

КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ И ГЕНЕТИКА

Научная статья

УДК 574.3, 575.2

doi: 10.17223/19988591/69/2

О расширении экологической ниши дупляного малярийного комара *Anopheles plumbeus* Stephens, 1828 на территории России и Белоруссии

Бега Анна Геннадьевна¹, Логинов Денис Николаевич²,
Гордеев Михаил Иванович³, Горячева Ирина Игоревна⁴,
Бородин Лев Сергеевич⁵, Ли Елизавета Юрьевна⁶,
Москаев Антон Вячеславович⁷

^{1, 3, 4, 5, 6, 7} Государственный университет просвещения, Москва, Россия

^{1, 4} Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

² Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам,
Минск, Республика Беларусь

^{3, 7} Российский государственный университет народного хозяйства
имени В.И. Вернадского, Балашиха, Россия

¹ <https://orcid.org/0000-0002-0011-7642>, anni.miya@gmail.com

² <https://orcid.org/0009-0000-8148-0314>, kavax@yandex.by

³ <https://orcid.org/0000-0001-9031-6655>, gordeev_mikhail@mail.ru

⁴ <https://orcid.org/0000-0003-1913-5987>, iigoryacheva@mail.ru

⁵ <https://orcid.org/0009-0009-2743-8620>, lev.borodin2016@yandex.ru

⁶ <https://orcid.org/0009-0004-7748-0767>, lilizavetau@mail.ru

⁷ <https://orcid.org/0000-0003-0592-3691>, anton-moskaev@yandex.ru

Аннотация. *Anopheles plumbeus* – единственный в Европе вид, способный передавать возбудителя наиболее смертоносной тропической малярии. До недавнего времени он считался видом, редко нападающим на человека, приуроченным к широколиственным лесам и не образующим популяций с высокой плотностью. Целью настоящей работы было изучение изменения экологических предпочтений и географического распространения дупляного малярийного комара на территории России и Белоруссии. Сборы комаров проводили с 2017 по 2024 г. в природных и антропогенных местообитаниях. Видовую идентификацию проводили морфологическим и молекулярно-генетическим методами. Разработаны праймеры на фрагменты последовательности *ITS2* рибосомной ДНК и BOLD-фрагменты митохондриального гена *cox1* для идентификации *An. plumbeus*. Было показано, что в настоящий момент *An. plumbeus* расширил свою экологическую нишу. Кроме типичных мест выплода вида, дупел, пней и развилки деревьев, самки комаров стали откладывать яйца в ёмкости антропогенного происхождения: автомобильные покрышки, вазоны и т.п. Это позволило виду распространиться за пределы нативного ареала, ограниченного ранее широколиственными лесами, и сильно повысить численность. *An. plumbeus* был найден на Черноморском побережье Кавказа на урбанизированных территориях, от границы Абхазии с Грузией до г. Джубга, а также в парке г. Могилева Республики Беларусь. Было установлено, что самки *An. plumbeus* стали нападать на человека. Данные об экологических предпочтениях и статусе вида как потенциального переносчика малярии требуют пересмотра и внимания противоэпидемиологических служб.

Ключевые слова: синантропизация, экологические ниши, *Anopheles plumbeus*, *ITS2*, *cox1*, ареал, переносчики малярии

Источник финансирования: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (РНФ) № 24-44-10003, <https://rscf.ru/project/24-44-10003/> «Генетический и экологический анализ популяций малярийного комара *Anopheles plumbeus* как важного потенциального переносчика трансмиссивных заболеваний в Российской Федерации и Республики Беларусь» (проект реализуется научным коллективом совместно с зарубежным научным коллективом, отобранным Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований (БРФФИ), грант № Б23РНФМ-068).

Для цитирования: Бега А.Г., Логинов Д.Н., Гордеев М.И., Горячева И.И., Бородин Л.С., Ли Е.Ю., Москаев А.В. О расширении экологической ниши дупляного малярийного комара *Anopheles plumbeus* Stephens, 1828 на территории России и Белоруссии // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2025. № 69. С. 9–19. doi: 10.17223/19988591/69/2

Original article

doi: 10.17223/19988591/69/2

On the expansion of the ecological niche of the hollow malaria mosquito *Anopheles plumbeus* Stephens, 1828 in Russia and Belarus

Anna G. Bega¹, Denis N. Loginov², Mikhail I. Gordeev³, Irina I. Goryacheva⁴, Lev S. Borodin⁵, Elizaveta Y. Lee⁶, Anton V. Moskaev⁷

