

УДК 575.17

А.М. Русакова<sup>1</sup>, Г.Н. Артемов<sup>1</sup>, В.Н. Стегний<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Обособленное структурное подразделение «Научно-исследовательский институт биологии и биофизики Томского государственного университета» (г. Томск)

<sup>2</sup>Биологический институт Томского государственного университета (г. Томск)

## ИНВЕРСИОННЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ МАЛЯРИЙНОГО КОМАРА (*Anopheles messeae* Fall.) ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ АРЕАЛА

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.» (ГК № 02.740.11.0278; ГК № П801; ГК № П914).

Проведено цитогенетическое исследование природных популяций *Anopheles messeae* Fall. восточной части видового ареала: две популяции г. Красноярск, популяция г. Иркутск и популяция г. Гусиноозерск (Республика Бурятия). Установлено, что в изученных популяциях доминировали особи с хромосомными вариантами  $XL_{11}$  и  $2R_{00}$ . Различие популяций наблюдалось по частотам инверсионных генотипов в  $3R$  хромосоме: в популяции г. Красноярск преобладали комары с вариантом  $3R_{00}$ , а в популяции г. Гусиноозёрск – с вариантом  $3R_{11}$ . По хромосоме  $3L$  в популяциях г. Красноярск доминировали особи с хромосомным вариантом  $3L_{00}$ , а г. Гусиноозерск – с вариантом  $3L_{11}$ . В выборках г. Красноярск обнаружены малярийные комары *An. beklemishevi*. Частотное распределение инверсионных генотипов в изученной части ареала *An. messeae* остаётся неизменным в течение длительного времени.

**Ключевые слова:** инверсионный полиморфизм; малярийные комары; *Anopheles*.

### Введение

Многочисленные цитогенетические исследования представителей отряда Diptera показали, что распространённой формой хромосомного полиморфизма популяций в данной систематической группе является полиморфизм по парацентрическим инверсиям [1–3]. Сезонная цикличность и клинальное распределение частот инверсий по ареалам полиморфных видов двукрылых насекомых служат доказательством адаптивной роли инверсионного полиморфизма в природе [4–8].

Малярийные комары *Anopheles* комплекса *maculipennis* являются удобным объектом для цитогенетических исследований. Этот комплекс включает девять видов, в том числе вид *Anopheles messeae* Fall., который имеет огромный ареал и населяет почти всю бореальную область Палеарктики. *An. messeae* относится к полиморфным видам и имеет пять инверсий, широко распространённых по ареалу в гомо- и гетерозиготном состояниях [9–10]. Частоты инверсий в популяциях *An. messeae* связаны с климатическими и экологическими условиями обитания комаров и имеют клинальный характер, что позволяет сделать вывод о важной роли инверсий в видовой системе генетической адаптации этих насекомых [9–10].

В последние несколько лет появились сведения об изменении границ видового ареала и частот инверсий в популяциях комаров комплекса *maculipennis*. Исследователи связывают подобные изменения с потеплением климата [11–12]. На наш взгляд, приведенная в литературе информация недостаточна для оценки воздействия глобального изменения температуры на структуру популяций малярийных комаров. Малярийный комар *An. messeae* с его обширным ареалом и подробно изученным инверсионным полиморфизмом чрезвычайно удобен для этих целей. Популяционно-генетический анализ этого вида необходимо проводить, охватывая популяции всего видового ареала, а также в сравнении с ранее проведенными исследованиями.

Целью настоящей работы является сравнительный цитогенетический анализ инверсионного полиморфизма малярийных комаров *An. messeae* из нескольких географически разобщенных природных популяций восточной части ареала вида.

### Материалы и методики исследования

В настоящей работе проведен цитогенетический анализ природных популяций малярийных комаров *An. messeae* следующих географических районов: Красноярский край (две популяции), Иркутская область, Республика Бурятия. Места сбора, дата и объем выборок малярийных комаров представлены в таблице.

