

### Сравнительная чувствительность к инсектицидам личинок инвазивных видов комаров *Aedes (Stegomyia) aegypti* и *Aedes (Stegomyia) albopictus*

Фролова А. И., Рославцева С. А., Алексеев М. А.  
ФБУН НИИДезинфектологии Роспотребнадзора, Москва, Россия

Приведены данные по чувствительности к инсектицидам различного строения личинок комаров *Aedes aegypti* (L.) и *Ae. albopictus* (Skuse) – переносчиков возбудителей опасных арбовирусных лихорадок. Установлены диагностические концентрации для выявления резистентных к инсектицидам популяций *Ae. albopictus* с Российского Черноморского побережья Кавказа.

Ключевые слова: кровососущие комары, ларвициды, диагностические концентрации, резистентность.

Эффективными переносчиками возбудителей некоторых опасных арбовирусных лихорадок являются комары *Aedes aegypti* и *Ae. albopictus* [2, 11, 13, 16]. Комары *Ae. albopictus* заселили практически все средиземноморское побережье Европы и обнаружены также в Испании [10], Швейцарии [14], Германии [17] и других европейских странах.

Опасность появления на территории России комаров-переносчиков возбудителей опасных лихорадок и формирования стабильных воспроизводящихся популяций требует разработки мер по предотвращению развития и распространения этих видов и заноса в нашу страну различных арбовирусных инфекций [2].

На территории бывшего Советского Союза комары *Ae. aegypti* были впервые обнаружены в районе Батуми еще в 1911 г., и их высокая численность регистрировалась на Черноморском побережье СССР в 1920-30-е годы [8]. С 50-х годов XX века после проведения истребительных мероприятий на Черноморском побережье Кавказа эти комары не встречались. В августе-сентябре 2001-2005 гг. в Центральном районе г. Сочи были найдены немногочисленные самки комаров *Ae. aegypti* [5]. Кроме того, комары этого вида были обнаружены в городах Абхазии (Гудауте и Сухуми) [9].

В России до 2011 г. комаров *Ae. albopictus* не обнаруживали, однако в районе Большого Сочи (пос. Хоста) в июле этого года были выловлены 16 самок этого вида. Принадлежность отловленных самок к виду *Ae. albopictus* была подтверждена методом ПЦР [1, 12]. 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. Комары достигли в горах высоты 600 м над уровнем моря. В условиях субтропического климата черноморского побережья Кавказа присутствие этих переносчиков создаст условия для возникновения лихорадок денге, Чикунгунья, Зика. В 2017 г. на юге Краснодарского края были обследованы емкости с водой (старые покрышки колес автомобилей, вазоны с цветами на кладбищах и др.). В результате обследований было показано, что 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 в Туапсинском, Горячеключевском, Хадыженском, Апшеронском районах и республике Адыгея. В Майкопе отметили высокую численность комаров, что свидетельствует в пользу того, что популяция уже суще-

ствуется здесь несколько лет [6]. В 2018 г. западная граница ареала *Ae. albopictus* прошла через г. Анапа, северная – через г. Усть-Лабинск [7].

Для разработки мер борьбы с указанными видами комаров необходимо знать уровень чувствительности их субпопуляций к инсектицидам, поскольку неизвестно, из каких стран они привезены к нам. В связи с указанным в ФБУН НИИ Дезинфектологии в начале 2016 г. были рассчитаны диагностические концентрации (ДК) циперметрина, хлорпирифоса, средств «Бактицид» и «Ларвиоль-паста» для личинок комаров *Ae. aegypti* чувствительной расы S-НИИД с целью их использования при определении чувствительности к ним как личинок комаров *Ae. aegypti*, так и *Ae. albopictus*.

В июле 2016 г. установленные для комаров *Ae. aegypti* ДК циперметрина, хлорпирифоса,

средств «Бактицид» и «Ларвиоль-паста» были применены при определении чувствительности личинок субпопуляций комаров *Ae. albopictus* на Черноморском побережье Краснодарского края (из Лооского, Хостинского, Адлеровского и Центрального районов Большого Сочи). Комары обследованных субпопуляций были чувствительны к этим четырем ларвицидам [15].