^{1, 3, 4, 5, 6, 7} Federal State University of Education, Moscow, Russian Federation

^{1, 4} Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

² Scientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus on Bioresources, Minsk, Republic of Belarus

⁷ Vernadsky Russian State University of National Economy, Balashihi, Russian Federation

¹ <https://orcid.org/0000-0002-0011-7642>, anni.miya@gmail.com

² <https://orcid.org/0009-0000-8148-0314>, kavax@yandex.by

³ <https://orcid.org/0000-0001-9031-6655>, gordeev_mikhail@mail.ru

⁴ <https://orcid.org/0000-0003-1913-5987>, iigoryacheva@mail.ru

⁵ <https://orcid.org/0009-0009-2743-8620>, lev.borodin2016@yandex.ru

⁶ <https://orcid.org/0009-0004-7748-0767>, lilizavetau@mail.ru

⁷ <https://orcid.org/0000-0003-0592-3691>, anton-moskaev@yandex.ru

Summary. The malaria mosquito, *Anopheles plumbeus* Stephens, 1828, is the only species in Europe, capable of transmitting the pathogen of the most deadly tropical malaria. Until recently, it was considered a species that rarely attacks humans, is confined to broad-leaved forests and does not form high-density populations. The aim of the present work was to study changes in the ecological preferences and geographical distribution of *An. plumbeus* in Russia and Belarus. Our team studied breeding sites and collected *An. plumbeus* in natural and anthropogenic habitats between 2017 and 2024. Species affiliation was determined by morphological parameters, using standard keys. A part of randomly selected individuals from each sample was subjected to molecular genetic analysis. We obtained fragments of *ITS2* ribosomal DNA sequence and BOLD-fragments of mitochondrial gene *cox1*. We developed primers for molecular genetic identification of *An. plumbeus* using the Primer3 programme (<https://primer3.ut.ee/>). *ITS2* sequence fragments of *An. plumbeus* ribosomal DNA

were obtained from primers of 5,8S (5'-TGTGAACTGCAGGACACAT-3') and 28S (5'-ATGCTTAAATTTAGGGGGTA-3'). BOLD fragments of the mitochondrial *cox1* gene of *An. plumbeus* were obtained using our designed primers An.pl_F (5'-TTTCAACAAA TCATAAGGATATTGG-3') and An.pl_R (5'-TATACTTCTGGGTGTCCAAAA AATCA-3'). Until 2019, we found *An. plumbeus* larvae only in natural brood sites such as fallen large leaves, old stumps, forks and tree hollows. Starting from 2019, we started to find *An. plumbeus* larvae in urbanized areas. The number of detected brood sites in anthropogenic habitats increased from year to year: in 2019, 1; 2020, 6; 2021, 14. - 6; 2021 - 14; 2024 - 50. Some populations of *An. plumbeus* have retained their predilection for laying eggs in tree hollows in urban parks and alleys. Other populations in urbanised areas began to lay eggs only in containers of anthropogenic origin. In 2024, as a result of an expedition, we confirmed the presence of *An. plumbeus* in the Republic of Belarus. *An. plumbeus* larvae were found in a car tyre in the city park in Mogilev on the border of broad-leaved forest. Together with changes in preferences for choosing egg-laying sites, we observe changes in behavioural preferences for selecting a feeder. In 2020 and 2021, we captured 2 and 4 adults of *An. plumbeus* on our own during 30 minutes of counting, respectively. All captured adults swarmed without attack. In a similar survey in 2024, we captured 8 adults, including 5 attacking females and 3 males. We believe that the observed transition to synanthropic existence of *An. plumbeus* mosquitoes may be a prerequisite for the formation of potentially invasive populations in the future. By transitioning to synanthropic existence, the population gets rid of a number of biotopic constraints that determine its range. Previously, the range of *An. plumbeus* was highly fragmented due to its attachment to humid broadleaved forests. The limited number of larval habitats, low humidity and seasonal irregularity of precipitation may have acted as factors limiting the population size of this species. The large number of potential breeding sites for *An. plumbeus* clutches, high humidity in many areas where irrigation systems are developed, and the presence of a large number of people as potential feeders are present in urbanised environments. Synanthropisation has allowed the species to expand its ecological niche, spread beyond its native range, which was previously restricted to broadleaved forests, and greatly increase its numbers. The observed transformation of the ecological niche of *An. plumbeus* is similar to the changes that occurred in a number of mosquito species of the genus *Aedes* of the subgenus *Stegomyia*. We believe that synanthropization involves a sustained change in biotopic preferences that presumably has a genetic basis. The data obtained on the ecological preferences of *An. plumbeus* require reconsideration of the status of the species as a potential vector of tropical malaria and attention of anti-epidemiological services to this species.

