

© ХАЙТОВИЧ А.Б., ЛУКЬЯНОВА М.Е., 2017

УДК 595.771.+578.833(470+571)

Хайтович А.Б., Лукьянова М.Е.

РИСК РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ КОМАРОВ РОДА Aedes КАК ПЕРЕНОСЧИКОВ ВИРУСА ЗИКА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И КРЫМА

Медицинская академия им. С.И. Георгиевского ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 294006, Симферополь, Россия, Бульвар Ленина, д. 5/7

Рассмотрен вопрос распространения и условий акклиматизации комаров *Aedes aegypti* и *Aedes albopictus* основных/второстепенных переносчиков лихорадки Зика (и некоторых других вирусных лихорадок) в условиях умеренного климата черноморского побережья России и Крыма. Проведен анализ распространения комаров в мире и с помощью географической информационной системы составлены карты ареалов видов, установлены территориальные границы обитания, биологические и экологические особенности разных видов популяций комаров, климатические условия, пути проникновения, условия возможного расширения регионов и оценен риск возможного проникновения основных/второстепенных видов на другие территории, в том числе на черноморском побережье России и в Крыму.

Ключевые слова: комары рода *Aedes*; экологические условия обитания; вирус Зика.

Для цитирования: Хайтович А.Б., Лукьянова М.Е. РИСК РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ КОМАРОВ РОДА Aedes КАК ПЕРЕНОСЧИКОВ ВИРУСА ЗИКА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И КРЫМА. Эпидемиология и инфекционные болезни. 2017; 22 (1): 9-17. DOI: 10.17816/EID40951

Khaitovich A.B., Lukyanova M.E.

THE RISK OF THE SPREAD OF CERTAIN SPECIES OF MOSQUITOES – Aedes GENUS AS TRANSMITTERS OF ZIKA VIRUS IN RUSSIA AND CRIMEA

S.I. Georgievsky Medical Academy of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 5/7, Lenina Blvd, Simferopol, 294006, Russian Federation

The problem of the spread and acclimatization of mosquitos *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* is considered as major/minor vectors of Zika fever (and some other viral fevers) in the temperate climate of the Black Sea coast of Russia and Crimea. The analysis of the spread of the mosquitos in the world with taking into account geographic information system, maps of species habitats were made up; territorial boundaries of habitat were set, as well as biological and ecological characteristics of the different types of mosquito populations, climatic conditions, means of dispersal, conditions of a possible expansion of the regions; the risk of possible penetration of the major/minor species to other areas were assessed, including the Black Sea coast of Russia and Crimea.

Key words: mosquito of genus *Aedes*; ecological habitat conditions; Zika virus.

For citation: Khaitovich A.B., Lukyanova M.E. The risk of the spread of certain species of mosquitoes – *Aedes* genus as transmitters of Zika virus in Russia and Crimea. *Epidemiology and Infectious Diseases (Russian journal)*. 2017; 22(1): 9-17. (In Russ.). DOI: 10.17816/EID40951

For correspondence: Aleksandr B. Khaitovich, MD, PhD, DSci., Professor of the Department of Microbiology, Virology and Immunology, E-mail: khaytovych@rambler.ru, MD, PhD, DSci., professor of the Department of Infectious Diseases and Epidemiology of the N. I. Pirogov Russian National Research Medical University, 1, Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russian Federation. E-mail: mur2025@rambler.ru, arboelisa@mail.ru

Information about authors:

Khaitovich A.B. ., <http://orcid.org/0000-0001-9126-1182>

Lukyanova M. E. <http://orcid.org/0000-0001-9224-362>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Received 15.11.2016

Accepted 19.01.2017

Вспышки лихорадки Зика 2013–2016 гг. в Южной и Центральной Америке и более ранние заболевания в Африке, Азии связаны с циркуляцией на этих территориях комаров *Aedes aegypti* и *Aedes albopictus*, которые играют основную/второстепенную роль в трансмиссивной передаче различных вирусных лихорадок: денге, желтой и Чикунгунья [1]. Ежегодно в Российской Федерации регистриру-

ются случаи завоза тропических лихорадок Денге и Чикунгунья (в среднем 20 случаев/год); зарегистрированы случаи завоза лихорадки Зика из Доминиканской республики [2, 3]. Распространение вирусов, вызывающих указанные лихорадки, так же, как лихорадки Зика, происходит однотипно, так как заражение происходит трансмиссивным путем через укусы комаров-переносчиков, которые передают через кровососание некоторые вирусы и поэтому относятся к группе арбовирусных инфекций. Следует отметить, что на разных территориях обитают разные виды комаров рода *Aedes*; не во всех регио-

Для корреспонденции: Хайтович Александр Борисович, доктор мед. наук, проф. каф. микробиологии, вирусологии и иммунологии, e-mail: khaytovych@rambler.ru

нах, где могут обнаруживаться комары, происходит передача вирусных инфекций; одни и те же виды комаров могут передавать разные вирусы с неодинаковой частотой; у разных видов одного рода отмечаются отличия в биологическом развитии и на их территорию обитания могут влиять разнообразные экологические условия, в которых обитают популяция комаров.

