

УДК 575.174.015.3, 575.1

DOI: 10.18384/2310-7189-2015-5-26-33

**Москаев А.В., Гордеев М.И.***Московский государственный областной университет***ХРОМОСОМНЫЙ СОСТАВ МАЛЯРИЙНЫХ КОМАРОВ ШУМИХИНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗООЛОГИЧЕСКОГО ЗАКАЗНИКА (КУРГАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)\***

*Аннотация.* Исследован хромосомный состав малярийных комаров (Diptera, Culicidae, Anopheles) Шумихинского государственного природного зоологического заказника и других местообитаний на юге Западно-Сибирской равнины. Во всех местообитаниях найден только один вид малярийных комаров – *An. messeae*. В популяциях этого вида преобладали комары с «южными» инверсиями  $XL_1$ ,  $XL_0$ ,  $2R_0$ ,  $3R_0$  и  $3L_0$ . Популяции лесостепной зоны отличаются от популяций степной зоны снижением частот инверсий  $XL_0$ ,  $3R_1$  и  $3L_1$ . Обсуждается приуроченность хромосомного полиморфизма к различным ландшафтно-климатическим зонам Западной Сибири.

*Ключевые слова:* хромосомный полиморфизм, малярийные комары (*Anopheles*), генетика популяций, зоологический заказник.

**A. Moskaev, M. Gordeev***Moscow State Regional University***CHROMOSOMAL STRUCTURE OF MALARIA MOSQUITOES IN SHUMIKHINSKY STATE NATURAL ZOOLOGICAL RESERVE (KURGAN OBLAST)**

*Abstract.* The chromosomal structure of malaria mosquitoes (Diptera, Culicidae, Anopheles) in the Shumikhinsky State Natural Zoological Reserve and in other localities of the south of the West Siberian Plain is studied. Only one species of mosquito *An. messeae* has been found in all habitats. Mosquitoes with “southern” inversions  $XL_1$ ,  $XL_0$ ,  $2R_0$ ,  $3R_0$  and  $3L_0$  have prevailed in the populations of this species. Populations of forest-steppe zone differ from the populations of the steppe zone by the reduced frequency of inversions  $XL_0$ ,  $3R_1$  and  $3L_1$ . The association of chromosomal polymorphism with various landscape-climatic zones of Western Siberia has been discussed.

*Key words:* chromosomal polymorphism, malaria mosquitoes, *Anopheles*, inversions, population genetics, zoological reserve.

Заказники – охраняемые природные территории, на которых, в отличие от заповедников, под охраной находятся отдельные компоненты природного ком-

© Москаев А.В., Гордеев М.И., 2015.

\* Работа частично финансировалась по гранту Президента Российской Федерации №МК-241.2014.4, гранту Российского фонда фундаментальных исследований №13-04-01870а и гранту РФФИ №14-04-31069мол\_а.

плекса: либо растения, либо животные, либо отдельные историко-мемориальные или геологические объекты. Государственными природными заказниками являются территории, имеющие особое значение для сохранения или восстановления природных комплексов или их компонентов и поддержания экологического баланса. В лесостепной зоне Западно-Сибирской равнины создано 47 особо охраняемых природных территорий (ООПТ) общей площадью 33 078,03 км<sup>2</sup>. В Курганской области имеются – заказник федерального значения «Курганский» площадью 41,5 тыс. га, а также 16 зоологических заказников и 2 ландшафтных заказника регионального значения общей площадью 407,38 тыс. га [2; 9; 10]. Помимо природоохранных мероприятий, на территориях государственных природных заказников проводится широкий спектр научных исследований, в том числе изучают биоразнообразие, состояние экосистем, экологическую и генетическую структуру популяций определенных видов.

Шумихинский государственный природный зоологический заказник находится в одноименном районе на западе Курганской области. Заказник был создан в целях охраны и воспроизводства ресурсов охотничьих животных и среды их обитания и находится в ведении Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Курганской области<sup>1</sup>. Поверхность территории заказника имеет уклон в

<sup>1</sup> Положение о Шумихинском государственном природном зоологическом заказнике утверждено Постановлением Администрации Курганской области от 20 августа 1999 г. № 454 «Об утверждении Положений о государственных природных заказниках Курганской области» (в ред. Постановления Правительства Курганской области от 25 мая 2009 г. № 260).