The article contains 13 References.

Keywords: synanthropization, ecological niches, *Anopheles plumbeus*, *ITS2*, *cox1*, range, malaria vectors

Fundings: The study was funded by the Russian Science Foundation grant (RSF) No. 24-44-10003, <https://rscf.ru/en/project/24-44-10003/> "Genetic and ecological analysis of populations of the malaria mosquito *Anopheles plumbeus* as an important potential vector of vector-borne diseases in the Russian Federation and the Republic of Belarus" (the project is implemented by a scientific team together with a foreign scientific team selected by the Belarusian Republican Foundation for Basic Research (BRFBR), grant No. B23RNFМ-068).

For citation: Bega AG, Loginov DN, Gordeev MI, Goryacheva II, Borodin LS, Lee EY, Moskaev AV. On the expansion of the ecological niche of the hollow malaria mosquito *Anopheles plumbeus* Stephens, 1828 in Russia and Belarus. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2025;69:9-19. doi: 10.17223/19988591/69/2

Введение

Из всех видов малярийных комаров рода *Anopheles* (Diptera, Culicidae), встречающихся на территории Европы, дупляной малярийный комар *An. plumbeus* Stephens, 1828 – единственный вид, способный передавать возбудителя наиболее смертоносной тропической малярии *Plasmodium falciparum* William H. Welch, 1897 [1, 2]. Согласно имеющимся данным, *An. plumbeus* способен также экстенсивно передавать *Pl. falciparum*, как один из наиболее эффективных африканских переносчиков тропической малярии *An. gambiae*, Giles, 1902 [3].

An. plumbeus до недавнего времени считался лесным видом, выплаживающимся в дуплах широколиственных деревьев и питающимся на широком круге диких животных. В связи с приуроченностью к специфическим биотопам ареал вида был фрагментарен, а популяции имели низкую плотность, в силу чего этот вид имел статус второстепенного переносчика малярии.

An. plumbeus обитает на юге европейской части России. В течение XX в. данный вид обнаруживали на территории Краснодарского края, Ростовской области, Ставропольского края, Республики Адыгея, Республики Дагестан и Республики Крым [4]. Кроме того, до 1967 г. единичные находки *An. plumbeus* совершались в Нижнем Поволжье – на территории Волгоградской и Астраханской областей [5]. В Республике Беларусь *An. plumbeus* длительное время считался исчезнувшим видом. Последние его находки датировались 70-ми и 80-ми годами [6, 7]. В 2022 г. было обнаружено 2 особи имаго этого вида в парке г. Могилёва [8].

Целью настоящей работы было изучение изменения экологических предпочтений и географического распространения дупляного малярийного комара *Anopheles plumbeus* Stephens, 1828 на территории России и Белоруссии.

Материалы и методы

В период с 2017 по 2024 г. проводились мониторинговые исследования географического распространения и мест выплода *An. plumbeus* в природных и антропогенных местообитаниях. Видовую принадлежность определяли по морфологическим признакам, по стандартным ключам [9]. Часть особей, отобранных случайно, из каждой выборки подвергали молекулярно-генетическому анализу. Мы получали фрагменты последовательности *ITS2* рибосомной ДНК и BOLD-фрагменты митохондриального гена *cox1*. Для выделения тотальной ДНК каждую особь извлекали из спирта, просушивали и гомогенизировали в лизирующем растворе с протеиназой К. Тотальную ДНК выделяли фенол-хлороформным методом. Концентрацию ДНК в препаратах выравнивали до 30 нг/мкл. ПЦР проводили в конечном объеме 20 мкл с использованием наборов для амплификации «EncycloPlus PCR kit» (Евроген, Россия) в соответствии с инструкцией фирмы-производителя. Нами были разработаны праймеры с использованием программы Primer3 (<https://primer3.ut.ee/>). Фрагменты последовательности *ITS2* рибосомной ДНК были получены с праймеров 5,8S (5'-TGTGAACTGCAGGACACAT-3')

