

© РОСЛАВЦЕВА С.А., 2019

Рославцева С.А.

**ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ БАКТЕРИИ *BACILLUS THURINGIENSIS* VAR. *ISRAELENSIS* ДЛЯ БОРЬБЫ С КОМАРАМИ**

Федеральное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт дезинфектологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 117246, Москва

Для улучшения эпидемической и соответственно санитарно-гигиенической обстановки в населённых пунктах необходима борьба с комарами. При этом наиболее безопасной и экологичной является не борьба со взрослыми комарами, а обработка водоёмов микробиологическими ларвицидами на основе энтомопатогенной, аэробной, спорообразующей сапрофитной бактерии *Bacillus thuringiensis* (de Barjac) (Bti). Новый серотип бактерии *B. thuringiensis* был найден в Израиле в пустыне Негев. Этот серотип оказался наиболее активным для борьбы с личинками кровососущих и некровососущих комаров и мошек, чем ранее известные серотипы, и получил наименование *israelensis*. Эндотоксин Bti является типичным инсектицидом кишечного действия в отношении разных видов комаров. Так, штамм Bti H14 высокоинсектициден для личинок комаров *Aedes aegypti* и *Ae. albopictus* в очень низких концентрациях. Параспоральное тело (кристалл эндотоксина), обладающее ларвицидным действием, является кристаллическим белком и содержит четыре основных полипептида. Активность ларвицидного действия связана с проявлением синергического эффекта в комбинации четырёх полипептидов. Кроме четырёх основных полипептидов, в параспоральном теле содержатся два минорных полипептида. Исследованы возможности формирования резистентности к средствам на основе Bti и другого вида этого рода (*Bacillus sphaericus*) в популяциях кровососущих комаров и приведены данные о возможности и целесообразности использования для борьбы с личинками кровососущих и некровососущих комаров микробиологических отечественных средств («Бактицид», «Ларвиоль-паста», «Антинат») на основе этой энтомопатогенной бактерии, поскольку к ним не формируются резистентные популяции комаров. Это подтверждено более чем 30-летним использованием таких средств.

Ключевые слова: комары; ларвициды; энтомопатогенная бактерия *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*; резистентность.

**Для цитирования:** Рославцева С.А. Применение средств на основе бактерии *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* для борьбы с комарами. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(8): 893-896. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-8-893-896>

**Для корреспонденции:** Рославцева Светлана Александровна, доктор биол. наук, профессор, зав. лабораторией проблем дезинсекции ФБУН «НИИ дезинфектологии» Роспотребнадзора, 117246, Москва. E-mail: [roslavcevaca@mail.ru](mailto:roslavcevaca@mail.ru)

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.  
**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.  
Поступила 10.10.2017  
Принята к печати 27.05.2019  
Опубликована 09.2019

Roslavtseva S.A.

**THE USE OF AGENTS BASED ON THE BACTERIUM *BACILLUS THURINGIENSIS* VAR. *ISRAELENSIS* FOR MOSQUITO CONTROL**

Research Institute of Disinfectology of the Federal Service for the Oversight of Consumer Protection and Welfare, Moscow, 117246, Russian Federation

Mosquito control is necessary to improve the epidemic and, consequently, the sanitary and hygienic situation in human settlements. At the same time, the safest and more environmentally friendly way of controlling is not the fight against adult mosquitoes, but the treatment of reservoirs with microbiological larvicides based on entomopathogenic, aerobic, spore-forming, saprophytic bacteria *Bacillus thuringiensis* (de Barjac) (Bti). A new serotype of the bacterium *B. thuringiensis* was found in Israel in the Negev desert. This serotype being more active against larvae of blood-sucking and non-blood-sucking mosquitoes and midges than previously known serotypes, was named *israelensis*. Bti endotoxin is a typical insecticide with intestinal type of action for different mosquito species. For example, Bti H14 is highly insecticidal to the larvae of *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* at very low concentrations. The parasporal body (endotoxin crystal), a crystalline protein consisted of four main polypeptides and two minor polypeptides, possesses of a larvicidal action. Larvicidal activity is associated with a synergistic effect in a combination of four polypeptides. The possibility of development of resistance to products based on Bti and *Bacillus sphaericus* in populations of mosquitoes (Culicidae) was investigated. The use of domestic microbiological formulations based on Bti («Baktitsid», «Larviol-pasta», and «Antinat») was shown an eradication the larvae of bloodsucking mosquitoes and midges to be possible and rational, since they are not generated resistant populations of mosquitoes. This is confirmed by more than 30 years of the use of such formulations.