Цель работы: выявить биологические и экологические особенности комаров рода *Aedes* и оценить риск распространения и условий акклиматизации комаров *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* как переносчиков лихорадки Зика в условиях умеренного климата черноморского побережья России и Крыма.

Материал и методы

Проведен анализ научных и интернет публикаций по заболеваемости лихорадкой Зика по данным Всемирной организации здравоохранения, изучена история распространения и возможные пути заноса комаров рода *Aedes* на различные континенты. Обработка полученных результатов проведена с помощью географической информационной системы.

Результаты

В мире обитает около 700 видов комаров рода *Aedes*, в составе которого выделяют несколько подродов – *Diceromyia*, *Finlaya*, *Stegomyia*. Среди комаров рода *Aedes* наиболее распространенными в мире считаются *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus*.

Биология комаров рода *Aedes* включает цикл развития: имаго-яйцо-личинка-куколка-имаго. Стадия яйца пролонгируется до 3-х лет, зрелые яйца устойчивы к холоду, высушиванию, гипоксии. Вылупление личинок происходит в воде асинхронно: при пересыхании водоема личинки погибают, а из оставшихся яиц новый выводок происходит при повторном заполнении водоема. При температуре от 17 до 28 °C за несколько дней формируется личинка, устойчивая к гипоксии, поскольку у нее про-

исходит покровное дыхание растворенным в воде кислородом. Стигмальная пластина удерживает личинку в подвешенном состоянии в толще воды, развитые хитиновые элементы плотно замыкают стигмы, длинная трахея предотвращает попадание воды в трахеолы, рецепторы реагируют на газовый состав среды, что позволяет личинке надолго погружаться в толщу воды. Личинка комаров рода *Aedes* меньше связана с поверхностной пленкой воды, чем у комаров родов *Anopheles* или *Culex*, сохраняется внутри застойных вод и не смывается потоком воды. Темный цвет личинки притягивает ультрафиолетовые лучи [4, 5].

Для разных видов комаров рода *Aedes* характерны некоторые экологические и биологические особенности. Так среднегодовой минимум температуры развития у *Ae. aegypti* (имаго +15°C, яйца 0°C) и у *Ae. albopictus* (имаго +11°C, яйца -3°C) различные. *Ae. albopictus* более устойчивы к холодной температуре, чем *Ae. aegypti*. Однако для развития личинок обоих видов комаров необходимо не менее 450 мм/г осадков в год.

Циркуляция комаров рода *Aedes* в определенных климатогеографических зонах, способных переносить различные вирусы определило территории распространения вирусных лихорадок у людей (табл. 1).

Наиболее благоприятные климатогеографические и экологические условия для комаров рода *Aedes* сложились в Центральной (Гондурас) и Южной Америке (Бразилия, Колумбия, Венесуэла), где колебания годовой температуры находятся в пределах от +16 до +29°C. Популяции комаров *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* обитают на юго-востоке Бразилии и северо-западе Колумбии в западных районах Амазонки с влажным экваториальным климатом (осадки 2000–3000 мм/год, амплитуды месячных температур составляет 2–3°C, местность засажена влажными вечнозелеными лесами). В диких лесных условиях комары *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* дневное время суток проводят в

Таблица 1

Распространение комаров рода *Aedes* как основных переносчиков вирусных лихорадок

Вид	Страны и континенты мест обитания	Циркуляция вирусов
<i>Ae. aegypti</i>	Индостан, Индонезия, северная Австралия, Африка, Южная Америка, субтропическая зона Северной Америки, черноморское побережье Кавказа	Вирус денге Вирус желтой лихорадки Вирус Чикунгунья Вирус реки Росс Вирус Зика
<i>Ae. albopictus</i>	Китай, Индонезия, тихоокеанское побережье Австралии, Африка, Южная Америка, субтропическая зона Северной Америки, черноморское побережье Кавказа, средиземноморское побережье Европы	Вирус денге Вирус желтой лихорадки Вирус Чикунгунья Вирус Зика



Рис. 1. Ареал распространения *Aedes aegypti*.

активном состоянии в дуплах деревьев и в глубине нижних ярусов лесов, что связано с угнетающим действием высоких дневных температур и освещенности. Вылет комаров происходит в сумерки и на рассвете. В районах с более засушливым и холодным климатом дупла используются как источники влаги. С северо-востока ареал обитания ограничивается засушливым климатом Бразильского плоскогорья (до 500 мм/год) с частыми перепадами температуры, а с юго-востока низкими температурами высокогорья Анд. Развитие личинок происходит и в предгорье Анд (2000–3000 м, +13°C), т. к. западная плоскогорная сельва подвержена сезонным засухам. В Центральной Америке *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* обитают в предгорьях тихоокеанского побережья [6, 7].

Представленные данные указывают на то, что у *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* имеются как одинаковые, так и разные ареалы распространения, которые определяются экологическими факторами и биологическими особенностями развития обоих видов (рис. 1, 2).

