

ПТИЦЫ КАК КОРМОВАЯ БАЗА КОМАРОВ – ПЕРЕНОСЧИКОВ ВОЗБУДИТЕЛЯ ТРОПИЧЕСКОЙ МАЛЯРИИ

© 2021

Мищенко А.В., Артемьева Е.А.

Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова
(г. Ульяновск, Российская Федерация)

Аннотация. В статье рассматривается кормовая база переносчика малярии – комаров рода *Anopheles*, которую составляют птицы тропических областей Западной Африки. Птицы как дальние мигранты проникают в высокие широты и способствуют распространению малярии в Европе и других странах северного полушария. Результаты проведенных исследований показывают, что главную роль в выборе самками комаров *Anopheles gambiae* кормовых объектов – птиц – играют гнездовые и кормовые биотопы пернатых, которые комфортны для размножения комаров. Вероятно, самки комаров используют для питания неоперённых или слабо оперённых птенцов в гнездах, неоперённые участки тела взрослых птиц. В циркуляцию *Plasmodium falciparum* включены популяции птиц прежде всего водного, околотоводного и болотного комплексов, а также птицы, развитие которых проходит в специфических условиях замкнутого пространства – в норах, дуплах, закрытых гнездах. Комар *Anopheles gambiae* в данной системе играет роль переносчика *Plasmodium falciparum* не только в популяциях птиц и млекопитающих, но и человека, что и определяет ареал тропической малярии, которая является природноочаговым трансмиссивным заболеванием. Выявлено 37 видов птиц – носителей малярии в природных и антропогенных биоценозах Мали (Западная Африка). Наиболее многочисленными в период миграции и на гнездовании являются птицы водного, околотоводного и лугово-болотного комплексов (цапли, кваквы, кулики) – дальние мигранты на территории России и сопредельных стран. К территориям риска относятся, прежде всего, южные регионы – Астраханская область, Ростовская область, Краснодарский край.

Ключевые слова: птицы; кормовая база; малярия; комары; молекулярно-генетический подход; популяция; переносчик трансмиссивного заболевания; тропические широты; Западная Африка.

BIRDS AS A FOOD BASE FOR MOSQUITOES – CARRIERS OF THE CAUSATIVE AGENT OF TROPICAL MALARIA

© 2021

Mishchenko A.V., Artemyeva E.A.

Ulyanovsk State Pedagogical University (Ulyanovsk, Russian Federation)

Abstract. The paper discusses the food supply of the vector of malaria – mosquitoes of the genus *Anopheles*, which are birds of tropical regions of West Africa. Birds, as distant migrants, penetrate high latitudes and contribute to the spread of malaria in Europe and other countries of the northern hemisphere. The results of the studies show that the main role in the choice of prey objects by female *Anopheles gambiae* mosquitoes – birds – is played by the nesting and forage biotopes of birds, which are comfortable for mosquito breeding. Probably, female mosquitoes use non-feathered parts of the body of adult birds for feeding unfeathered or weakly feathered chicks in nests. The circulation of *Plasmodium falciparum* includes populations of birds, primarily water, near-water and marsh complexes, as well as birds, the development of which takes place in specific conditions of a closed space – in holes, hollows and closed nests. The *Anopheles gambiae* mosquito in this system plays the role of a carrier of *Plasmodium falciparum* not only among populations of birds and mammals, but also among humans, which determines the range of tropical malaria, which is a natural focal vector-borne disease. The authors have identified 37 species of birds – carriers of malaria in natural and anthropogenic biocoenoses of Mali (West Africa). The most numerous during the migration and nesting period are birds of the aquatic, near-water and meadow-bog complexes (herons, herons, waders) – distant migrants on the territory of Russia and neighboring countries. The risk areas include, first of all, the southern regions – Astrakhan Region, Rostov Region and Krasnodar Region.

Keywords: birds; food base; malaria; mosquitoes; molecular genetic approach; population; vector of vector-borne disease; tropical latitudes; West Africa.