и 28S (5'-ATGCTTAAATTTAGGGGGTA-3'). Ожидаемая длина фрагмента 436 п.н. BOLD-фрагменты митохондриального гена *cox1* получены с помощью праймеров, разработанных нами на основе последовательности GenBank: MG560164: An.pl_F (5'-TTTCAACAAATCATAAGGATATTGG-3') и An.pl_R (5'-TATACTTCTGGGTGTCCAAAAAATCA-3'). Ожидаемая длина фрагмента 658 п.н. Фрагменты, полученные в результате амплификации, очищали в 1,5%-ном агарозном геле. Элюция фрагментов из геля проводилась с использованием набора для элюции Zymoclean™ Gel DNA Recovery Kit (Zymo Research, США) в соответствии с инструкцией фирмы-производителя. Полученные фрагменты секвенировали по Сенгеру.

Результаты исследования и обсуждение

До 2019 г. личинок *An. plumbeus* находили исключительно в природных местах выплода, таких как опавшие крупные листья, старые пни, развилки и дупла деревьев. В 2019 г. мы обнаружили личинок *An. plumbeus* в единственном антропогенном микробиотопе – автомобильной крышке, в окрестностях г. Адлера. В 2020 г. *An. plumbeus* был встречен нами в 6 антропогенных биотопах, на территории от г. Адлера до пос. Зубова щель (территория в 60 км вдоль Черноморского побережья). В выборках западнее пос. Зубова щель личинки *An. plumbeus* в ёмкостях антропогенного происхождения отсутствовали. В 2021 г. нами было обнаружено уже 14 мест выплода. Выявлено продвижение на запад до г. Туапсе (расширение на 45 км) и восток до восточной границы Абхазии (расширение на 45 км). Таким образом, мы можем констатировать тенденцию к синантропизации этого вида на Черноморском побережье Кавказа. Нами описаны как популяции, занявшие урбанизированные территории, но сохраняющие приуроченность к древесным растениям (городские парки и аллеи), так и популяции в сельской местности, полностью отказавшиеся от кладки яиц в дупла в пользу емкостей антропогенного происхождения. Мы предполагаем, что наблюдаем в данный момент активное расширение экологической ниши *An. plumbeus* с синантропизацией и освоением урбанизированных территорий. В условиях синантропизации растут численность и частота встречаемости комаров данного вида в регионе. Так, в 2024 г. нами было обнаружено более 50 антропогенных микробиотопов *An. plumbeus* на территории от г. Адлера до г. Джубга (расширение на 40 км).

В 2024 г. в результате экспедиции нами было подтверждено наличие *An. plumbeus* в Республике Беларусь. Впервые был обнаружен личиночный биотоп в парке г. Могилёва, в 100 м от городского пляжа. Личинки развивались в автомобильной крышке, заполненной дождевой водой. Данный микробиотоп находился на границе широколиственного леса и урбанизированной территории.

В результате секвенирования мы установили, что выбранные нами локусы у *An. plumbeus* высоко консервативны. У всех проанализированных нами особей был один гаплотип ITS2 (GenBank ID PQ776784–PQ776790).

Для BOLD-фрагмента *COI* было выявлено два гаплотипа с отличием в один нуклеотид. Замена молчащая (GenBank ID PQ740506–PQ740512).

Интересно отметить, что при отлове имаго на себе в 2020 и 2021 гг. нами было отловлено 2 и 4 особи имаго *An. plumbeus* соответственно за 30 мин учёта. Все отловленные имаго роились без нападения. При аналогичном учёте в 2024 г. нами было отловлено 8 имаго, среди которых 5 нападавших самок и 3 самца. Возможно, вместе с изменением предпочтений к выбору мест для откладки яиц мы наблюдаем изменения предпочтений при выборе прокормителя. Похожая тенденция наблюдается в Европе: *An. plumbeus* откладывает яйца в дупла деревьев в городских парках и садах. В Бельгии был выявлен взрывной рост численности *An. plumbeus*, который можно объяснить сменой данным видом предпочтительного места для размножения с дупел деревьев на выгребные ямы и емкости для компостирования отходов сельского хозяйства [2]. Освоение урбанизированных местообитаний совпало с общим расширением ареала данного вида в Европе. В 2017 г. *An. plumbeus* впервые был обнаружен в Галисии (Испания), в 2021 г. – в Салониках (Греция) [10, 11]. Расширение ареала *An. plumbeus* и увеличение привлекательности урбанизированных территорий для этого вида отмечены в Германии в период с 2010 по 2014 г. [12]. Также было показано, что самки в некоторых европейских популяциях стали предпочитать нападать на человека [1].