Комары *Ae. albopictus* обладают большей устойчивостью к низким температурам и его возможность к адаптации неблагоприятным условиям выше, поэтому ареал его распространения более северный, чем у *Ae. aegypti*. Происходящее изменение климата в мире, связанное с потеплением окружающей среды, создали благоприятные усло-

вия для распространения их как основных/второстепенных переносчиков вирусов в более северные широты на другие территории, где ранее эти виды не циркулировали, что привело в последние десятилетия к расширению ареала распространения вирусных лихорадок.

Процессы расширения ареала это длительный и медленно протекающий процесс, занимающий большой промежуток времени. Предположительно расширение ареала обитания *Ae. albopictus* началось с Юго-Восточной Азии и островов Индийского океана через Ближний Восток (популяция в настоящее время распространена в Сирии и Турции) и морским путем в зону тропиков Западной Африки (Египет, Ливия, Алжир), где уже циркулировала популяция *Ae. aegypti*. В условиях использования временных антропогенных емкостей воды в засушливом климате (100–2000 мм/год) произошел процесс массивного размножения (стоячая вода благоприятное место кладки яиц и выхода личинок) и адаптация *Ae. albopictus* к трансмиссионному переносу вирусных лихорадок. Перенесенные морским транспортом через Атлантический океан *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* распространились в Южной и Центральной Америке. Биология комаров и экологические особенности окружающей среды способствовали продвижению популяции на север до юго-востока США, поскольку у комаров произошла акклиматизация к

Рис. 2. Ареал распространения *Aedes albopictus*.

более умеренному климату. Более холодостойкие *Ae. albopictus* распространились до восточного побережья штата Мэн на границе с Канадой.

В связи с потеплением климата в начале XX века из Северной Америки происходил спорадический занос в Европу комаров *Ae. aegypti* [8]. В начале популяция *Ae. aegypti* проявилась в средиземноморском регионе Греции, на Ближнем Востоке, Азии и черноморском побережье Кавказа (г. Батуми). Вид расселился вдоль Черного моря на севере до Туапсе и в Закавказье (Кутаиси, Тбилиси, Баку). Резкое увеличение численности комаров в 1920–1930 гг. привело к вспышке лихорадки Денге в Греции и на черноморском побережье Турции. Профилактические и истребительные мероприятия способствовали уничтожению в 50-е годы прошлого столетия популяции *Ae. aegypti* в Европе [9]. Продолжающиеся изменения климатических и экологических условий способствовали длительной колонизации популяции *Ae. aegypti* в Испании (1953 г.), Португалии (1956 г., 1977–1979 гг.) и временному их присутствию на территории Франции, Мальты, Италии, Хорватии, Украины, России и Турции. В России единичные экземпляры комаров вероятно впервые были обнаружены в августе и сентябре 2001–2014 гг. в Большом Сочи в бамбуковой роще, которая находилась в 10–20 метрах от частного сектора [10].

Поскольку комары *Ae. albopictus* более приспособлены к умеренному климату, то их проникновение

в Европу происходило более широко и интенсивно, чем *Ae. aegypti*. В настоящее время популяция *Ae. albopictus* расселилась на территории Италии, Испании, Франции, Греции, Сербии, Хорватии, Македонии, Бельгии, Швейцарии, Нидерландах, на юге Германии. Вероятной причиной столь широкого распространения комаров этого вида явились благоприятные условия для длительного сохранения различных стадий развития комаров, чему способствовали перевозки автомобильных покрышек из Китая в Албанию (1979 г.) и из США во Францию и Италию (1999 г.). Вместе с тем, как и в начале века, в распространении комаров определенная роль принадлежала транспортным связям, поскольку комары попадали с наземным и водным транспортом с острова Мадейры [11].

Проникновение видов комаров, передающих вирусы в новые регионы, предопределило и появление вирусных лихорадок, которые ранее в Европе регистрировались как заносные случаи. Первая на территории Европейского континента аутохтонная передача комарами *Ae. albopictus* вируса лихорадки Чикунгунья произошла в 2007 г. на северо-востоке Италии, позже во Франции. Процесс заноса яиц и личинок комаров *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* из своих естественных ареалов на новые территории постоянно происходит межконтинентальными и межгосударственными транспортными средствами, особенно теми, которые имеют антропогенные хранилища воды [12, 13].