Введение

Малярия является широко распространённым заболеванием в тропических и экваториальных областях Северной и Южной Америки, Африки и Евразии [1, с. 10; 2, с. 481]. По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно фиксируется от 200 до 500 миллионов случаев заражения малярийным плазмодием по всему миру [3, с. 20]. Переносчиками малярии являются комары рода *Anopheles*, личинки которых развиваются в пресных водоёмах в условиях тёплого и влажного климата [4, с. 5].

В связи с глобальными процессами потепления климата случаи малярии стали выявляться и в более высоких широтах, в том числе и в Европейской части России [5, с. 46].

Следует отметить также сообщения о заражении малярийным плазмодием не только людей, но и животных (приматов, птиц) [6, с. 4; 7, с. 70; 8, с. 53; 9, с. 23]. Циркуляция возбудителя среди теплокровных с участием двукрылых переносчиков рода *Anopheles* делает перспективной работу по выявлению трофической специализации комаров, прежде всего на тер-

ритории, эндемичной заболеванием. Ранее показана эффективность молекулярно-генетических методов в определении видовой принадлежности инфекционных агентов [10, с. 130; 11, с. 22; 12, с. 195].

Цель исследования: выявление спектра позвоночных, которые служат кормовой базой для самок *Anopheles gambiae* – переносчика возбудителя тропической малярии *Plasmodium falciparum*, с помощью современных методов молекулярной биологии.

Объекты исследования

Объектами исследования являются образцы крови жертв из желудков самок комаров *Anopheles gambiae* Giles, 1902 – наиболее распространенного переносчика возбудителя малярии в Западной Африке *Plasmodium falciparum* William H. Welch, 1897. Жертвы комаров *Anopheles gambiae* – это различные тропические птицы и домашние куры, рукокрылые, домашние овцы и человек.

Материалы и методика исследований

Сбор образцов крови жертв из желудков самок комаров *Anopheles gambiae* осуществлялся в 2011 году в районе, ограниченном географическими координатами 14,2° и 14,5° с.ш., и 4,6° и 4,1° з.д. (Мали, Западная Африка). В каждом пункте сбора (всего 10) для отлова комаров использовались по 3 энтомологических ловушки с приманкой из раствора сахара с добавлением сока фруктов. Приманивание комаров осуществлялось в течение суток, после чего производился отбор самок с наполненными кровью желудками. Всего отобрано 112 экземпляров *Anopheles gambiae*, из которых микропрепаровальными иглами извлекался желудок, содержащий кровяные сгустки, для их дальнейшей молекулярно-генетической идентификации.

Образцы крови, извлечённые из желудка комаров, гомогенизировались в лизирующем растворе (ТРИС с pH 7,8 (50 мМ), ЭДТА (50 мМ), натрия хлорид (150 мМ), натрия лаурил Sarkozinat (2,5%), меркаптоэтанол (500 мМ), Протеиназа К (600 мг/мл), N-фенацилтиазолбромид (20 мМ)), после чего проводилась фенол-хлороформная экстракция.

В качестве генетического маркера использовали ген субъединицы I цитохром С оксидазы (COI), который фланкировали праймерами: прямой: 5'-TGTA AACGACGGCCAGTATTCAACCAATCATAAAGAT ATTGG-3'; обратный: 5'-CAGGAAACAGCTATGACT AGACTTTGGGTGGCCAAAGAATCA-3'. Для успешной амплификации фрагмента был подобран состав реакционной смеси для полимеразной цепной реакции (ПЦР): 1x буфер, дезоксирибонуклеотиды (250 мкМ), праймеры (0.25 мкМ), taq-полимераза (10 ед.), деионизированная вода, матрица ДНК (3 мкл). ПЦР проводили в пробирках объёмом 0,2 мл с использованием амплификатора SpeedCyler 2 (Analytik Jena) со следующими температурными параметрами: денатурация ДНК прошла при +94°C в течение 2 мин., циклирование – плавление матрицы при +94°C, 30 сек.; отжиг праймеров при +52°C, 30 сек.; элонгация цепи при +72°C, 1 мин. (всего 30 циклов); окончательная достройка цепей проводилась при +72°C в течение 5 мин. После завершения реакции по 5 мкл смеси наносили на 1% агарозный гель для оценки качества ПЦР и разделения фрагментов; после чего готовился препаративный гель, из которого проводили выделение и очистку фрагментов нужной дли-

