

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ОБРАЗОВАНИЯ
В ОБЛАСТИ ЗООЛОГИИ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ**

**Сборник статей
V Международной конференции**

*26–28 октября 2020 г.
г. Томск, Россия*

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

Литература

1. Krebs J.R., Davies N.B. An introduction to behavioural ecology. – Oxford: Blackwell Scientific Publ, 1993. 420 p.
2. Русина, Л.Ю. Структурно-функциональная организация популяций ос-полистов (Hymenoptera, Vespidae) // Тр. Русск. энтомол. общ-ва. 2009. Т. 79. 217 с.
3. Русина Л.Ю., Орлова К.С. Связь фенотипической изменчивости будущих основательниц *Polistes nimpha* (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae) с характером их зараженности в личиночном состоянии клещом *Sphexicozela connivens* (Acari, Astigmata, Winterschmidtidae) // Энтотомол. обозр. 2011. Т. 90, вып. 2. С. 34–40.
4. Русина Л.Ю., Гилёв А.В., Скороход О.В., Филимонова Н.Б., Фирман Л.А. Связь окраски осы *Polistes dominulus* с пространственно-этологической структурой ее популяции в Нижнем Приднепровье // Успехи совр. биол. 2007. Т. 127, вып. 2. С. 157–165.
5. Русина Л., Русин И., Стар Х., Фатерыга А., Фирман Л. Способы основания семьи самками различных морфотипов у бумажных ос-полистов (Hymenoptera, Vespidae, Polistes Latr.) // Энтомологическое обозрение. 2007. Т. 86, вып. 4. С. 750–772.
6. Cervo R., Dapporto L., Beani L., Strassmann J. E., Turillazzi S. On status badges and quality signals in the paper wasp *Polistes dominulus*: body size, facial colour patterns and hierarchical rank // Proc. R. Soc. B. 2008. V. 275. P. 1189–1196.
7. Beani L. Crazy wasps: when parasites manipulate the *Polistes* phenotype // Ann. Zool. Fennici. 2006. V. 43. P. 564–574.
8. Русина, Л.Ю., Орлова Е.С. Связь фенотипической изменчивости будущих основательниц осы *Polistes dominula* с режимом их питания в личиночном состоянии // Тр. Рус. энтомол. общ-ва. 2010. Т. 81, вып. 2. С. 165–171.

УДК 575.771

DOI: 10.17223/978-5-94621-931-0-2020-35

ИНВЕРСИОННЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ *ANOPHELES BEKLEMISHEVI* STEGNIИ ЕТ KABANOVA В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Соболева Е.С.¹, Фёдорова В.С.¹, Бурлак В.А.²,
Шарахова М.В.², Артемов Г.Н.^{1,2}

¹Томский государственный университет, Томск, Россия

²Лаборатория эволюционной геномики насекомых,

ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия
glebartemov@mail.tsu.ru

Аннотация. Исследованы географическое распространение и инверсионный полиморфизм малярийных комаров *Anopheles beklemishevi* Stegnii et Kabanova в Западной Сибири. Гомозиготные цитотипы X-хромосомы определяли с помощью

флуоресцентной гибридизации *in situ* микродиссектированного ДНК-зонда, маркирующего область точек разрыва инверсий X-хромосомы. Впервые обнаружены образцы, гомозиготные и гемизиготные по инверсиям X1 и X2. Представленность и частота цитотипов не имеют различий между северной и южной (Алтай) популяциями малярийных комаров.

Ключевые слова. *Anopheles beklemishevi*, инверсионный полиморфизм, X хромосома, микродиссекция.

INVERSION POLYMORPHISM OF NATURAL POPULATIONS *ANOPHELES BEKLEMISHEVI* STEGNII ET KABANOVA IN WESTERN SIBERIA

Soboleva E.S.¹, Fedorova V.S.¹, Burlak V.A.²,
Sharakhova M.V.², Artemov G.N.^{1,2}

¹Tomsk State University, Tomsk, Russia

²Laboratory of Evolutionary Genomics of Insects, Federal Research Center Institute
of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia
glebartemov@mail.tsu.ru

Abstract. The geographical distribution and inversion polymorphism of malaria mosquitoes *Anopheles beklemishevi* Stegnii et Kabanova in the West Siberia were investigated. X chromosome homozygous cytotypes were defined by fluorescent *in situ* hybridization of microdissected DNA-probe, labeling the breakpoints region of X chromosome inversions. For the first time the samples, which are homozygous and hemizygous by inversions X1 и X2 were detected. Cytotypes representation and frequencies have not differences between northern and southern (Altay) population of the malaria mosquitoes.