Виды комаров рода *Aedes*, передающие флавивirusы и обитающие в России и Крыму

Виды <i>Aedes</i> , передающие вирусы	Виды <i>Aedes</i> , обитающие в России	Виды <i>Aedes</i> , обитающие на Северном Кавказе	Виды <i>Aedes</i> , обитающие в Крыму
Зика:	<i>Ae. cinereus</i> Mg.	<i>Ae. cantans</i> Mg.	<i>Ae. refiki</i> Med.
<i>Ae. aegypti</i> , <i>Ae. albopictus</i>	<i>Ae. communis</i> Deg.	<i>Ae. caspius</i>	<i>Ae. cantans</i> Mg.
Другие флавивirusы:	<i>Ae. dorsalis</i>	<i>Ae. dorsalis</i> Meig.	<i>Ae. dorsalis</i> Meig.
<i>Ae. atropalpus</i>	<i>Ae. impiger</i>	<i>Ae. punctor</i> Kirby.	<i>Ae. cataphylla</i> Dyar.
<i>Ae. koreicus</i>	<i>Ae. caspius</i>	<i>Ae. geniculatus</i> Oliv.	<i>Ae. geniculatus</i> Oliv.
<i>Ae. triseriatus</i>	<i>Ae. cantans</i> Mg.	<i>Ae. cinereus</i> Mg.	<i>Ae. pulchritarsis</i>
<i>Ae. japonicus</i>	<i>Ae. punctor</i>	<i>Ae. vexans</i> Meig.	<i>Ae. riparius</i>
	<i>Ae. hexodontus</i>		<i>Ae. excrucians</i>
	<i>Ae. pullatus</i>		<i>Ae. annulipes</i>
	<i>Ae. diantaeus</i>		<i>Ae. flavescens</i>
			<i>Ae. punctor</i> Kirby
			<i>Ae. krymmontanus</i>
			<i>Ae. rusticus</i>
			<i>Ae. cinereus</i>
			<i>Ae. venax</i>

В Европе комары *Ae. albopictus* заселили средиземноморское побережье Испании, Франции, Италии и Греции, чему способствовали климатогеографические условия и экологические факторы, благоприятные для развития популяции комаров. Температурные показатели (в январе +5 – +15°C, в июле +25 – +30°C), количество осадков (от 500–1000 мм/год на равнине и до 2000 мм/год в предгорье) создали условия для формирования оседлой популяции в жестколистных средиземноморских лесах [14].

По мере потепления проникновение популяций комаров *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* стало происходить на более северные и восточные территории, в том числе и на черноморское побережье России и Крыма (табл. 2).

Следует отметить, что комары рода *Aedes* широко распространены в России и составляют основную часть гнуса. В разных регионах страны представители рода *Aedes* обнаруживаются с разной частотой: от 30% на северо-востоке Поволжья до 90% на юго-западной части. Наиболее распространенные виды в России в северных широтах – *Ae. cinereus* Mg., *Ae. communis* Deg., *Ae. dorsalis*, *Ae. impiger*, а в южных – *Ae. caspius*, *Aedes cantans* Mg. [15].

Среди экологических факторов для территории обитания одним из определяющих является температура. Для комаров *Ae. aegypti* изотерма 0°C проходит на Кавказе до Краснодара и занимает южный берег Крыма (январская температура +2 – +4°C). Максимально низкая температура при которой поддерживается популяция *Ae. albopictus* -3°C (оседлая популяция существует с аналогичной

температурой в Южной Корее) захватывает Краснодарский, Ставропольский край и значительную часть Крыма. Максимально низкая температура в различных регионах Крыма хотя и близкая, но другая. Так в равнинном Крыму на территориях: Привашия (от -1,0 до -2,3°C), Тарханкутской равнины (от -0,3 до -2,0°C), Центрально-Крымской равнины (от -1,5 до +2,2°C), Керченского полуострова (от -1,3 до 0°C); в Горном Крыму: в Предгорье (от -1,5 до +2,0°C), главной горной гряды (от -4,0 до 0°C); на южном берегу (от +2,0 до +4,0°C).

В 2001–2004 гг. неустойчивая популяция *Ae. aegypti* была обнаружена в августе месяце около города Сочи. Постоянно популяция комаров *Ae. aegypti* заселяет приморскую зону Грузии (Кавказ), чему способствуют условия теплого климата (средняя температура января и июля +5 и +24°C, соответственно) и большого количества осадков западного причерноморского региона Кавказа (500–1000 мм/год), откуда популяция стала распространяться в Турцию и на аравийский полуостров [16].

Расширению ареалов распространения обоих видов комаров способствует урбанизация (описан более светлый окрас на расстоянии до 100 км от населенных пунктов). Это связано с тем, что комары *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* приспособились к использованию застойных вод, которые находятся в населенных пунктах в разных местах (временные антропогенные хранилища воды, используемой для питья, наличие очистных сооружений городских стоков с биологической очисткой, затопленные подвалы в жилых домах, открытые поверхности естественных и искус-

ственных водоемов, используемых для рекреационных целей и т. д.).

Новые условия для развития популяции комаров привели к изменениям в поведении комаров, которые стали носить приспособительный характер. Было установлено, что менее холодостойкий вид *A. aegypti* размножается и нападает для кровососания внутри помещений; оплодотворяется без роения и предпочтительно кормится на людях; при питании на подвижной добыче происходит прерванное кровососание и повторное нападение самок с кровью в желудке приводит к ускорению передачи вируса человеческой популяции; самки способны к откладке неполной порции яиц с разными температурными условиями развития личинок в зависимости от сезона кладки. Значение в трансмиссивном заражении людей у комаров *Ae. albopictus* меньше, чем у *Ae. aegypti*, что связано с их биологическими и экологическими отличиями. *Ae. albopictus* питается вне помещений; плотность популяции больше в сельских условиях; реже питаются на людях, а более часто на млекопитающих; почти не бывает прерванного кровососания; в большей степени требуется резервуар для трансмиссивной передачи возбудителя.