### Объекты, методы и материалы

Исследования по установлению диагностических концентраций ларвицидов для комаров *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* были проведены нами на личинках III и начала IV возрастов по методу ВОЗ согласно Руководству [3].

В экспериментах были использованы чувствительная раса *Ae. aegypti* S-НИИД и природная популяция *Ae. albopictus*, полученная из

Таблица

Величины  $СК_{50}$ ,  $СК_{99}$ , мг/л и диагностические концентрации (ДК) инсектицидов для личинок III – начала IV возрастов комаров *Aedes 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	0,82	1,6	—	—	—
Малатион	0,016	0,060	0,012	0,015	0,06	0,012
Темефос (абат)	0,0047	0,010	0,020	0,0025	0,0076	0,050
Фентион	0,0040	0,013	0,026	0,0045	0,015	0,030
Фенитротрион	0,0040	0,015	0,030	0,0040	0,016	0,032
Хлорофос	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
Производные карбаминной кислоты						
Бендиокарб	—	—	—	0,50	3,00	6,00
Карбарил	—	—	—	0,70	9,00	18,00
Пропоксур	—	—	—	0,30	0,80	1,60
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
Альфа-циперметрин	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	0,015	0,0066	0,0130	0,0260
Пирролы						
Хлорфенапир	0,0020	0,0052	0,010	0,0030	0,0085	0,017

Примечание: при  $P = 0,05$  хср. =  $\pm 15\%$ . Для пересчета концентраций, выраженных в мг/л, в концентрации, выраженные в %, следует табличные величины разделить на 10000.

яиц, собранных в центральном районе г. Сочи и культивируемая в инсектарии НИИДезинфектологии.

Инсектициды из классов фосфорорганических соединений (ФОС), пиретроидов, производных карбаминовой кислоты и пирролов, использованные в опытах, представляли собой технические продукты, содержащие 95-99% действующего вещества и изготовленные различными зарубежными или отечественными производителями.

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

### Результаты и их обсуждение

Диагностические концентрации, установленные для 17 инсектицидов по величинам  $СК_{99}$ , приведены в таблице.

Согласно приведенным 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, фенитротрион), а также пиретроидов (альфациперметрин, циперметрин, d-цифенотрин). Следует отметить, что высокая активность темефоса в отношении личинок комаров обоих видов, показанная в наших исследованиях, подтверждается аналогичными данными, приведенными в зарубежной литературе [4]. Несколько ниже активность лямбда-цигалотрина и этофенпрокса (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, лямбда-цигалотрин) и представителю класса пирролов – хлорфенапиру.

Даже в пределах одной и той же группы химических соединений, например, ФОС, чувствительность личинок *Ae. aegypti* к разным соединениям колеблется: наибольшая чувствительность выявлена к хлорпирифосу и диазинону, наиме-

нее активны малатион и хлорофос. Для личинок *Ae. albopictus* активность разных представителей класса ФОС такая же, как для личинок *Ae. aegypti*. 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.

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 населенных пунктах на юге России, а также завезенных 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 ее чувствительности к ларвицидам с аналогичными показателями для стандартной лабораторной расы *Ae. aegypti*S-НИИД.

### Список использованной литературы

#### References

1. Ганушкина Л. А., Таныгина Е. Ю., Безжнова О. В., Сергиев В. П. Об обнаружении кома-

ров *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse на территории Российской Федерации. Мед. паразитол. 2012; 1: 3-4 [Ganushkina L. A., Tanygina E. U., Bezzhonova O. V., Sergiev V.P.. About detection of mosquitoes *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse in the territory of the Russian Federation. Medical parasitology and Parasitic Diseases (Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni). 2012; 1: 3-4] [in Russian].

**2. Лихорадка Зика:** современное состояние проблемы и меры профилактики / Под ред. А. Ю. Поповой и А. В. Топоркова. Волгоград: ФКУЗ «Волгоградский НИПЧИ», 2017. 319 с. [A.Yu. Popova and A. V Toporkov (eds.). Zika fever: current state of the problem and preventive measures. Volgograd, 2017. 319 p.] [in Russian].