Место, дата сбора и объем выборок малярийных комаров

Место сбора	Дата сбора	Число изученных особей, экз.
Красноярский край (г. Красноярск) с. Старцево (№ 1) п. Емельяново (№ 2)	04.08.2008	5
	05.08.2008	8
Иркутская область, ст. Вересовка (г. Иркутск)	08.08.2008	73
Республика Бурятия (г. Гусиноозёрск)	09.08.2008	43

Выборки малярийных комаров из Красноярского края были объединены, так как не имели статистически значимых отличий ( $p < 0,05$ ) по частотам инверсионных генотипов всех хромосом.

Для проведения цитогенетического анализа фиксировали яичники на 2–4-й стадии развития по Cella [13]. Препараты политенных хромосом готовили по стандартной лактоацетоорсеиновой методике [2] и анализировали под микроскопом Axiostar plus («Zeiss», Германия). Цитогенетическую диагностику видов и обозначение инверсий проводили с использованием стандартных карт политенных хромосом [6, 10, 14].

Статистическая обработка и построение графиков выполнены в программе Statsoft Statistica for Windows 6.0. Статистическую значимость отличий оценивали с помощью t-критерия Стьюдента и теста Манна–Уитни. Данные на рис. 1 представлены в виде частот особей с указанием ошибки доли выборочности.

### Результаты исследований и обсуждение

В четырех выборках малярийных комаров были найдены особи, принадлежащие к двум видам: *An. messeae* и *An. beklemishevi*. Причем *An. bek-*

*lemishevi* был обнаружен только в выборке г. Красноярска, где проходит восточная граница его ареала [14–15]. *An. messeae* обнаружен во всех выборках, результат анализа распределения частот инверсионных генотипов этого комара представлен на рис. 1.

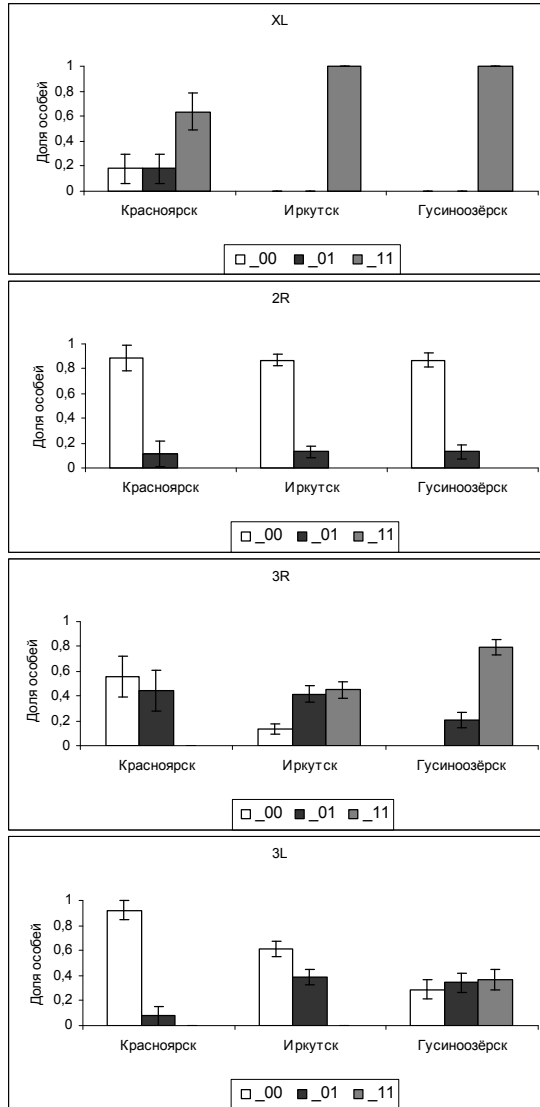


Рис. 1. Распределение частот инверсионных генотипов в природных популяциях *An. messeae*: 00, 01, 11 – инверсионные генотипы; XL, 2R, 3R, 3L – хромосомы

В популяциях г. Красноярска (№ 1, № 2) выявлено три инверсионных генотипа: XL<sub>00</sub>, XL<sub>01</sub> и XL<sub>11</sub>. Особи с генотипом XL<sub>11</sub> преобладали с частотой 64%. В популяциях гг. Иркутска и Гусиноозерска все комары имели генотип XL<sub>11</sub>. По