Key words: mosquitoes; midges; larvicides; entomopathogenic bacterium *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*; resistance.

**For citation:** Roslavtseva S.A. The use of agents based on the bacterium *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* for mosquito control. *Gigiena i Sanitariya* (Hygiene and Sanitation, Russian journal) 2019; 98(8): 893-896. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-8-893-896>

**For correspondence:** Svetlana A. Roslavtseva, MD, Ph.D., DSci., professor, Head of the Laboratory of Disinsection Problems, Research Institute of Disinfectology of the Federal Service for the Oversight of Consumer Protection and Welfare, Moscow, 117246, Russian Federation. E-mail: [roslavcevaca@mail.ru](mailto:roslavcevaca@mail.ru)

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.  
**Acknowledgment.** The study had no sponsorship.

Received: 10 October 2017  
Accepted: 27 May 2019  
Published: September 2019

## Введение

Борьба с комарами в населённых пунктах является необходимым комплексом мероприятий для улучшения эпидемической и соответственно санитарно-гигиенической обстановки. По мнению М.Г. Шандалы [1], дезинфекционные средства не должны наносит «ущерб окружающей среде (нарушения в природных и городских экосистемах)». При этом наиболее безопасной и экологичной является не борьба со взрослыми комарами, а обработка водоёмов микробиологическими ларвицидами на основе энтомопатогенной бактерии *Bacillus thuringiensis* (de Barjac) (*Bti*). Это аэробная, спорообразующая, сапрофитная бактерия, которая в процессе жизнедеятельности образует в культуральной среде высокотоксичный экзотоксин, а в параспоральном теле содержит дельта-эндотоксин. Бактерия имеет несколько подвигов: *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* и *B. thuringiensis* var. *morrisoni* [2], *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* [3] и более 70 серотипов.

Новый серотип бактерии *B. thuringiensis* был найден в Израиле в пустыне Негев [4, 5]. Эта бактерия была идентифицирована в Институте имени Пастера (Париж, Франция) в 1977 г. [6] и оказалась новым серотипом, получившим название Н14. Этот серотип оказался наиболее активным в отношении личинок кровососущих и некровососущих комаров и мошек [7], чем ранее известные серотипы, и получил наименование *israelensis*. Так, Bti Н14 высоко инсектициден для личинок комаров *Aedes aegypti* и *Ae. albopictus* в очень низких концентрациях [8].

Параспоральное тело (кристалл эндотоксина), обладающее ларвицидным действием, является кристаллическим белком и содержит четыре основных полипептида, обладающих молекулярной массой соответственно 27, 72, 128 и 135 кДа, которые кодируются генами *Cyt1Aa*, *Cry11Aa*, *Cry4B* и *Cry4A* [9]. Активность ларвицидного действия связана с проявлением синергического эффекта в комбинации четырёх полипептидов. Помимо четырёх основных полипептидов в параспоральном теле содержатся два минорных полипептида, которые кодируются генами *Cry10A* и *Cyt2Ba* и имеют молекулярную массу, равную 38 кДа. Этот комплекс локализуется в больших плазмидах и ответствен за инсектицидную активность эндотоксина [10]. Эндотоксин *Bti* является типичным инсектицидом кишечного действия в отношении разных видов комаров.

Под действием протеаз в щелочной среде кишечника насекомых дельта-эндотоксин превращается в биологически активный токсин, который связывается с поверхностью рецептора (гликопротеина) эпителиальных клеток кишечника [11].

Патологические изменения в организме насекомых, по мнению М.В. Штерншис [12] и Л.К. Каменек [13], являются следствием воздействия токсина на биохимические процессы в клетках кишечника. Первичным эффектом воздействия эндотоксина является разобщение окислительного фосфорилирования и дыхания в митохондриях клеток-мишеней эпителия кишечника, приводящее к блокированию синтеза АТФ в течение первой минуты воздействия. Направленное воздействие является следствием быстрого проникновения эндотоксина через цитоплазматическую мембрану и обеспечивается благодаря наличию её морфофункционального объединения с митохондриями. Угнетение синтеза АТФ в митохондриях и усиление поглощения кислорода в первые десять минут приводит к интенсификации гликолиза в цитоплазме по анаэробному механизму.