ны (около 1400 п.о.) (при этом использовали набор GeneJET Gel Extraction Kit (Thermo Scientific)). Концентрацию ДНК измеряли на спектрофотометре ScanDrop (Analytik Jena). Секвенсовую реакцию осуществляли по протоколу с набором BigDye® Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Life Technologies) со следующим составом реакционной смеси: Ready Reaction Premix 2.5X, BigDye® Sequencing Buffer 5X, прямой праймер (3,2 пмоль), матрица ДНК (кол-во в зависимости от концентрации), деионизированная вода (до финального объёма – 20 мкл); для очистки использовали BigDye® XTerminator TM Purification Kit (Life Technologies). Секвенирование проводили с помощью генетического анализатора ABI PRISM 3500 (Life Technologies), полученные последовательности анализировали в программе Sequence Scanner 2 software (Life Technologies Corporation) [13, с. 3].

Принадлежность фрагментов определяли, сравнивая обработанные и скорректированные последовательности гена (COI) с депонированными ранее в базу GenBank [14, с. 5]. Для учёта брались последовательности, давшие 100% совпадение по нуклеотидному составу с имеющимися в базе.

Результаты исследований и их обсуждение

По результатам молекулярно-генетической экспертизы содержимого желудков комаров *A. gambiae* из 112 образцов крови: 72 образца принадлежат к виду *Homo sapiens* (человек), 38 – различным видам Aves (птицы) и только 2 – видам млекопитающих. Примечательно, что кроме крови людей и птиц, в желудках комаров обнаружена кровь и домашних животных. Так, один образец крови принадлежит *Ovis aries* (овца домашняя) и ещё один – домашним курам *Gallus gallus* [15, с. 195; 16, с. 207; 17, с. 260].

Интересным является факт наличия большого количества (37) образцов крови диких африканских птиц, в то время как диких млекопитающих всего один вид – эфиопский эплетовый крылан *Eromophorus labiatus* (Temminck, 1837) (Chiroptera, Pteropodidae), обитает в сухой саванне.

Из класса птиц идентифицированы следующие виды:

Ciconiiformes, Ardeidae: *Nycticorax nycticorax nycticorax* (Linnaeus, 1758) (обыкновенная кваква – 4 экз.), обитает по берегам водоемов, в плавнях; *Butorides striata* (Linnaeus, 1758) (зелёная кваква – 3 экз.), обитает по берегам рек и озёр, болот и мангров, в густой растительности; *Bubulcus ibis* (Linnaeus, 1758) (египетская цапля – 6 экз.), обитает в тропиках, субтропиках, южной части умеренных широт обоих полушарий. В настоящее время активно расширяет свой ареал. Типичные места гнездования связаны с открытыми лугово-степными пространствами: лугами, болотами, степями, саваннами, а также агропромышленными и культурными ландшафтами, селится по соседству с человеком. В пределах стран СНГ египетская цапля гнездится в России (низовья рр. Терек и Волги), Армении (долина р. Аракс), Азербайджане (Ленкоранская низменность, низовья рр. Аракса и Куры), Казахстане (дельта р. Урал), в Туркменистане (долина р. Теджена, низовья р. Атрека).

Charadriiformes, Burhinidae: *Burhinus oedicnemus* (Linnaeus, 1758) (кулик авдотка – 1 экз.), обитает в степях и пустынях, ведёт одиночный образ жизни, гнездится на земле. На территории России это един-

ственный представитель семейства, встречается в Нижнем Поволжье, Предкавказье, на юге Оренбургской области; *Vanellus spinosus* (= *Hoplopterus spinosus*) (Linnaeus, 1758) (шпорцевый чибис – 4 экз.), в Европе – редкая гнездящаяся птица (Греция, Испания, Германия, Кипр, др.), гнездо устраивает вблизи водоёмов на земле. *Vanellus cinereus* (Blyth, 1842) (серый чибис – 3 экз.), гнездится в северо-восточном Китае и Японии, на Филиппинах, в Индонезии и Новом Южном Уэльсе (Австралия), на влажных лугах, рисовых полях и болотах, в России – залетный вид.