сторону Миасса, расчленена долинами малых рек и логами. Растительный покров заказника характерен для зауральской лесостепи. Наиболее типичны открытые ландшафты пахотных и залежных земель, перемежающиеся с мелколиственными лесами, мелководными озерами, низинными болотами и солонцовыми лугами. Рельеф равнинный, всхолмленный вдоль р. Миасс и его малых притоков: рек Каменка и Кушма. На береговых террасах развиты овражно-балочные процессы. На территории заказника выявлено 510 дикорастущих видов сосудистых растений. Животный мир заказника изучен недостаточно. По предварительным данным, в заказнике обитают 35 видов млекопитающих, 110 видов птиц, 4 вида пресмыкающихся и 3 вида земноводных. Основными объектами охраны служат сибирская косуля, лось, тетерев, барсук [3; 9].

Большое научное значение имеет изучение энтомофауны ООПТ, включая особенно важные в эпидемиологическом отношении виды кровососущих двукрылых насекомых, которые служат существенными компонентами природных экосистем. К таким видам относятся малярийные комары рода *Anopheles* (**Diptera, Culicidae**). Особенностью малярийных комаров является наличие видов-двойников, для выявления которых используют цитогенетический и молекулярно-генетические методы диагностики. До настоящего времени цитогенетический анализ видов-двойников малярийных комаров в Курганской области не проводили.

Целью данной работы было изучение видового и хромосомного состава малярийных комаров, обитающих на территории Шумихинского государ-

ственного природного зоологического заказника. В задачи работы входило сравнение кариотипической структуры популяций малярийных комаров Шумихинского заказника с популяциями из других регионов лесостепной и степной зон Западно-Сибирской равнины.

Материалом для работы послужили выборки личинок IV возраста *Anopheles*, отловленных в типичных местах вылова малярийных комаров и фиксированных в спирт-уксусной смеси (3:1). В работе были использованы выборки из следующих местообитаний: 1) 28.07.14 г.; пруд в окрестностях с. Забродино, Шумихинский район Курганской области (Шумихинский государственный природный зоологический заказник; число особей  $n=104$ ); 2) 27.07.14 г.; оз. Черное, Кетовский район Курганской области (окрестности г. Кургана;  $n=102$ ); 3) 20.06.93 г.; водохранилище р. Аксу, окрестности пос. Аксу Акмолинской области, Республика Казахстан ( $n=28$ ); 16-26.09.92 г.; пруд в г. Павлодаре, Республика Казахстан ( $n=56$ ). Видовой состав малярийных комаров определяли по морфологическим признакам [6; 7], а также по рисунку дисков политенных хромосом. Из слюнных желез личинок готовили временные препараты политенных хромосом по стандартной лактоацеторсеиновой методике [11]. В кариотипах полиморфного вида *An. messeae* регистрировали гомо- и гетерозиготы по парацентрическим инверсиям [13]. Определяли частоты инверсий в популяциях *An. messeae*. Всего были изучены кариотипы 290 личинок.

В результате морфологического и цитогенетического анализа личинок было установлено, что в Шумихинском государственном природном зоологическом заказнике обитает только

один вид малярийных комаров – *An. messeae* Falleroni, 1926. То же самое наблюдается и в других изученных нами местообитаниях лесостепной и степной зон Западно-Сибирской равнины. Известно, что в Западной Сибири встречаются два вида комаров рода *Anopheles*: *An. messeae*, *An. beklemishevi* Stegny et Kabanova, 1976 [12]. По нашему мнению, ареал *An. beklemishevi* ограничен таежной зоной, за исключением горных районов, где хорошо выражена вертикальная поясность.

Анализ хромосомного состава личинок *An. messeae*, собранных в окрестностях с. Забродино Шумихинского района и в оз. Черное в Кетовском районе Курганской области, показал, что для популяций лесостепной зоны Западно-Сибирской равнины характерна высокая частота инверсий, доминирующих на юге видовой ареала. В популяциях преимущественно встречаются гомо- и гетерозиготы по инверсиям:  $XL_1$ ,  $XL_0$ ,  $2R_0$ ,  $3R_0$ ,  $3L_0$  (табл. 1). Доля комаров с инверсией  $XL_2$ , считающейся эндемичной для Западной Сибири, не превышала 2,2% у самцов. Отмечена низкая частота гомо- и гетерозигот по инверсии  $2R_1$  и, напротив, высокая гетерозиготность по инверсиям  $XL_0$ ,  $3R_1$ ,  $3L_1$ . В целом, обе изученные популяции в Курганской области демонстрируют сходство кариотипической структуры и соответствуют по хромосомному составу комарам юго-востока Русской равнины [4].