Вторая энтомопатогенная бактерия *Bacillus sphaericus* Niedee (*Bs*) была изолирована из погибших личинок комаров в 1973 г. Первые исследования были проведены на изоляте из Индии, затем из Индонезии, Нигерии, Шри-Ланки. *Bs* так же, как и *Bti*, является энтомопатогенной аэробной спорообразующей бактерией, содержащейся в воде и почве. Она имеет несколько серотипов. Наиболее высокой ларвицидной активностью обладают серотипы Н5 и Н25. При воздействии этой бактерии признаки интоксикации у комаров появляются через 30–60 мин при использовании высоких концентраций. Эпителий кишечника набухает и растягивается, а затем разрушается, и личинка погибает через 4 ч при использовании высоких концентраций и через 48 ч при использовании низких концентраций [14].

Как и у *Bti*, у *Bs* в параспоральном теле присутствует эндотоксин. Он состоит из двух компонентов, молекулярный вес которых соответственно 51,4 и 41,9 кДа [15–17].

Исследованиями показано наличие определённых этапов отравления личинок микробиологическими средствами: заглатывание токсина личинками; растворение кристалла в кишечнике под действием щелочной среды; связывание белков токсина с эпителиальными клетками слепой кишки кишечника; объединение обоих токсинов. Комары рода *Aedes* обладают меньшей природной чувствительностью к *Bs*, чем комары других видов. Для *Bs* является характерным особо высокое ларвицидное действие на личинок комаров рода *Culex* [18].

Для практического применения ларвицидных средств очень важна скорость формирования резистентности к ним в популяциях комаров.

## Исследование возможности формирования резистентности к средствам на основе *Bti* и *Bs* в популяциях кровососущих комаров

### *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*

В лабораторных условиях И.Ф. Голдман и соавт. [19] не выявили изменение чувствительности личинок *Ae. aegypti* при селекции токсином *Bti*, позднее такие же результаты были получены Г. Георгиу при селекции комаров *Culex quinquefasciatus* [20]. Изменение чувствительности рас этого же вида комаров отметили при проведении селекции полипептидами Cry4f, Cry4B и Cry1A или их комбинациями [20]. Однако в полевых условиях при применении ларвицидных средств на основе *Bti* в течение 15 лет не выявили формирования резистентных популяций [21, 22]. Через 20 лет применения этих средств формирование резистентных к ним популяций вновь не отметили. При дальнейшем применении средств на основе *Bti* получили те же данные. Так, в США *Ae. albopictus* был впервые обнаружен в штате Нью-Джерси в августе 1995 г. Комары этого вида были собраны в штатах Флорида, Пенсильвания и Нью-Джерси для тестирования на резистентность к *B. thuringiensis*. Личинки всех популяций оказались чувствительными к *Bti* [23].

В отдельных провинциях Малайзии изучена чувствительность к темефосу и *B. thuringiensis* у личинок комаров *Ae. albopictus*. Популяции из пяти районов были чувствительными к этим ларвицидам [24, 25]. В Сингапуре личинки комаров также сохраняли чувствительность к средствам на основе *Bti* [26].

Представляют интерес данные о чувствительности личинок *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* к микробиологическим препаратам, в частности на основе *B. thuringiensis* var. *israelensis*, в Европе. Описано появление комаров *Ae. albopictus* в кантоне Тичино в южной Швейцарии в 2003 г. и их распространение вдоль дорог, ведущих на север страны в сторону Альп [27]. Для предотвращения миграции комаров из Италии на границе Италии и Швейцарии применяются ларвицидные обработки средством на основе *Bti*. Швейцарские популяции оказались толерантными к этому средству [28].

Однако в других регионах мира не отмечали изменений чувствительности у комаров к средствам на основе *B. thuringiensis* var. *israelensis*. Так, в Кабо-Верде не была обнаружена ни резистентность, ни толерантность к таким средствам [38]. В Сингапуре личинки комаров также сохраняли чувствительность к средствам на основе *Bti* [29].