Мы считаем, что такой переход к синантропному существованию комаров может являться предпосылкой к образованию в будущем потенциально инвазионных популяций. Переходя к синантропному существованию, популяция избавляется от ряда биотопических ограничений, определяющих её ареал. Так, ареал *An. plumbeus* был сильно фрагментирован из-за привязки к влажным широколиственным лесам. Ограниченное количество личиночных биотопов, низкая влажность и сезонная неравномерность осадков могли выступать факторами, лимитирующими численность популяций этого вида. В урбанизированной среде имеется большое количество потенциальных ёмкостей для кладок *An. plumbeus*, на многих территориях имеются системы орошения, присутствует большое число людей – потенциальных прокормителей. В настоящий момент, кроме типичных мест выплода – дупел, пней и развилок деревьев, самки комаров стали откладывать яйца в ёмкости антропогенного происхождения – автомобильные покрышки, вазоны, черные пластиковые пакеты и резиновые фрагменты в скоплениях мусора.

Интересно отметить, что наблюдаемая нами трансформация экологической ниши *An. plumbeus* аналогична изменениям, которые произошли у ряда видов комаров рода *Aedes* подрода *Stegomyia*. Так, инвазионные виды *Ae. albopictus* Skuse, 1895, и *Ae. aegypti* L., 1762 тоже изначально являлись лесными видами и занимали экологическую нишу, сходную с *An. plumbeus*. Они также откладывают яйца на стенки древесных дупел или опавшие листья, их яйца способны выдерживать длительное пересыхание, самки имеют широкий круг прокормителей, нападали в течение всего светового дня. За последние 50 лет оба вида перешли к откладке яиц в ёмкости антропогенного происхождения, а затем распространились по всем континентам.

Стоит отметить, что для лесных нативных популяций *An. plumbeus* было показано, что в засушливые периоды самки способны откладывать яйца в различные антропогенные резервуары, заполненные водой. Однако при этом комары не распространяются за пределы лесных местообитаний, а при появлении доступных естественных мест выплода всегда предпочитают природные биотопы. По нашему мнению, такое вынужденное изменение поведения при откладке яиц не является свидетельством необратимой синантропизации. Мы считаем, что синантропизация предполагает устойчивое изменение биотопических предпочтений, которое, предположительно, имеет генетическую основу.

У *An. plumbeus* имеются политенные хромосомы в слюнных железах личинок, в питающих клетках ооцитов яичников и в мальпигиевых сосудах имаго. В настоящий момент для этого вида нет опубликованной цитогенетической карты, лишь описаны параметры кариотипа [13]. При окрашивании хромосом выявлено, что локализация С-позитивного гетерохроматина у *An. plumbeus* значительно меняется от особи к особи. Нами было замечено, что у данного вида имеются парацентрические хромосомные перестройки, требующие дополнительного изучения.

Заключение

Нами установлено расширение экологической ниши *An. plumbeus*. Кроме типичных мест выплода вида, дупел, пней и развилок деревьев, самки комаров стали откладывать яйца в ёмкости антропогенного происхождения: автомобильные покрышки, вазоны и т.п. Это позволило виду увеличить численность и распространиться за пределы нативного ареала, ограниченного ранее широколиственными лесами. *An. plumbeus* был найден нами на урбанизированных территориях Черноморского побережья Кавказа, от границы Абхазии с Грузией до г. Дзубга, а также в парке г. Могилёва Республики Беларусь. Таким образом, данные об экологических предпочтениях и статусе вида как потенциального переносчика малярии требуют пересмотра и внимания противоэпидемиологических служб.

Список источников

1. Bueno-Marí R., Jiménez-Peydró R. *Anopheles plumbeus* Stephens, 1828: a neglected malaria vector in Europe // *Malaria Reports*. 2011. Vol. 1:e2. PP. 2–6. doi: 10.4081/malaria.2011.e2
2. Dekoninck W., Hendrickx F., Van Bortel W., Versteirt V., Coosemans M., Damiens D., Hance T., De Clercq E.M., Hendrickx G., Schaffner F., Grootaert P. Human-induced expanded distribution of *Anopheles plumbeus*, experimental vector of West Nile virus and a potential vector of human malaria in Belgium // *Journal of medical entomology*. 2011. Vol. 48, № 4. PP. 924–928. doi: 10.1603/me10235
3. Schaffner F., Thiéry I., Kaufmann C., Zettor A., Lengeler C., Mathis A., Bourguoin C. *Anopheles plumbeus* (Diptera: Culicidae) in Europe: a mere nuisance mosquito or potential malaria vector? // *Malaria journal*. 2012. Vol. 11. PP. 1–7. doi: 10.1186/1475-2875-11-393
4. Горностаева Р.М., Данилов А.В. Об ареалах малярийных комаров (Diptera, Culicidae: *Anopheles*), не входящих в комплекс *maculipennis*, на территории России // *Паразитология*. 2001. Т. 35, № 5. С. 394–405.