**3. 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 of Rospotrebnadzor, 2011. 615 p.] [in Russian].

**4. 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): 25-37. [Roslavitseva 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].

**5. Рябова Т. Е., Юничева Ю. В., Маркович Н. Я. и др.** Обнаружение комаров *Aedes (Stegomyia) aegypti* в г. Сочи. Мед. паразитол. 2005; 3: 3-5 [Ryabova T. E., Yunicheva Yu. V., Markovich N. Y. and et al. The detection of mosquitoes *Aedes (Stegomyia) aegypti* in Sochi. Medical parasitology and parasitic diseases (Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni). 2005; 3: 3-5] [in Russian].

**6. Федорова 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, 268-271. [Fedorova 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, 268-271] [in Russian].

**7. Федорова М. В., Швец О.Г., Патрман И. В. и др.** Завозные виды комаров на черноморском побережье Кавказа: современные ареалы. Мед. паразитол. 2019; 1: 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. Medical parasitology and parasitic diseases (Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni). 2019; 1: 47-56] [in Russian].

**8. Черкасский Б. Л.** Особо опасные инфекции: Справочник. М.: Медицина, 1996. 159 с. [Cherkasskiy B. L. Especially dangerous infections: Handbook. Moscow: Meditsina, 1996. 159 p.]

**9. 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: 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. Medical parasitology and parasitic diseases (Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni). 2007; 3: 40-43] [in Russian].

**10. Bueno R., Míguez A., García M. et al.** Surveillance and control of *Aedes albopictus* in epidemiological risk areas of Valencia (Spain). MP Davies, C Pfeiffer, and WH Robinson (eds.). Proceedings of the Ninth International Conference on Urban Pests, Birmingham, UK, July 9-12, 2017. East Sussex, UK: Pureprint Group, 2017, 209-215.

**11. Ciufolini M. G., Nicoletti L.** La dengue: un problema sanitario emergente [Dengue: an emerging health problem]. *Italiano Medicina Trop.* 1997; 2(¼): 1-8 [in Italian].

**12. Ganushkina L. A., Patraman I. V., Rezza G. et al.** Detection of *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, and *Aedes koreicus* in the area of Sochi, Russia. *Vector-Borne Zoonotic Dis.* 2016; 16(1): 58-60.

**13. Gratz N. G.** Is in Europe risk emerging and resurging vector-borne diseases? Proceedings of the 13th European SOVE (Society of Vector Ecology) meeting, Belek, Antalya, 24-29 September, 2000. Antalya, 2000, 49-57.

**14. 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.* 2016; 9, Article №304. <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s13071-016-1577-3> (accessed December 17, 2019).

**15. Roslavceva S. A., Alekseev M. A.** *Aedes (Stegomyia) aegypti* and *Aedes (Stegomyia) albopictus* in Russia). MP Davies, C Pfeiffer, and WH Robinson (eds.). Proceedings of the Ninth International Conference on Urban Pests, Birmingham, UK, July 9-12, 2017. Uckfield, East Sussex, UK: Pureprint Group, 2017, 437.

**16. Tomasello D., Schlagenhauf P.** Chikungunya and dengue autochthonous cases

in Europe, 2007–2012. *Travel Med. Infect. Dis.* 2013; 11(5): 274-284.

**17. 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.* 2012; 17(4). <https://www.eurosurveillance.org/images/dynamic/EE/V17N04/art20067.pdf> (accessed December 17, 2019).

### Study of insecticide sensitivity of larvae of invasive mosquito species *Aedes (Stegomyia) aegypti* and *Aedes (Stegomyia) albopictus*

A. I. Frolova, S. A. Roslavceva, M. A. Alekseev  
18 Nauchniy proezd. Moscow 117246,  
Russian Federation

Comparative susceptibility to insecticides in mosquito of larvae of invasive mosquito species from populations of *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* that are vectors of arboviral fevers was studied. Diagnostic concentrations for the detection of resistance to insecticides in populations of *Ae. albopictus* from the Russian Black Sea coast of Caucasus were calculated.

Key words: mosquitoes, larvicides, diagnostic concentrations, resistance, the Russian Black Sea coast of Caucasus