хромосоме 2R в четырех популяциях распределение частот генотипов было сходным: доминировали особи с генотипом 2R<sub>00</sub> (88–90%), около 10% имели генотип 2R<sub>01</sub>, в то время как комаров с 2R<sub>11</sub> не было ни в одной выборке (см. рис. 1). По 3R наблюдали замещение альтернативных гомозигот в долготном направлении. В западных популяциях (Красноярск (№ 1, № 2)) кариотип 3R<sub>11</sub> отсутствует, тогда как в восточной популяции (г. Гусиноозёрск) этот вариант представлен уже у 80% особей (см. рис. 1). В популяциях гг. Красноярска и Иркутска по 3L хромосоме преобладает генотип 3L<sub>00</sub>, при этом в г. Иркутске доля гетерозигот 3L<sub>01</sub> значительно больше (рис. 1). В популяции г. Гусиноозёрска представлены все инверсионные генотипы по 3L хромосоме. Генотип 3L<sub>11</sub>, не обнаруженный в популяциях гг. Красноярска и Иркутска, в г. Гусиноозёрске составляет 36%. Анализ цитогенетических данных выявил статистические отличия популяций *An. messeae* только по частотам инверсий в третьей хромосоме. Так, по 3R хромосоме отличаются популяции гг. Иркутска и Гусиноозёрска, а по 3L хромосоме – популяции г. Красноярска от популяций гг. Иркутска и Гусиноозёрска.

Полученные результаты в целом согласуются с исследованиями, проведенными в 1970-х гг., когда в западной части ареала преобладали гомозиготы XL<sub>00</sub>, а в восточной – XL<sub>11</sub>; в центральных и южных популяциях доминировали гомозиготы 2R<sub>00</sub>; по инверсии 3R<sub>1</sub> с запада на восток ареала наблюдалось постепенное замещение гомозигот 3R<sub>00</sub> на 3R<sub>11</sub>; гомозиготы 3L<sub>00</sub> и гетерозиготы 3L<sub>01</sub> преобладали в большей части изученных популяций, но к северу и востоку ареала увеличивалась доля гомозигот 3L<sub>11</sub> [9–10].

Таким образом, частотное распределение инверсионных вариантов устойчиво во времени, что позволяет утверждать о стационарности видового карิโอфонда *An. messeae* в восточной части ареала.

### Литература

1. Keyl H.G. Chromosomenevolution bei *Chironomus*. Chromosomenumbauten und phylogenetische Beziehungen der Arten // Chromosoma. 1962. Vol. 13. P. 464–495.
2. Кабанова В.М., Карташова Н.Н., Стегний В.Н. Кариологическое исследование природных популяций малярийного комара в Среднем Приобье. Сообщение I. Характеристика кариотипа *Anopheles maculipennis messeae* // Цитология. 1972. Т. 14, № 5. С. 630–636.
3. Чубарева Л.А. Хромосомный полиморфизм в природных популяциях кровососущих мошек и некоторых других двукрылых насекомых // Цитология. 1974. Т. 6, № 3. С. 267–280.
4. Дубинин Н.Д., Тиняков Г.Г. Климат и распространение инверсий по ареалу вида *Drosophila funebris* // Доклады АН СССР. 1947. Т. 56, № 9. С. 965–968.
5. Dobzhansky Th. Genetics of natural populations. XXVII. The genetic changes in populations of *Drosophila pseudoobscura* in America southwest Evolution // Genetics. 1958. Vol. 44. P. 280–293.
6. Стегний В.Н., Кабанова В.М., Новиков Ю.М. Кариотипические исследования малярийного комара // Цитология. 1976. Т. 18, № 6. С. 760–766.
7. Плешкова Г.Н., Стегний В.Н., Новиков Ю.М., Кабанова В.М. Инверсионный полиморфизм малярийного комара *Anopheles messeae*. Сообщение III. Временная динамика концентраций инверсий в популяции центра ареала // Генетика. 1978. Т. 14, № 12. С. 2169–2176.
8. Перевозкин В.П. Научно-практическое руководство по малярии. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2007. С. 105.
9. Стегний В.Н., Кабанова В.М., Новиков Ю.М., Плешкова Г.Н. Инверсионный полиморфизм малярийного комара *Anopheles messeae*. Сообщение I. Распространение инверсий по ареалу вида // Генетика. 1976. Т. 12, № 4. С. 47–55.