Keywords. *Anopheles beklemishevi*, inversion polymorphism, X chromosome, microdissection.

Малярийный комар *Anopheles beklemishevi* Stegnii et Kabanova был впервые описан на основе различий структуры политенных хромосом томскими учеными [1]. Этот вид принадлежит к подгруппе *Maculipennis*, представители которой широко распространены в Палеарктике. На всем протяжении, от Скандинавского полуострова на западе до бассейна р. Лены на востоке, ареал этого вида не уходит южнее 55 параллели, за исключением горных систем Алтая и Западных Саян, а на севере ограничен зоной лесотундры [2], являясь наиболее северным среди всех малярийных комаров.

Инверсионный полиморфизм является естественным механизмом поддержания высокой адаптивной пластичности [3]. Полиморфные инверсии X1 и X2 распространены в природных популяциях

An. beklemishevi [4]. Их локализация в половой хромосоме отличает этот вид от малярийных комаров комплекса *gambiae*, у которых инверсии локализируются преимущественно в аутосомах.

В настоящем исследовании нами был применен новый подход для выявления гомозиготных цитотипов с использованием разработанной нами ДНК-пробы, маркирующей инверсии X1 и X2 с помощью флуоресцентной *in situ* гибридизации (FISH). Целью работы было сравнить инверсионный полиморфизм природных популяций *An. beklemishevi* в северной и южной (алтайской) частях ареала.

Материалом для выполнения работы послужили выборки личинок малярийных комаров р. *Anopheles*, отловленных в естественных водоемах Западной Сибири (таблица).

Места сбора личинок малярийных комаров *Anopheles* и объем выборок

Место сбора	Дата сбора	Координаты (с. ш., в. д.)	N	Доля <i>An. beklemishevi</i> , %
с. Коротчаево, ЯНАО	26.07.2019	65°55'14.5", 78°14'18.0"	30	100
г. Стржевой, ТО	29.07.2019	60°43'11.2", 77°32'07.1"	50	74±6,20
с. Новоселово, ТО	23.06.2019	58°23'47.2", 82°59'11.5"	2	100
с. Колпашево, ТО	23.06.2019	58°19'23.1", 82°52'07.7"	16	43,75±12,4
п. Белый Яр, ТО	23.06.2019	58°26'07.8", 85°03'29.4"	15	40±12,65
п. Черный Яр, ТО	15.06.2019	57°02'22.0", 87°19'14.8"	30	33,33±8,61
с. Зырянское, ТО	15.06.2019	56°50'13.0", 86°38'44.1"	14	64,29±12,81
с. Чоя, Р. Алтай	06.06.2019	52°01'07.1", 86°33'01.8"	65	86,15±4,28
с. Соузга, Р. Алтай	06.06.2019	51°52'53.7", 85°50'38.3"	26	26,92±8,7
с. Озерное, Р. Алтай	06.06.2019	51°49'06.8", 85°48'19.8"	30	83,33±6,8

Примечание: N – объем выборки, ТО – Томская область.

Личинок фиксировали в растворе Карнуа и хранили при -20°C . Из слюнных желез фиксированных личинок готовили давленные неокрашенные препараты политенных хромосом, которые микроскопировали с использованием фазового контраста, определяли видовую принадлежность комаров и полиморфные инверсии, используя стандартные цитогенетические карты *An. beklemishevi* [5] и *An. messeae* [6]. Цитотип гомозиготных по инверсионным вариантам X-хромосомы особей определяли с помощью FISH ДНК-пробы, полученной с помощью микродиссекции района 1А-3А X-хромосомы [4] трофоцитов яичников *An. beklemishevi*, с суховоздушными препаратами хромосом слюнных желез, согласно методикам, приводимыми нами ранее [7].

Была определена видовая принадлежность 278 личинок малярийных комаров из 10 природных популяций (таб. 1). Расстояние между самой северной (с. Коротчаево) и самой южной (с. Соузга) популяциями

составило более 1100 км. Практически повсеместно личинки *An. beklemishevi* обитают совместно с *An. messeae s.l.* На видовой состав малярийных комаров влияют локальные экологические факторы, а также период, в который взята выборка. Этим можно объяснить преобладание *An. beklemishevi* в ранневесенний период или отсутствие в выборках *An. messeae s.l.*, например, в с. Новоселово. Преобладание *An. beklemishevi* в с. Коротчаево (г. Новый Уренгой) может быть указанием на исключительность этого вида в данном регионе. Во-первых, выборка была взята в период непродолжительного расцвета популяции; во-вторых, это была единственная выборка, которую удалось обнаружить из более чем 10 обследованных водоемов. Водоем, где были обнаружены личинки *An. beklemishevi*, расположен в пойме р. Пур, но не среди многочисленных тундровых озер. Это говорит о том, что распространение *An. beklemishevi* на севере может ограничиваться поймами крупных рек.