Изучение чувствительности личинок комаров *Ae. albopictus* в России из районов Большого Сочи (Лео, Хоста, Лазаревское, Адлер и Центральный), проведённое сотрудниками нашего института, подтвердило отсутствие резистентности или толерантности к отечественным инсектицидам «Баптицид» и «Ларвиольпаста» на основе *B. thuringiensis* var. *israelensis* [30]. Средство «Баптицид» с успехом применяется в Краснодарском крае авиационным методом для борьбы с личинками кровососущих и некровососущих комаров [31].

### *Bacillus sphaericus*

В лабораторных условиях Калифорнийского университета при селекции двух популяций комаров *Culex quinquefasciatus* эндотоксином *Bacillus sphaericus* была получена резистентность, показатель которой колебался в пределах 35 – > 100 000× [20, 32]. В полевых условиях резистентность к *Bs* была выявлена на юге Франции и в Тунисе у комаров *Culex pipiens* [33–35], затем в Индии [36], Бразилии, Китае [37, 38], при этом уровни резистентности были различными.

Объёмы применения средств на основе *Bti* значительны. Только в Африке до 2000 г. в борьбе с мошками – переносчиками онхоцеркоза было использовано более 300 тыс. литров средств на основе *Bti*; в США (штат Массачусетс) в 1993 г. было обработано около 10 000 га водной поверхности. В Германии такими средствами обрабатывается более 300 км вдоль течения реки Рейн в борьбе с комарами *Aedes vexans* [39]. В нашей стране для борьбы с личинками комаров, особенно в рыбохозяйственных водоёмах, рекомендованы и зарегистрированы для применения микробиологические средства на основе *Bti*: «Бактицид» в виде порошка и два средства в виде суспензии – «Ларвиоль-паста» и «Антинат». Последнее средство в настоящее время не производится [40].

В течение многих лет с успехом производится и применяется средство «Бактицид», до 2001 г. известное под названием «Бактокулицид». Выпуск этого средства продолжается в России на ООО «ПО «СИББИОФАРМ»» в г. Бердск Новосибирской области. В 2003 г. после длительного изучения токсикологами средство «Бактицид» было разрешено для продажи населению и применения с целью обработки мест, в которых возможен выплод комаров. Обработке подлежат небольшие водоёмы (пруды, канавы, копанки, непересыхающие лужи, бочки и другие ёмкости с водой для проведения полива), а также затопленные подвалы [40].

Нами были проведены исследования по применению средства «Бактицид» для борьбы с некровососущими комарами-звонцами *Chironomus plumosus* (Diptera, Chironomidae) в акватории Азовского моря с помощью самолета Ан-2 и вертолета Ми-1 [41]. В результате была разработана и утверждена Инструкция по применению инсектицидного микробиологического средства «Бактицид» в борьбе с личинками кровососущих и некровососущих комаров, а итогом испытаний, проведённых в 2016 г., стала Инструкция № 01/16 по авиационному применению инсектицидного микробиологического средства «Бактицид» в борьбе с личинками кровососущих и некровососущих комаров. Средство малоопасно для нецелевых гидробионтов и компонентов природного комплекса, сохраняет активность в воде не более 10 сут. Для средства «Бактицид» есть гигиенические нормативы: ПДК средства в воздухе рабочей зоны –  $2 \cdot 10^4$  кл/м<sup>3</sup> (ГН 2.2.6.2178-07); в атмосферном воздухе –  $1 \cdot 10^3$  кл/м<sup>3</sup> (ГН 2.1.6.2177-07); в воде рыбохозяйственных водоёмов – 5 мг/л; пороговая концентрация в воде – 10 мг/л [42].

## Заключение

Микробиологические препараты на основе энтомопатогенной бактерии *B. thuringiensis* var. *israelensis* («Бактицид» и «Ларвиоль-паста») рекомендуются к широкому применению в водоёмах различного назначения, включая рыбохозяйственные, для борьбы с личинками различных видов комаров благодаря высокой эффективности, высокой экологичности и безопасности для теплокровных животных и человека, а также отсутствия формирования резистентных к ним популяций комаров.