10. Стегний В.Н. Инверсионный полиморфизм малярийного комара *Anopheles messeae*. Сообщение IV. Стационарность частотного распределения инверсий по ареалу вида // Генетика. 1983. Т. 19, № 3. С. 466–473.
11. Новиков Ю.М. Эффекты глобального потепления: направленная динамика пропорции вида *Anopheles* и цитогенетическая структура таксона *Anopheles messeae* Fall Западной Сибири // Материалы научных чтений «Проблемы эволюционной цитогенетики, селекции и интродукции». Томск: Изд-во Том. ун-та, 1997. С. 39.
12. Маркович Н.Я. Реакция биоты на потепление климата в Европе // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2003. Т. 15. С. 23–26.
13. Руководство по медицинской энтомологии / Под ред. В.П. Дербенева-Уховой. М.: Медицина, 1974. 360 с.
14. Стегний В.Н., Новиков Ю.М., Кабанова В.М. Цитогенетический анализ и распространение малярийного комара *Anopheles beklemishevi* // Зоологический журнал. 1978. Т. 57, № 6. С. 871–876.
15. Стегний В.Н. Популяционная генетика и эволюция малярийных комаров. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1991. С. 135.

Поступила в редакцию 15.02.2011 г.

Antonina M. Rusakova<sup>1</sup>, Gleb N. Artemov<sup>1</sup>, Vladimir N. Stegny<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Biology and Biophysics of Tomsk State University, Tomsk, Russia

<sup>2</sup>Biological Institute of Tomsk State University, Tomsk, Russia

#### THE INVERSION POLYMORPHISM OF NATURAL POPULATIONS OF MALARIAL MOSQUITO *Anopheles messeae* IN EAST PART OF A SPECIFIC AREAL

In the present study the cytogenetic investigation of four *Anopheles messeae* natural populations (two from Krasnoyarsk region, one from Irkutsk region and one from Gusinoozersk in Buryat Republic) in east species areal has been conducted. The two sample species from Krasnoyarsk region have been united in one since they had no statistically significant differences ( $p < 0,05$ ) of frequency of inversion genotypes of all chromosomes. For cytogenetics analysis the lactoaceto-orsein preparations of polytenic chromosomes of ovarian's nurse cells have been made. For cytogenetics diagnostics of species and identification of inversions the standard maps of polytene chromosomes were used. Statistical significance of differences was estimated by means of a Student's *t*-test and Mann-Whitney *U*-test by using Statistica 6.0. The results of the research of four samples presented in the given work have shown the presence of *An. beklemishevi* and *An. messeae*. The *An. beklemishevi* has been only found in samples of Krasnoyarsk, where eastern boundary of its areal passes. The *An. messeae* has been found in all samples. In Krasnoyarsk populations three variants of inversions genotypes:  $XL_{00}$ ,  $XL_{01}$  и  $XL_{11}$  have been revealed. The  $XL_{11}$  variant prevailed (64%). In Irkutsk and Gusinoozersk populations all individuals have  $XL_{11}$  chromosome genotype. Frequency distribution of inversion genotypes of chromosome 2 in four populations was similar:  $2R_{00}$  were predominating in all populations. The  $2R_{11}$  were not observed. Replacement of alternative homozygotes at 3R in a longitudinal direction was observed. In the western populations (Krasnoyarsk) the karyotype  $3R_{11}$  is absent, whereas in east population (Gusinoozersk) this variant is presented with 80 % of individuals.  $3L_{00}$  predominate in Krasnoyarsk and Irkutsk populations, but in Irkutsk a share of  $3L_{01}$  heterozygote is much more. In population of Gusinoozersk all inversion genotypes of 3L chromosome are presented. The  $3L_{11}$  genotype, which is not found in populations of Krasnoyarsk and Irkutsk, in Gusinoozersk was 36 %. The analysis of the cytogenetic data has revealed statistical differences of populations *An. messeae* only on frequencies of inversions in the third chromosome. Populations of Irkutsk and Gusinoozersk differ on 3R chromosome. Population of Krasnoyarsk differs from Irkutsk and Gusinoozersk population on 3L chromosome.

**Key words:** inversion polymorphism; malarial mosquito; *Anopheles messeae*.

Received February 15, 2011