Columbiformes, Columbidae: *Turtur chalcospilos* (Wagler, 1827) (бронзовопятнистая лесная горлица – 2 экз.), вид обитает на земле в лесах и зарослях кустарника.

Cuculiformes, Cuculidae: *Centropus senegalensis* (сенегальская шпорцевая кукушка – 1 экз.), строит гнездо в зарослях густой растительности, гнезда часто имеют крышу.

Coraciiformes, Alcedinidae: *Ceryle rudis* (Linnaeus, 1758) (малый пегий зимородок – 2 экз.), гнездится в обрывах отдельными парами или колониями до 100 и более пар, питается мелкой рыбой, водными беспозвоночными, которых птица добывает в реках, прудах, рисовых чеках, селится около жилья человека. В России зарегистрированы залёты этого вида в низовья Волги.

Piciformes, Picidae: *Dendropicos griseocephalus* (золотоспинный африканский дятел – 3 экз.).

Indicatoridae: *Indicator exilis* (Cassin, 1856). (медоуказчик крошечный – 1 экз.).

Vucerotiformes, Vucerotidae: *Bycanistes brevis* Friedmann, 1929 (серебрянокрылый калао – 1 образец), обитает в лесах Африки к югу от Сахары; *Tockus camurus* (красноклювая карликовая птица-носорог – 1 экз.), гнездится в дуплах во влажном тропическом лесу; *Tockus nasutus* Linnaeus, 1766 (африканский серый токо – 1 экз.), обитает в тропических лесах и саваннах.

Passeriformes, Laniidae: *Lanius excubitor excubitor* Linnaeus, 1758 (обыкновенный серый сорокопут – 1 экз.), обитает в поймах рек на территории России и сопредельных стран.

Sturnidae: *Lamprotornis caudatus* (Ruppell, 1845) (длиннохвостый глянцевоый скворец – 1 экз.), обитает на земле.

Ploceidae: *Ploceus nigerrimus* Vieillot, 1819 (болотный ткач – 1 экз.); *Ploceus velatus* Vieillot, 1819 (чернолобый ткач – 1 экз.), обитает в засушливых областях в западной и внутренней Южной Африке, как в кустарниковых зарослях, саванне, на лугах, так и во влажных областях, в городских парках и садах, гнезда строит на деревьях, растущих у водоёмов.

Выводы

Результаты проведенных исследований показывают, что главную роль в выборе самками комаров *Anopheles gambiae* кормовых объектов – птиц – играют гнездовые и кормовые биотопы пернатых, которые комфортны для размножения комаров. Вероятно, самки комаров используют для питания неоперенных или слабо оперенных птенцов в гнездах, неоперенные участки тела взрослых птиц [18, с. 170; 19, с. 320].

Выявлены следующие экологические группы птиц, которые являются кормовой базой комаров *Anopheles gambiae*.

Наземные и наземногнездящиеся лесные и кустарниковые виды: *Lamprotornis caudatus*, *Turtur chalcospilos*.

Наземногнездящиеся лугово-болотные виды (гнездо на влажных лугах, болотах, рисовых полях): *Vanellus cinereus*, *Vanellus spinosus*, *Burhinus oedipnemos*.

Виды, выводящие птенцов в закрытых гнездах, в густых зарослях или деревьях, растущих у воды: *Centropus senegalensis*, *Ploceus velatus*, *Ploceus nigerrimus*, *Lanius excubitor*.

Дуплогнездящиеся, во влажном лесу: *Indicator exilis*, *Dendropicos griseocephalus*, *Bycanistes brevis*, *Tockus camurus*, *Tockus nasutus*.

Околоводные виды и водные виды, гнездящиеся в плавнях (в том числе в агропромышленных и культурных ландшафтах): *Butorides striata*, *Nycticorax nycticorax*, *Bubulcus ibis*.

Норники, в обрывах по берегам рек (в том числе у жилья человека): *Ceryle rudis*.