Результаты позволяют сделать вывод, что комары разных видов рода *Aedes*: *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* имеют неодинаковую потенциальную возможность в заражении вирусными лихорадками, что определяется их отличительной чувствительностью к вирусам на различных территориях. При этом установлена большая чувствительность *Ae. aegypti* к вирусу Зика, который вызывает эпидемии на Американском, а *Ae. albopictus* – на Африканском континенте. В лабораторных условиях было доказано, что комары *Ae. albopictus* как более холодостойкие являются основными переносчиками арбовирусов на Европейском континенте [17].

Обсуждение

Комары рода *Aedes* являются основными/второстепенными переносчиками различных вирусных лихорадок – Денге, желтой, Чикунгунья, долины Рос и Зика. Несмотря на то, что вирус Зика был открыт в 1948 г., с 1962 г. известны заболевания людей – эпидемические проявления начали происходить с 2007 г., и получили развитие в 2016 г., особенно на территории Южной и Центральной Америки. Известно, что заражение человека и животного происходит через укус кровососущими комарами. Комары, питаясь кровью людей, могут переносить вирус от одного человека к другому. Поэтому определяющим в распространении вируса являются комары-переносчики. Развитие тех или иных видов комаров определяется их биоло-

гией и теми экологическими условиями, в которых эти комары обитают.

Биологические особенности развития различных комаров создали условия для их приспособления к определенным условиям существования. Экологические факторы определили места их обитания и постепенное распространение на различных континентах, постепенно изменяющиеся климатические условия указали на возможность их проникновения в северные широты. Наиболее вероятным путем распространения комаров с одной территории на другие был водный путь. Это могло произойти только в том случае, когда условия для биологии комаров были благоприятными не только в процессе их транспортировки, но также существовали экологические условия, создавшие возможность поддерживать развитие популяции на материковой территории.

Общая закономерность развития биологии комаров рода *Aedes* близкая независимо от того, где они обитают. Но выявляются биологические и экологические условия, при которых одни виды комаров имеют оптимальные, а другие не могут длительно поддерживать популяцию. Поэтому некоторые комары, которые обитают на разных территориях стали основными переносчиками, а другие второстепенными переносчиками вирусов. Несмотря на то, что впервые вирус Зика был обнаружен в комаре *Ae. africanus*, ведущим переносчиком вируса Зика в мире в настоящее время считается *Ae. aegypti* (основной носитель) и *Ae. albopictus* (второстепенный носитель).

Изучение распространения популяций комаров показывает, что на распространение влияют среднегодовая температура и ее колебания, количество осадков, условия обитания в дикой природе (наличие растительности, постоянных и временных водоемов) и условия урбанизации. Общие ареалы обитания *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* – это субтропические зоны Индонезии, Африки и Америки с влажными и перемененно влажными лесами с осадками не менее 500 мм/г. *Ae. aegypti* распространяется на субэкваториальный и тропический пояс (Африка, Индостан, Аравийский полуостров) с незначительным снижением температур (с +22 – +32°C до +16 – +22°C), значительными колебаниями среднегодовых осадков (от 100 до 250 мм/год) и фаунистическими изменениями (саваны и редколесье, полупустыни).

Популяция комаров *Ae. albopictus* в отличие от *Ae. aegypti* густо заселяет леса в более холодных широтах (Китай) и с сохранением большего количества осадков (в среднем 800 мм/г). На адаптацию комаров *Ae. aegypti* большее влияние оказывает температура, а *Ae. albopictus* – количество осадков и лесная зона. Это подтверждается заселением этих видов Австралии: *Ae. aegypti* обитает

по северному побережью в экваториальных лесостепных зонах, а *Ae. albopictus* – вдоль восточной границы во влажных и переменнo-влажных лесах со снижением температуры до +8 – +10°C. Кроме того, в Южной Америке комары *Ae. albopictus* распространены на высотных территориях внутри ареала обитания видов (высотная область Бразильского плоскогорья, борнейские горные дождевые леса Калимантана, предгорья Тибета), а вокруг – на более низкой местности распространены комары *Ae. aegypti*.

Для популяции комаров *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* благоприятен климат средиземноморского побережья – обилие влаги, наличие жестколистных лесов и положительная температура на протяжении зимы [18]. Вдоль черноморского побережья ареал обитания не сформировался: *Ae. aegypti* в связи с более засушливым климатом (до 400 мм/год) и низкой январской температурой (до -3°C и ниже), *Ae. albopictus* с более засушливым климатом (до 400 мм/год) и рельефом степей и лесостепей.