5. Горностаева Р.М. Анализ современных данных о фауне и ареалах малярийных комаров (Diptera: Culicidae: *Anopheles*) на территории России // Паразитология. 2003. Т. 37, № 4. С. 298–305.
6. Катайтцева Т.В. К фауне и экологии кровососущих комаров Беловежской пуши Брестской области // V съезд гигиенистов, эпидемиологов и инфекционистов Белоруссии : тез. докл. Белорус. об-ва эпидемиологов микробиологов и инфекционистов. Минск, 1971. С. 412–413.
7. Савицкий Б.П. Кровососущие комары Гомельской области // Животный мир Белорусского Полесья, охрана и рациональное использование : обл. науч.-практ. конф. УНПО «Фауна Полесья» : тез. докл. Гомель, 1982. С. 13–18.
8. Бычкова Е.И., Якович М.М., Сусл Д.С., Довнар Д.В. Кровососущие членистоногие (Acari: Ixodidae; Diptera: Culicidae, Simuliidae) в населенных пунктах различной категории Могилевской области Беларуси // Ученые записки УО ВГАВМ. 2023. Т. 59, № 2. С. 124–129.
9. Гуцевич В.А., Мончадский А.С., Штакельберг А.А. Насекомые двукрылые. Комары (семейство Culicidae) // Фауна СССР. Л. : Наука. 1970. Т. 3, вып. 4. 384 с.
10. Martínez-Barciela Y., Martínez J.M.P., Torres M.I.S., Ortega Á.P., González J.C.O., González J.G. First records of *Anopheles* (*Anopheles*) *plumbeus* Stephens, 1828 and *Culex* (*Culex*) *torrentium* Martini, 1925 (Diptera: Culicidae) in Galicia (NW Spain) // Journal of Vector Ecology. 2020. Vol. 45, № 2. PP. 306–311. doi: 10.1111/jvec.12401
11. Spanoudis C.G., Pappas C.S., Savopoulou-Soultani M., Andreadis S.S. Composition, seasonal abundance, and public health importance of mosquito species in the regional unit of Thessaloniki, Northern Greece // Parasitology Research. 2021. Vol. 120, № 9. PP. 3083–3090. doi: 10.1007/s00436-021-07264-y
12. Heym E.C., Kampen H., Fahle M., Hohenbrink T.L., Schäfer M., Scheuch D.E., Walther D. *Anopheles plumbeus* (Diptera: Culicidae) in Germany: updated geographic distribution and public health impact of a nuisance and vector mosquito // Tropical Medicine & International Health. 2017. Vol. 22, № 1. PP. 103–112. doi: 10.1111/tmi.12805
13. Pili E., Marchi A. Chromosome evolution in treehole breeding *Anopheles* (Diptera, Culicidae) // Italian Journal of Zoology. 1999. Vol. 66, № 1. PP. 33–37.