В циркуляцию *Plasmodium falciparum* включены популяции птиц, прежде всего водного, околоводного и болотного комплексов, а также птицы, развитие которых проходит в специфических условиях замкнутого пространства – в норах, дуплах, закрытых гнездах. Комар *Anopheles gambiae* в данной системе играет роль переносчика *Plasmodium falciparum* не только в популяциях птиц и млекопитающих, но и человека, что и определяет ареал тропической малярии, которая является природноочаговым трансмиссивным заболеванием.

Выявлено 37 видов птиц – носителей малярии в природных и антропогенных биоценозах Мали (Западная Африка). Наиболее многочисленными в период миграции и на гнездовании являются птицы водного, околоводного и лугово-болотного комплексов (цапли, кваквы, кулики) – дальние мигранты на территории России и сопредельных стран. К территориям риска относятся, прежде всего, южные регионы – Астраханская область, Ростовская область, Краснодарский край.

В настоящее время проведены исследования по циркуляции вируса лихорадки Западного Нила в популяциях перелетных водных (чайки, крачки, кулики) и околоводных птиц (цапли), которые зимуют в Африке, и последующего заражения человека данным вирусом комарами-переносчиками – родничковым (лесным) малярийным комаром *Anopheles claviger* (Meigen, 1804) и обыкновенным малярийным комаром *Anopheles maculipennis* Meigen, 1818 на территории Ростовской области [20, с. 18]. Оба вида имеют обширные ареалы в России и сопредельных странах, в том числе обитают в Среднем Поволжье (Ульяновской области) [21, с. 130].

Список литературы:

1. Layne S.P. Principles of Infectious Disease Epidemiology, EPI 220, UCLA Department of Epidemiology, Archived from the original on 2006-02-20.
2. Балашов Ю.С. Особенности паразитизма членистоногих на наземных позвоночных // Паразитология. 1981. Т. 15, № 6. С. 481.
3. Olupot-Olupot P., Maitland K. Management of severe malaria: Results from recent trials // Advances in Experi-

mental Medicine and Biology. 2013. Vol. 764. P. 241–250. DOI: 10.1007/978-1-4614-4726-9_20.

4. Wang Y., Gilbreath T.M., Kukutla P., Yan G., Xu J. Dynamic gut microbiome across life history of the malaria mosquito *Anopheles gambiae* in Kenya // PLoS ONE. 2011. Vol. 6 (9). e24767. DOI: 10.1371/journal.pone.0024767.

5. Иванова Т.Н., Таныгина Е.Ю., Симонова Л.В., Тимошенко Н.И., Баранова А.М. Завозная малярия в мегаполисе (Москва, 2016–2017 гг.) и противомаларийные мероприятия // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2018. № 2. С. 45–48.

6. Малышева Н.С., Гладких К.А. Кровососущие комары (Diptera: Culicidae) как возможное звено в трансмиссии возбудителей некоторых заболеваний человека на территории Курской области // Auditorium. 2014. № 4. С. 4.

7. Гапонов С.П., Теуэльде Т.Р. Кровососущие комары (Diptera, Culicidae) и мокрецы (Diptera, Ceratopogonidae) в гнездах воробьинообразных птиц в г. Воронеже // XI всерос. диптерологический симпозиум (с междунар. участием). Воронеж, 24–29 августа 2020 г.: сб. матлов / отв. ред.: О.Г. Овчинникова, И.В. Шамшев. СПб.: Издательство «Лема», 2020. С. 69–71.

8. Эрлих В.Д. Пищевые предпочтения комаров *Anopheles* комплекса «*maculipennis*» – показатель эффективности борьбы с ним // Medical Parasitology and Parasitic Diseases. 1983. Т. 52. С. 53.

9. Болгова А.В., Будаева И.А., Гапонов С.П. О тропических связях комаров (Diptera: Culicidae) – переносчиков возбудителей природно-очаговых заболеваний Воронежской области // Современные проблемы паразитологии и эпизоотологии: сб. ст. IX всерос. науч.-практ. конф., посв. 85-летию создания кафедры паразитологии и эпизоотологии Воронежского ГАУ (Воронеж, 4 декабря 2015 года). Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2016. С. 21–25.