До настоящего времени на территории Крыма комаров видов *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* не обнаружено. Существующие климатические и экологические условия поддержания популяции и наличие непостоянных популяций на Северном Кавказе предполагает возможность заноса личинок, яиц или имаго вместе с транспортными средствами, интенсивность движения которого в последние годы резко возрастает (дальность полета комаров небольшая и составляет около двух километров). Имаго комаров *Ae. aegypti* на Кавказе активно в летние месяцы (3–4 кладки яиц), *Ae. albopictus* с апреля по октябрь. Отсутствие сформировавшейся постоянной популяции этих видов комаров на Северном Кавказе и Крыму может определяться не средними положительными годовыми температурами, а низкими январскими, а иногда и февральскими температурами (температурный минимум в Крыму 2015 г. составил -29,1°C) и дефицитом количества осадков. Повышение количества осадков происходит только в горной местности одновременно со снижением температур (в Крыму на каждые 100 м в высоту температура понижается в среднем на 0,5–0,6°C, а осадки возрастают на 50–70 мм/год). Учитывая, что комары *Ae. albopictus* могут обитать на высоте до 600 м (Красная поляна), может оказаться, что климат предгорного или горного Крыма может быть благоприятным для поддержания популяции при заносе комаров на территорию Крыма.

Безусловно, что процессу проникновения комаров рода *Aedes* могут способствовать изменение климатических условий в сторону потепления, которое происходит в настоящее время в мире. Это может способствовать расширению

ареала распространения комаров и создавать условия для проникновения заболеваний на новые территории (на фоне первоначальной акклиматизации отмечается пролонгирование периода активности у *Ae. aegypti* с лета до ноября в Испании) [19].

На процесс распространения комароносителей вирусных лихорадок имеет чувствительность комаров и особенности их биологии. Многие виды комаров рода *Aedes* не способны к широкому распространению вируса, т. к. не способны сохранять вирус в состоянии яйца и личинки, что и не позволило широко распространиться *Ae. africanus* в другие регионы, хотя впервые вирус Зика был изолирован от этого вида комаров [20]. В настоящее время их роль в передаче этого вируса незначительна. Чувствительность к вирусу Зика комаров некоторых видов *Aedes*, распространенных в северных широтах, а также *Anopheles coustani*, *Mansonia uniformis*, *Culex perfuscus* (у этих видов в единичных случаях также обнаружен вирус Зика) остается открытым и лабораторно не подтверждается [1]. На процесс повышения чувствительности не основных/второстепенных комароносителей вирусных лихорадок может повлиять существующее межвидовое спаривание между самцами комаров разных видов рода *Aedes*. В Греции, Турции и Грузии широко распространен вид *Ae. cretinus*, которые могут спариваться с разными видами в 31% случаев, что доказано в лабораторных экспериментах [21]. Это показывает, что в процессе размножения могут формироваться популяции комаров, которые обладают чувствительностью к разным вирусам и отличаются от ранее известной.

Таким образом, биологические особенности размножения комаров разных видов рода *Aedes*, в том числе основных/второстепенных переносчиков вируса Зика, изменяющиеся условия окружающей среды, играющие основную роль в распространении комаро-переносчиков вирусных лихорадок на новые территории, влияние урбанизации и антропогенных факторов на эти процессы свидетельствуют о том, что возникает необходимость не только изучения видового состава комаров рода *Aedes* на конкретных территориях, но и динамическое наблюдение за его видовым составом и проведение мониторинга чувствительности вирусов, вызывающих вирусные лихорадки к разным видам комаров.

Заключение

Изменение климатических условий, происходящих в мире, влияет на широкое распространение инфекций, относящихся к группе трансмиссивных, т. е. передающихся через разные виды комаров.