## Литература

(пп. 2, 4–11, 14–30, 32–39 см. References)

1. Шандала М.Г. *Актуальные вопросы общей дезинфектологии*. М.: Медицина; 2009. 110 с.
3. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории РФ. *Приложение к журналу «Защита и карантин растений»*. 2010; 6: 6–16.
12. Штернис М.В. Факторы оптимизации энтомопатогенных препаратов для защиты растений. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Л.: ВИЗР; 1989. 32 с.
13. Каменек Л.К. Дельта-эндотоксин *Bacillus thuringiensis*: строение, свойства и использование для защиты растений. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М.: МСХА им. К.А. Тимирязева. 1998. 40 с.
31. Жулев А.И., Смирнов В.С. Использование авиации для мониторинга и регуляции численности комаров – переносчиков болезней человека. *Дезинфекционное дело*. 2016; 4: 34–8.
40. Рославцева С.А. *Избранные лекции по медицинской дезинсекции*. М.: ФБУН НИИ дезинфектологии; 2015. 204 с.
41. Рославцева С.А., Жулев А.И., Глупов В.В. и соавт. Изучение возможности регуляции численности комаров-звонцов в акватории Азовского моря в рекреационной зоне г. Ейска. *Дезинфекционное дело*. 2011; 4: 34–41.

42. Рославцева С.А., Жулев А.И., Соколов Д.О., Смирнов В.С. и соавт. Использование беспилотного летательного аппарата «ODONATA AGRO» в медицинской дезинсекции. *Дезинфекционное дело*. 2017; 3: 34–8.

## References

1. Shandala M.G. *Topical issues of general disinfectology (selected lectures)*. Moscow: Meditsina; 2009. 110 p. (in Russian)
2. Chang C., Dai S.-M., Frutos R. et al. Properties of a 72-kilodalton mosquitoicidal protein from *Bacillus thuringiensis* subsp. *morrisoni* PG-14 expressed in *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* by using the shuttle vector pHT3101. *Appl Environ Microbiol*. 1992; 58 (2): 507–12.
3. The list of pesticides and agrochemicals approved for use on territory of the Russian Federation. 2010. Reference book. Moscow; 2011. (*Supplement to journal "Plant Protection and Quarantine"*), 2010; 6: 6–16. (in Russian)
4. Goldberg L.J., Margalit J. A bacterial spore demonstrating rapid larvicidal activity against *Anopheles sergentii*, *Uranotaenia unguiculata*, *Culex univittatus*, *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. *Mosq News*. 1977; 37 (3): 355–8.
5. Margalit J. *Discovery of Bacillus thuringiensis israelensis*. In: H. de Barjac and D.J. Sutherland (eds.). *Bacterial control of mosquitoes & black flies. Biochemistry, genetics & applications of Bacillus thuringiensis israelensis and Bacillus sphaericus*. London, UK: Unwin Hyman; 1990: 3–9.
6. de Barjac H. A new subspecies of *Bacillus thuringiensis* very toxic for mosquitoes: *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* serotype 14. *Paris: C. R. Acad. Sci*. 1978; 286D: 797–800.
7. Lee M.H., Pe T.H., Cheong W.H. Laboratory evaluation of the persistence of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* against *Aedes aegypti* larvae. *Mosq Borne Dis. Bull*. 1986; 2: 61–6.
8. Becker N., Margalit J. Use of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* against mosquitoes and black flies. *Entwistle P.F., Cory J.S., Baily M.J., Higg S.R. (eds.). Bacillus thuringiensis, an environmental biopesticide: Theory and practice*. New York: Wiley and Sons; 1993: 147–70.