10. Rich S.M., Ayala F.J. Evolutionary origins of human malaria parasites // Malaria: Genetic and Evolutionary Aspects. New York: Springer, 2006. P. 125–146.

11. Мищенко А.В., Артемьева Е.А., Макаров Д.К., Солтис В.В. К эколого-генетическому мониторингу популяций пиона тонколистного (*Paeonia tenuifolia* L.) – кормового растения листовёртки пионовой *Pelatea klugiana* (Freyer, 1836) (Lepidoptera, Tortricidae) – редкого и эндемичного вида чешуекрылых Ульяновской области (Среднее Поволжье) // Проблемы региональной экологии. 2017. № 1. С. 20–23.

12. Мищенко А.В., Масленникова Л.А., Макаров Д.К., Солтис В.В. Молекулярное клонирование как метод идентификации бактерий в коллекционных образцах редких и эндемичных видов растений Ульяновской области // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2018. № 2. С. 191–196.

13. Thermo Fisher Scientific [Internet] // <https://thermofisher.com>.

14. GenBank [Internet] // <https://ncbi.nlm.nih.gov/genbank>.

15. Остроушко Т.С., Панюкова Е.В., Пестов С.В. Двукрылые насекомые (Insecta: Diptera) комплекса «гнус» фауны европейского северо-востока России // Труды Коми научного центра УрО РАН. № 183: Беспозвоночные европейского Северо-Востока России / редкол.: М.М. Долгин (отв. ред.), А.Г. Татаринцов (отв. секретарь), Е.Н. Мелехина. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2007. С. 190–235.

16. Хлызова Т.А., Фёдорова О.А., Сивкова Е.И. Патологическое воздействие слюны кровососущих двукрылых насекомых на организм человека и животных (обзор) // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 7 (207). С. 90–96.

17. Мирзаева А.Г., Смирнова Ю.А., Юрченко Ю.А., Кононова Ю.А. К познанию фауны и экологии кровососущих комаров (Diptera: Culicidae) лесостепных и степных районов Западной Сибири // Паразитология. 2007. Т. 41, № 4. С. 253–267.

18. Валькюнас Г.А. Паразиты крови птиц Беломор-Балтийского направления миграции. 1. Роль миграций в заражении птиц паразитическими простейшими крови // Паразитология. 1984. Т. 18, № 2. С. 166–174.

19. Ясюкевич В.В., Титкина С.Н., Попов И.О., Давидович Е.А., Ясюкевич Н.В. Климатозависимые заболевания и членистоногие переносчики: возможное влияние наблюдаемого на территории России изменения климата // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2013. Т. XXV. С. 314–360.

20. Забашта М.В. Экологические и эпидемиологические аспекты лихорадки Западного Нила: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2012. 29 с.

21. Константинов Ф.Ф. К фауне кровососущих комаров (Culicidae, Diptera) Ульяновской области // Насекомые Ульяновской области. Серия «Природа Ульяновской области». Вып. 5. Ульяновск: Филиал МГУ, 1994. С. 130–131.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p>Мищенко Андрей Владимирович, кандидат биологических наук, доцент кафедры географии и экологии; Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова (г. Ульяновск, Российская Федерация). E-mail: a.misch@mail.ru.</p> <p>Артемьева Елена Александровна, доктор биологических наук, профессор кафедры географии и экологии; Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова (г. Ульяновск, Российская Федерация). E-mail: hart5590@gmail.com.</p>	<p>Mishchenko Andrey Vladimirovich, candidate of biological sciences, associate professor of Geography and Ecology Department; Ulyanovsk State Pedagogical University (Ulyanovsk, Russian Federation). E-mail: a.misch@mail.ru.</p> <p>Artemyeva Elena Aleksandrovna, doctor of biological sciences, professor of Geography and Ecology Department; Ulyanovsk State Pedagogical University (Ulyanovsk, Russian Federation). E-mail: hart5590@gmail.com.</p>

Для цитирования:

Мищенко А.В., Артемьева Е.А. Птицы как кормовая база комаров – переносчиков возбудителя тропической малярии // Самарский научный вестник. 2021. Т. 10, № 1. С. 113–116. DOI: 10.17816/snv2021101117.