References

1. Bueno-Marí R, Jiménez-Peydró R. *Anopheles plumbeus* Stephens, 1828: a neglected malaria vector in Europe. *Malaria Reports*. 2011;1:e2:2-6. doi: 10.4081/malaria.2011.e2
2. Dekoninck W, Hendrickx F, Van Bortel W, Versteirt V, Coosemans M, Damiens D, Hance T, De Clercq EM, Hendrickx G, Schaffner F, Grootaert P. Human-induced expanded distribution of *Anopheles plumbeus*, experimental vector of West Nile virus and a potential vector of human malaria in Belgium. *Journal of medical entomology*. 2011;48(4):924-928. doi: 10.1603/me10235
3. Schaffner F, Thiéry I, Kaufmann C, Zettor A, Lengeler C, Mathis A, Bourgouin C. *Anopheles plumbeus* (Diptera: Culicidae) in Europe: a mere nuisance mosquito or potential malaria vector? *Malaria journal*. 2012;26(11):393. doi: 10.1186/1475-2875-11-393
4. Gornostaeva RM, Danilov AV. Ob arealah malyariinih komarov (Diptera, Culicidae: *Anopheles*), ne vkhodyaschih v kompleks maculipennis na territorii Rossii [On the ranges of malarial mosquitoes (Diptera, Culicidae: *Anopheles*), not included in the maculipennis complex, on the territory of Russia]. *Parasitology*. 2001;35(5):394-405. In Russian
5. Gornostaeva RM. Analiz sovremennih dannih o faune i arealah malyariinih komarov (Diptera : Culicidae: *Anopheles*) na territorii Rossii [Analysis of modern data on the fauna and ranges of malarial mosquitoes (Diptera: Culicidae: *Anopheles*) in Russia]. *Parasitology*. 2003;37:4:298-305. In Russian
6. Kataytseva TV. K faune i ekologii krovososuschihi komarov Belovezhskoi puschi Brestskoi oblasti [To the fauna and ecology of blood-sucking mosquitoes of Belovezhskaya Pushcha of Brest region]. In: *V s"ezd gigenistov, epidemiologov i infekcionistov Belorussii. tez. dokl.*

- Tezisy dokladov Belorus. ob-vo epidemiologov mikrobiologov i infekcionistov [V Congress of hygienists, epidemiologists and infectious disease specialists of Belorussia]. Minsk: Belorussian Society of Epidemiologists, Microbiologists and Infectious Diseases; 1971. pp. 412-413. In Russian
7. Savitsky BP. Krovososuschie komari Gomelskoi oblasti [Blood-sucking mosquitoes of Gomel region]. In: *Zhivotnyj mir Belorusskogo Poles'ya, ohrana i racional'noe ispol'zovanie*. Materialy nauch. konf. [Animal world of Belorussian Polesie, protection and rational use. Proc. of the Sci. Conf.]. Gomel: Gomel State University; 1982. pp. 13-18. In Russian
 8. Bychkova EI, Yakovich MM, Suslo DS, Dovnar DV. Krovososuschie chlenistonogie (Acari: Ixodidae; Diptera: Culicidae, Simuliidae) v naselennih punktah razlichnoi kategorii Mogilevskoi oblasti Belarusi [Blood-sucking arthropods (Asagi: Ixodidae; Diptera: Culicidae, Simuliidae) in settlements of different categories of the Mogilev region of Belarus]. *Scientific Notes of the UO VGAVM*. 2023;59(2):124-129. In Russian
 9. Gutsevich VA, Monchadsky AS, Stakelberg AA. Nasekomye dvukrilie. Komari (semeistvo Culicidae) [Insects of two-winged species. Mosquitoes (family Culicidae)]. In: *Fauna SSSR [Fauna of the USSR]*. L.: Science; 1970. Vol. 9 (4). 384 p. In Russian
 10. Martínez-Barciela Y, Martínez JMP, Torres MIS, Ortega AP, González JCO, González JG. First records of *Anopheles (Anopheles) plumbeus* Stephens, 1828 and *Culex (Culex) torrentium* Martini, 1925 (Diptera: Culicidae) in Galicia (NW Spain). *Journal of Vector Ecology*. 2020;45(2):306-311. doi: 10.1111/jvec.12401
 11. Spanoudis CG, Pappas CS, Savopoulou-Soultani M, Andreadis SS. Composition, seasonal abundance, and public health importance of mosquito species in the regional unit of Thessaloniki, Northern Greece. *Parasitology Research*. 2021;120(9):3083-3090. doi: 10.1007/s00436-021-07264-y
 12. Heym EC, Kampen H, Fahle M, Hohenbrink TL, Schäfer M, Scheuch DE, Walther D. *Anopheles plumbeus* (Diptera: Culicidae) in Germany: updated geographic distribution and public health impact of a nuisance and vector mosquito. *Tropical Medicine & International Health*. 2017;22(1):103-112. doi: 10.1111/tmi.12805
 13. Pili E., Marchi A. Chromosome evolution in treehole breeding *Anopheles* (Diptera, Culicidae). *Italian Journal of Zoology*. 1999;66(1):33-37.