Это создает предпосылки для распространения хранителями вируса в природе комарами на территориях, которые ранее считались экзотическими и вызывать в последующем заболевания человека. В существующих климатических условиях Крыма расселение видов, играющих основную и второстепенную роль в передаче вируса Зика, следует оценить как маловероятное и риск распространения лихорадки Зика низкий.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Финансирование. Отсутствует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Европейское региональное бюро ВОЗ. Переносчики вируса Зика и риск его распространения в Европейском регионе ВОЗ. Доступно по: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0018/304263/Zika-virus-vectors-and-risk-of-spread-in-European-Region-RU.pdf. Ссылка активна на 16.10.2016.
2. Сайфуллин М.А., Кадышев В.А., Ларичев В.Ф., Андрейцева О.И., Бойцов П.В., Бутенко А.М., Малышев Н.А. Случай тяжелой лихорадки Денге на фоне болезни Вильсона-Коновалова. *Эпидемиол. и инфекц. бол.* 2012; (5): 50–3.
3. О регистрации случая завоза лихорадки Зика на территорию Российской Федерации. Доступно по: http://rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=5807&phrase_id=679628. Ссылка активна на 16.10.2016.
4. Гутевич А. Размножение и развитие желтолихорадочного комара в условиях эксперимента. *Паразитологический сборник Зоологического института Академии Наук СССР*. 1931; (2): 41–4.
5. Reinert J.F., Harbach R.E., Kitching I.J. Phylogeny and classification of Aedini (Diptera: Culicidae), based on morphological characters of all life stages. *Zool. J. Linn. Soc. Lond.* 2004; 142 (3): 289–368. DOI: 10.1111/j.1096-3642.2004.00144.x.
6. Игнатова И.А. Жизненный цикл комара желтолихорадочно-го. *Прикладная энтомология*. 2011; 2 (5): 14–8.
7. Arredondo-Jimenez J.I., Valdez-Delgado K.M. Aedes aegypti pupal/demographic surveys in southern Mexico: consistency and practicality. *Ann. Trop. Med. Parasitol.* 2006; 17–32. DOI: 10.1179/136485906X105480.
8. Kraemer M.U.G., Sinka M.E., Duda K.A., Mylne A.Q.N., Shearer F.M., Barker Ch.M., Moore Ch.G. The global distribution of the arbovirus vectors Aedes aegypti and Ae. Albopictus. *eLife*. 2015; 4: e08347. DOI: 10.7554/eLife.08347.
9. Сергиев В.П. Появление экзотических переносчиков арбовирусных лихорадок – новая недостаточно оцениваемая биологическая угроза южным регионам России. *Журнал энтомологии*. 2011; 3 (1): 59–63.
10. Юничева Ю. В., Рябова Т. Е., Маркович Н. Я., Безжонова О. В., Ганушкина Л. А., Семенов В. Б. и др. Первые данные о наличии размножающейся популяции комаров Aedes Aegypti в районе Большого Сочи и в отдельных городах Абхазии. *Мед. паразитол.* 2008; (3): 40–3.
11. Almeida A.P., Goncalves Y.M., Novo M.T., Sousa C.A., Melim M., Gracio A.J. Vector monitoring of Aedes aegypti in the autonomous region of Madeira, Portugal. *Eurosurveillance*. 2007; 12 (11): E071115 6.
12. Sambri V., Cavrini F., Rossini G., Pierro A., Landini M.P. The 2007 epidemic outbreak of Chikungunya virus infection in the Romagna region of Italy: a new perspective for the possible diffusion of tropical diseases in temperate areas? *New Microbiol.* 2008; 31 (3): 303–4.
13. Gould E.A., Gallian P., De Lamballerie X., Charrel R.N. First cases of autochthonous dengue fever and chikungunya fever in France: from bad dream to reality! *Clin. Microbiol. Infect.* 2010; 16 (12): 1702–4. DOI: 10.1111/j.1469-0691.2010.03386.x.
14. Thomas S.M., Obermayr U., Fischer D., Kreyling J., Beierkuhnlein C. Low-temperature threshold for egg survival of a post-diapause and non-diapause European aedine strain, Aedes albopictus (Diptera: Culicidae). *Parasit. Vectors*. 2012; 5: 100. DOI: 10.1186/1756-3305-5-100.
15. Халин А.В. Диагностика кровососущих комаров (Diptera, Culicidae). В кн.: *Материалы I Всероссийского совещания по кровососущим насекомым (24–27 октября 2006 г., СПб.)*. СПб.: ЗИИ РАН; 2006: 208–10.
16. Патраман И.В., Ганушкина Л.А. Инвазивные виды комаров на Черноморском побережье Российской Федерации. В кн.: *Актуальные проблемы биологической и химической экологии*. 2014: 192–4.
17. Li M.I., Wong P.S., Ng L.C., Tan C.H. Oral susceptibility of Singapore Aedes (Stegomyia) aegypti (Linnaeus) to Zika virus. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2012; 6 (8): e1792. DOI: 10.1371/journal.pntd.0001792.
18. Caminade C., Medlock J.M., Ducheyne E., McIntyre K.M., Leach S., Baylis M. et al. Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito Aedes albopictus: recent trends and future scenarios. *J. Roy. Soc. Interface*. 2012; 9 (75): 2708–17. DOI: 10.1098/rsif.2012.0138.
19. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Демина Ю.В. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Организация и проведение мероприятий по энтомологическому мониторингу и регулированию численности кровососущих комаров Aedes aegypti и Aedes albopictus. *Методические рекомендации МР 3.5.2.0110-16*.
20. Aitken T.H., Tesh R.B., Beaty B.J., Rosen L. Transovarial transmission of yellow fever virus by mosquitoes (Aedes aegypti). *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 1979; 28 (1): 119–21.
21. Athanassios G., Dimitrios P.P., G.K., Antonios M., Nickolaos E. Correction: Asymmetric mating interference between two related mosquito species: Aedes (Stegomyia) albopictus and Aedes (Stegomyia) cretinus. *PLoS One*. 2015: e0132862. DOI: 10.1371/journal.pone.0132862.

REFERENCES

1. Regional Office for Europe, WHO. Zika virus vectors and risk of spread in the WHO European Region. Available at: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/emergencies/zika-virus/news/news/2016/03/zika-virus-vectors-and-risk-of-spread-in-the-who-european-region>. Accessed 16.10.2016.
2. Sayfullin M.A., Kadyshchev V.A., Larichev V.F., Andreytseva O.I., Boytsov P.V., Butenko A.M., Malyshev N.A. Case of severe dengue fever associated with Wilson–Konovalov disease. *Epidemiol. i infekt. bol.* 2012; (5): 50–3. (in Russian)
3. О регистрации случая завоза лихорадки Зика на территорию Российской Федерации. Available at: http://rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=5807&phrase_id=679628. Accessed 16.10.2016. (in Russian)
4. Gutsevich A. Razmnozhenie i razvitie zheltolikhoradchnogo komara v usloviyakh eksperimenta. *Parazitologicheskii sbornik Zoologicheskogo instituta Akademii Nauk SSSR*. 1931; (2): 41–4. (in Russian)
5. Reinert J.F., Harbach R.E., Kitching I.J. Phylogeny and classification of Aedini (Diptera: Culicidae), based on morphological characters of all life stages. *Zool. J. Linn. Soc. Lond.* 2004; 142 (3): 289–368. DOI: 10.1111/j.1096-3642.2004.00144.x.
6. Ignatov I.A. Lifecycle Aedes aegypti. *Prikladnaya entomologiya*. 2011; 2 (5): 14–8. (in Russian)
7. Arredondo-Jimenez J.I., Valdez-Delgado K.M. Aedes aegypti pupal/demographic surveys in southern Mexico: consistency