9. Federici B.A., Lüthy P., Ibarra J.E. *Parasporal body of Bacillus thuringiensis israelensis: structure, protein composition, and toxicity*. In: H. de Barjac, D.J. Sutherland (eds.). *Bacterial control of mosquitoes & black flies. Biochemistry, genetics & applications of Bacillus thuringiensis israelensis and Bacillus sphaericus*. London, UK: Unwin Hyman; 1990: 16–44.
10. Bulla Jr. L.A., Bechtel D.B., Kramer K.J. et al. Ultrastructure, physiology and biochemistry of *Bacillus thuringiensis*. *CRC Crit. Rev. Microbiol*. 1980; 8 (2): 147–204.
11. Kumar P.A., Sharma R.P., Malik V.S. The insecticidal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Adv Appl Microbiol*. 1996; 42: 1–12, 12A, 13–43.
12. Shternshis M.V. *Factors of optimization of entomopathogenic formulations for plant protection*. Autoabstract of Diss. Leningrad; 1989. 32 P.
13. Каменек Л.К. *Delta-endotoxin of Bacillus thuringiensis: structure, features, and use in plant protection*. Autoabstract of Diss. Moscow; 1998. 40 p. (in Russian)
14. Davidson E.W. Microbiology, pathology and genetics of *Bacillus sphaericus*: biological aspects which are important to field use. *Mosq News*. 1984; 44 (2, Pt. 1): 147–52.
15. Baumann P., Clark M.A., Baumann L., Broadwell A.H. *Bacillus sphaericus* as a mosquito pathogen: properties of the organism and its toxins. *Microbiol. Rev*. 1991; 55 (3): 425–36.
16. Baumann P., Unterman B.M., Baumann L. et al. Purification of the larvicidal toxin of *Bacillus sphaericus* and evidence for high-molecular-weight precursors. *J Bacteriol*. 1985; 163(2): 738–47.
17. Payne J.M., Davidson E.W. Insecticidal activity of the crystalline parasporal inclusions and other components of the *Bacillus sphaericus* 1593 spore complex. *J Invertebr Pathol*. 1984; 43 (3): 383–8.
18. Nielsen-Leroux C., Charles J.-F., Thiéry I., Georghiou G.P. Resistance in a laboratory population of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) to *Bacillus sphaericus* binary toxin is due to a change in the receptor on midgut brush-border membranes. *Eur J Biochem*. 1995; 228 (1): 206–10.
19. Goldman I.F., Arnold J., Carlton B.C. Selection for resistance to *Bacillus thuringiensis* subspecies *israelensis* in field and laboratory populations of the mosquito *Aedes aegypti*. *J Invertebr Pathol*. 1986; 47 (3): 317–24.
20. Georghiou G.P., Malik J.I., Wirth M., Sainato K. Characterization of resistance of *Culex quinquefasciatus* to the insecticidal toxins of *Bacillus sphaericus* (strain 2362). University of California, Mosquito Control Research, annual report 1992. Riverside, CA: Univ. of California Press; 1992.
21. Becker N., Ludwig M. Investigations on possible resistance in *Aedes vexans* field populations after a 10-year application of *Bacillus thuringiensis israelensis*. *J Am Mosq Control Assoc*. 1994; 9(2): 221–4.
22. Margalit J., Zaritsky A., Barak Z. et al. *Bacillus thuringiensis* (*Bti*) in integrated biological control (IBC) of mosquitoes and black flies – a global