Информация об авторах:

Бега Анна Геннадьевна, канд. биол. наук, м.н.с. лаборатории экспериментальной биологии и биотехнологии НОЦ в г. Черногловка Государственного университета просвещения (Москва, Россия), н.с. лаборатории генетики насекомых института общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН (Москва, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0011-7642>

E-mail: anni.miya@gmail.com

Логинов Денис Николаевич, н.с. лаборатории паразитологии Государственного научно-производственного объединения «Научно-практический центр Национальной академии наук Белоруссии по биоресурсам» (Минск, Республика Беларусь).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8148-0314>

E-mail: kavax@yandex.by

Гордеев Михаил Иванович, проф., д-р биол. наук, зав. кафедрой общей биологии и биоэкологии Государственного университета просвещения (Москва, Россия), г.н.с. аналитической лаборатории экологического мониторинга Российского государственного университета народного хозяйства имени В.И. Вернадского (Балашиха, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9031-6655>

E-mail: gordeev_mikhail@mail.ru

Горячева Ирина Игоревна, д-р биол. наук, зав. лабораторией генетики насекомых Института общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН (Москва, Россия), в.н.с. лаборатории экспериментальной биологии и биотехнологии НОЦ в г. Черногловка Государственного университета просвещения (Москва, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1913-5987>

E-mail: iigoryacheva@mail.ru

Бородин Лев Сергеевич, студент, делопроизводитель кафедры общей биологии и биоэкологии Государственного университета просвещения (Москва, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2743-8620>

E-mail: lev.borodin2016@yandex.ru

Ли Елизавета Юрьевна, аспирант, м.н.с. лаборатории экспериментальной биологии и биотехнологии НОЦ в г. Черноголовка Государственного университета просвещения (Москва, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7748-0767>

E-mail: lilizaveta@mail.ru

Москаев Антон Вячеславович, канд. биол. наук, зав. лабораторией экспериментальной биологии и биотехнологии НОЦ в г. Черноголовка, доцент кафедры общей биологии и биоэкологии факультета естественных наук Государственного университета просвещения (Москва, Россия), в.н.с. аналитической лаборатории экологического мониторинга Российского государственного университета народного хозяйства имени В.И. Вернадского (Балашиха, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0592-3691>

E-mail: anton-moskaev@yandex.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors:

Anna G. Bega, Cand.Sci. (Biol.), Junior Researcher of Experimental Biology and Biotechnology SEC in Chernogolovka Federal State University of Education (Moscow, Russian Federation), Researcher Laboratory of Insect Genetics Vavilov Institute of General Genetics Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0011-7642>

E-mail: anni.miya@gmail.com

Denis N. Loginov, Researcher Laboratory of Parasitology SNPO "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources" (Minsk, Republic of Belarus).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8148-0314>

E-mail: kavax@yandex.by

Mikhail I. Gordeev, prof., Doct. Sci. (Biol.), Head of the Department of General Biology and Ecology Federal State University of Education (Moscow, Russian Federation), Chief Scientist of the Analytical Laboratory of Environmental Monitoring Vernadsky Russian State University of National Economy (Balashiha, Russian Federation).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9031-6655>

E-mail: gordeev_mikhail@mail.ru

Irina I. Goryacheva, Doct.Sci. (Biol.), Head of the Laboratory of Insect Genetics Vavilov Institute of General Genetics Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation), Leading Researcher of Experimental Biology and Biotechnology SEC in Chernogolovka Federal State University of Education (Moscow, Russian Federation).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1913-5987>

E-mail: iigoryacheva@mail.ru

Lev S. Borodin, Student, Laboratory Assistant at the Department of General Biology and Bioecology of the Federal State University of Education (Moscow, Russian Federation).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2743-8620>

E-mail: lev.borodin2016@yandex.ru

Elizaveta Y. Lee, Postgraduate Student, Junior Researcher of Experimental Biology and Biotechnology SEC in Chernogolovka Federal State University of Education (Moscow, Russian Federation).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7748-0767>

E-mail: lilizaveta@mail.ru

Anton V. Moskaev, Cand.Sci. (Biol.), Head of the Laboratory of Experimental Biology and Biotechnology SEC in Chernogolovka Federal, Associate Professor Department of General Biology and Ecology Federal State University of Education (Moscow, Russian Federation), Leading Researcher of the Analytical Laboratory of Environmental Monitoring Vernadsky Russian State University of National Economy (Balashiha, Russian Federation).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0592-3691>

E-mail: anton-moskaev@yandex.ru

The Authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 06.10.2024;
одобрена после рецензирования 22.11.2024; принята к публикации 03.03.2025.*

*The article was submitted 06.10.2024;
approved after reviewing 22.11.2024; accepted for publication 03.03.2025.*