Инверсионный полиморфизм *An. beklemishevi* был проанализирован в шести природных популяциях (рис. 1).

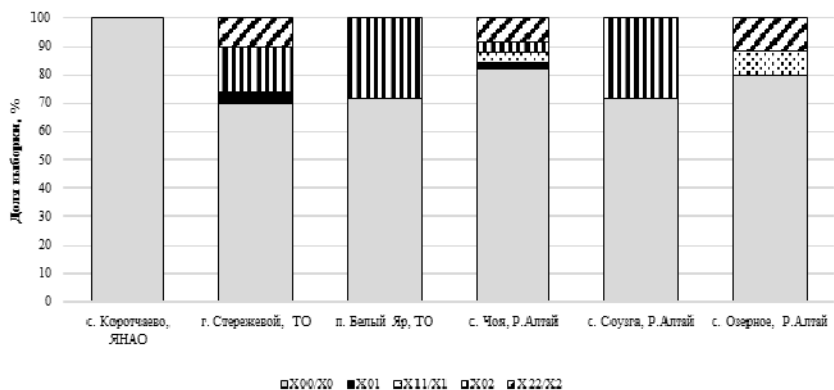


Рис. 1. Частоты инверсионных цитотипов X хромосомы *An. beklemishevi*

Гомозиготные цитотипы X-хромосомы *An. beklemishevi* определить сложно в связи со схожестью дискового рисунка у стандартного и инвертированного вариантов. Разработанный нами подход позволил выявить особей, гомозиготных (гемизиготных) по инвертированному варианту, среди гомозиготных по стандартному варианту. Такие гомозиготы были найдены в популяциях г. Стржевой, с. Чоя и с. Озерное. В большинстве популяций преобладал цитотип X00/X0, но инверсии X1 и X2 встречались с частотой 18–30% во всех популяциях за

исключением с. Коротчаево. Наиболее распространена в исследованных выборках инверсия Х2. Х1 встречается реже, а в популяциях п. Белый яр и с. Союзга не обнаружена. В крайней северной точке (с. Коротчаево) инвертированных вариантов не выявлено, что может быть связано с наличием в выборке представителей одной семьи и/или с аридными условиями.

Таким образом, хромосомный полиморфизм *An. beklemishevi* был отмечен нами на протяжении всего пространства ареала в Западной Сибири, включая алтайские популяции. Различия в частотах инверсионных цитотипов по всей видимости связаны с адаптацией комаров к локальным условиям обитания.

Работа была выполнена при финансировании проекта № 8.1.03.2019, в рамках Программы повышения конкурентоспособности ТГУ, грантов РФФИ № 18-34-20106 и РНФ № 19-14-00130.

Литература

1. Стегний В.Н., Кабанова В.М. Цитозологическое изучение природных популяций малярийного комара на территории СССР. Выделение нового вида *Anopheles* в комплексе *maculipennis* методом цитодиагностики // Мед. паразитол. 1976. № 2 (14). С. 192–198.

2. Novikov Y.M., Vaulin O.V. Expansion of *Anopheles maculipennis* s.s. (Diptera: Culicidae) to northeastern Europe and northwestern Asia: Causes and Consequences // Parasites and Vectors. 2014. № 1 (7). С. 1–10.

3. Стегний В.Н. Инверсионный полиморфизм малярийного комара *Anopheles messeae*. Сообщение. IV. Стационарность частотного распределения инверсий по ареалу // Генетика. 1983. № 3 (19). С. 466–473.

4. Artemov G.N. [et al.]. A standard photomap of ovarian nurse cell chromosomes and inversion polymorphism in *Anopheles beklemishevi* // Parasites & Vectors. 2018. № 1 (11). С. 211.

5. Стегний В.Н., Новиков Ю.М., Кабанова В.М. Цитогенетический анализ и распространение малярийного комара *Anopheles beklemishevi* // Зоол. ж. 1978. № 6 (57). С. 873–876.

6. Стегний В.Н., Кабанова В.М., Новиков Ю.М. Кариотипическое исследование малярийного комара // Цитология. 1976. № 6 (18). С. 760–766.

7. Артемов Г.Н., Стегний В.Н. Молекулярно-генетический анализ района прикрепления Х-хромосомы к оболочке ядра трофобластов яичников малярийного комара *Anopheles messeae* Fall. // Генетика. 2011. № 10 (47). С. 1307–1314.