- view. S.S. Caglar, B. Alten and N. Özer (eds.). *Proceedings of the 13<sup>th</sup> European SOVE Meetings, Society for Vector Ecology. 2000, Sept. Belek. Ankara: DTO; 2000: 84–98.*
23. Marcombe S., Farajollahi A., Healy S.P. et al. Insecticide resistance status of United States populations of *Aedes albopictus* and mechanisms involved. *PLoS ONE* [Electronic resource]. 2014; 9 (7): e101992. Mode of access: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0101992&type=printable> (accessed 5.07.2019).
  24. Mohiddin A., Lasim A.Md., Zuharah W.F. Susceptibility of *Aedes albopictus* from dengue outbreak areas to temephos and *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. *Asian Pac J Trop Biomed.* 2016; 6 (4): 295–300.
  25. Lee H.-L., Cheong W.H. Laboratory evaluation of the potential efficacy of *Bacillus thuringiensis israelensis* for the control of mosquitoes in Malaysia. *Trop Biomed.* 1985; 2: 133–7.
  26. Lee H.-L. Germ warfare against mosquitoes. What now? In: C.-Y. Lee, W.H. Robinson (eds.). *Proceedings of the 5<sup>th</sup> International conference on urban pests. 2005, July 10–13; Suntec; Singapore.* Penang, Malaysia: Perniagaan Ph'ng@P&Y Design Network; 2005: 9–18.
  27. Müller P., Engeler L., Flacio E. et al. Surveillance and control of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Switzerland. G. Müller, R. Pospischil, W.H. Robinson (eds.). *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International conference on urban pests. 2014, July 20–23; Zürich; Switzerland.* Veszprém, Hungary: OOK-Press Kft.; 2014: 131–4.
  28. Suter T., Elacio E., Guedes D.R.D. et al. *Aedes albopictus* resistance status and dynamics across the Swiss-Italian border. G. Müller, R. Pospischil and W.H. Robinson (eds.). *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International conference on urban pests. 2014, July 20–23; Zürich; Switzerland.* Veszprém, Hungary: OOK-Press Kft.; 2014: 135–9.
  29. Rocha H.D.R., Paiva M.H.S., Silva N.M. et al. Susceptibility profile of *Aedes aegypti* from Santiago Island, Cabo Verde, to insecticides. *Acta Trop.* 2015; 152: 66–73.
  30. Roslavl'tseva S.A., Alekseev M.A. *Aedes (Stegomyia) aegypti* and *Aedes (Stegomyia) albopictus* in Russia. M.P. Davies, C. Pfeiffer and W.H. Robinson (eds.). *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International conference on urban pests. 2017, July 9–12; Birmingham; UK.* Uckfield, East Sussex, UK: Pureprint Group; 2017: 437.
  31. Zhulev A.I., Smirnov V.S. Use of aircraft for monitoring and regulation of number of mosquitoes carriers of causative agents of diseases of the person. *Dezinfektsionnoye delo [Disinfection Affairs]*. 2016; 4 (98): 34–7. (in Russian)
  32. Wirth M.C., Georghiou G.P., Malik J.I., Hussain G. Laboratory selection for resistance to *Bacillus sphaericus* in *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) from California, USA. *J Med Entomol.* 2000; 37 (4): 534–40.
  33. Sinègre G., Babinot M., Quermel J.-M., Gaven B. First field occurrence of *Culex pipiens* resistance to *Bacillus sphaericus* in southern France. *Proceedings of the 8<sup>th</sup> European Meeting of Society for Vector Ecology. 1994, Sept. 3–8; Barcelona; Spain.* Santa Ana, CA: Society for Vector Control; 1994: 17.
  34. Chevillon C., Bernard C., Marquine M., Pasteur N. Resistance to *Bacillus sphaericus* in *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae): interaction between recessive mutants and evolution in the Southern France. *J Med Entomol.* 2001; 38 (5): 657–64.
  35. Nielsen-Leroux C., Pasteur N., Prêtre J. et al. High resistance to *Bacillus sphaericus* binary toxin in *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae): the complex situation of West Mediterranean countries. *J Med Entomol.* 2002; 39 (5): 729–35.
  36. Rao D.R., Mani T.R., Rajendran R. et al. Development of a high level of resistance to *Bacillus sphaericus* in a field population of *Culex quinquefasciatus* from Kochi, India. *J Am Mosq Control Assoc.* 1995; 11 (1): 1–5.
  37. Oliveira C.M.F., Silva-Filha M.H., Nielsen-Leroux C. et al. Inheritance and mechanism of resistance to *Bacillus sphaericus* in *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) from China and Brazil. *J Med Entomol.* 2004; 41 (1): 58–64.
  38. Yuan Z., Zhang Y., Cai Q., Liu E.-Y. High level field resistance to *Bacillus sphaericus* C3-41 in *Culex quinquefasciatus* from southern China. *Biocontrol Sci Technol.* 2000; 10 (1): 41–9.
  39. Becker N. Microbial control of mosquitoes: Management of the Upper Rhine mosquito population as a model programme. *Parasitol. Today.* 1997; 13(12): 485–7.
  40. Roslavl'tseva S.A. *Selected lectures on medical disinsection.* Moscow: Scientific Research Disinfectology Institute of Rospotrebnadzor; 2017. 204 p. (in Russian)
  41. Roslavceva S.A., Julev A.I., Glupov V.V. et al. Study of possibility of regulating the number of mosquito-midgots in aquatorium of Azov sea in the recreation zone of Eisk town. *Dezinfektsionnoye delo [Disinfection Affairs]*. 2011; (4): 34–41. (in Russian)
  42. Roslavl'tseva S.A., Zhulev A.I., Sokolov D.O. et al. Use of the unmanned aerial vehicle "ODONATA AGRO" in medical disinsection. *Dezinfektsionnoye delo [Disinfection Affairs]*. 2017; 3 (101): 28–32. (in Russian)