – Uckfield, East Sussex, UK: Pureprint Group, 2017. – P. 437.
19. Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности: Руководство Р 4.2.2643-10. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 615 с [Methods of laboratory research and testing of disinfectants for evaluation of their efficacy and safety: Guidance R 4.2.2643-10. Moscow: Federal Center of hygiene and epidemiology, 2011. 615 p. (in Russian)].

Поступила 15.10.19