- and practicality. *Ann. Trop. Med. Parasitol.* 2006; 17–32. DOI:10.1179/136485906X105480.
8. Kraemer M.U.G., Sinka M.E., Duda K.A., Mylne A.Q.N., Shearer F.M., Barker Ch.M., Moore Ch.G. The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. Albopictus*. *eLife*. 2015; 4: e08347. DOI: 10.7554/eLife.08347.
 9. Sergiev V.P. Occurrence of exotic carriers arbovirus fevers – new insufficiently estimated biological threat to southern regions of Russia. *Zhurnal inektologii*. 2011; 3 (1): 59–63. (in Russian)
 10. Yunicheva Yu.V., Ryabova T.E., Markovich N.Ya., Bezzhonova O.V., Ganushkina L.A., Semenov V.B. et al. First data on the presence of breeding populations of the *Aedes aegypti* L. mosquito in Greater Sochi and various cities of Abkhazia. *Med. parazitol.* 2008; (3): 40–3. (in Russian)
 11. Almeida A.P., Goncalves Y.M., Novo M.T., Sousa C.A., Melim M., Gracio A.J. Vector monitoring of *Aedes aegypti* in the autonomous region of Madeira, Portugal. *Eurosurveillance*. 2007; 12 (11): E071115 6.
 12. Sambri V., Cavrini F., Rossini G., Pierro A., Landini M.P. The 2007 epidemic outbreak of Chikungunya virus infection in the Romagna region of Italy: a new perspective for the possible diffusion of tropical diseases in temperate areas? *New Microbiol.* 2008; 31 (3): 303–4.
 13. Gould E.A., Gallian P., De Lamballerie X., Charrel R.N. First cases of autochthonous dengue fever and chikungunya fever in France: from bad dream to reality! *Clin. Microbiol. Infect.* 2010; 16 (12): 1702–4. DOI: 10.1111/j.1469-0691.2010.03386.x.
 14. Thomas S.M., Obermayr U., Fischer D., Kreyling J., Beierkuhnlein C. Low-temperature threshold for egg survival of a post-diapause and non-diapause European aedine strain, *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Parasit. Vectors*. 2012; 5: 100. DOI: 10.1186/1756-3305-5-100.
 15. Khalin A.V. In: *Materials of the I All-Russian Conference on Bloodsucking Insects (24–27 October 2006)*. [Materialy I Vse-rossiiskogo soveshchaniya po krovososushchim nasekomym (24–27 oktyabrya 2006 g., SPb.)]. St. Petersburg: ZIN RAN; 2006: 208–10. (in Russian)
 16. Patraman I.V., Ganushkina L.A. Invasive species mosquito on The Black Sea coast of the Russian Federation. In: *Actual Problems of Biological and Chemical Ecology. [Aktual'nye problemy biologicheskoy i khimicheskoy ekologii]*. 2014: 192–4. (in Russian)
 17. Li M.I., Wong P.S., Ng L.C., Tan C.H. Oral susceptibility of Singapore *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus) to Zika virus. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2012; 6 (8): e1792. DOI: 10.1371/journal.pntd.0001792.
 18. Caminade C., Medlock J.M., Ducheyne E., McIntyre K.M., Leach S., Baylis M. et al. Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus*: recent trends and future scenarios. *J. Roy. Soc. Interface*. 2012; 9 (75): 2708–17. DOI: 10.1098/rsif.2012.0138.
 19. Popova A.Yu., Ezhlova E.B., Demina Yu.V. *Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka. Organizatsiya i provedenie meropriyatiy po entomologicheskomu monitoringu i regulirovaniyu chislennosti krovososushchikh komarov Aedes aegypti i Aedes albopictus. Metodicheskie rekomendatsii MR 3.5.2.0110-16*. (in Russian)
 20. Aitken T.H., Tesh R.B., Beaty B.J., Rosen L. Transovarial transmission of yellow fever virus by mosquitoes (*Aedes aegypti*). *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 1979; 28 (1): 119–21.
 21. Athanassios G., Dimitrios P.P., G.K., Antonios M., Nickolaos E. Correction: Asymmetric mating interference between two related mosquito species: *Aedes (Stegomyia) albopictus* and *Aedes (Stegomyia) cretinus*. *PLoS One*. 2015: e0132862. DOI: 10.1371/journal.pone.0132862.

Поступила 15.11.2016

Принята в печать 19.01.2017