Популяции малярийного комара *An. messeae*, обитающие в степной зоне на юго-востоке Западно-Сибирской равнины (Северный Казахстан), значительно отличаются от популяций Курганской области по составу хромосом  $XL$ ,  $3R$  и  $3L$  при том же наборе инверсий (рис. 1-3). Установлено, что в

популяциях степной зоны снижена частота инверсии  $XL_1$ , главным образом, за счет уменьшения доли гомозигот  $XL_{11}$  у самок (рис. 1;  $\chi^2=32,1$ ; число степеней свободы  $df=2$ ;  $p<0,001$ ). Кроме

того, в степной зоне отмечено резкое увеличение частот аутосомных инверсий  $3R_1$  и  $3L_1$  (рис. 2-3;  $\chi^2=238,7$  и  $231,1$  соответственно;  $df=1$ ;  $p<0,001$ ).

Таблица 1

**Хромосомный состав популяций малярийного комара *An. messeae* в лесостепной и степной зонах Западно-Сибирской равнины**

Хромосомные варианты	Частоты хромосомных вариантов, $f \pm s_p$ , %			
	Лесостепная зона (Курганская область)		Степная зона (Северный Казахстан)	
	с. Забродино, (Шумихинский заказник)	оз. Черное Кетовского района	пос. Аксу, Акмолинской области	г. Павлодар
Самцы, n	46	58	15	21
$XL_0$	28,3±6,6	31,0±6,1	13,3±8,8	42,9±10,8
$XL_1$	69,6±6,8	69,0±6,1	86,7±8,8	52,4±10,9
$XL_2$	2,2±2,2	0	0	4,7±4,7
Самки, n	58	44	13	35
$XL_{00}$	5,2±2,9	6,8±3,8	0	25,7±7,4
$XL_{01}$	32,7±6,2	20,5±6,1	53,9±14,0	34,3±8,0
$XL_{11}$	62,1±6,4	72,7±6,7	46,1±14,0	14,3±5,9
$XL_{12}$	0	0	0	22,9±7,1
$XL_{02}$	0	0	0	2,8±2,8
Оба пола, n	104	102	28	56
$2R_{00}$	97,1±1,6	90,2±2,9	92,8±4,9	94,6±3,0
$2R_{01}$	1,9±1,3	9,8±2,9	3,6±3,5	5,4±3,0
$2R_{11}$	1,0±1,0	0	3,6±3,5	0
$2L_{00}$	100	100	100	100
$3R_{00}$	66,4±4,6	58,8±4,9	0	0
$3R_{01}$	28,8±4,4	31,4±4,6	7,1±4,9	19,6±5,3
$3R_{11}$	4,8±2,1	9,8±2,9	92,9±4,9	80,4±5,3
$3L_{00}$	76,9±4,1	93,1±2,5	25,0±8,2	7,1±3,4
$3L_{01}$	21,2±4,0	15,7±3,6	7,1±4,9	35,7±6,4
$3L_{11}$	1,9±1,3	1,0±1,0	67,9±8,8	57,2±6,6

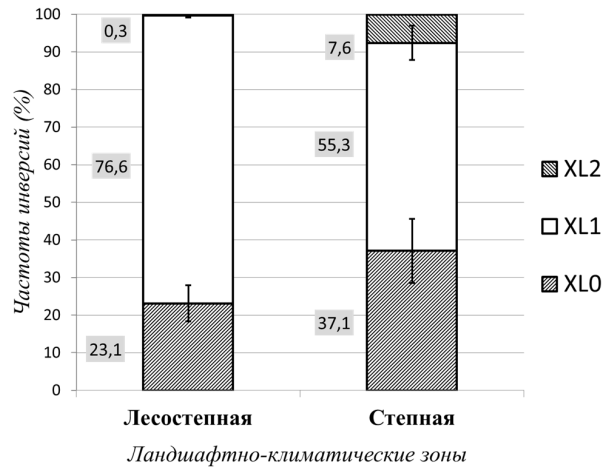


Рис. 1. Частоты инверсий половой хромосомы XL в популяциях малярийного комара *An. messeae* в лесостепной и степной зонах Западно-Сибирской равнины.

По характеру хромосомной изменчивости все изученные популяции лесостепной и степной зон юга Западно-Сибирской равнины относятся к популяциям центра видového ареала. Для них характерна высокая гетерозиготность по инверсиям как половой хромосомы, так и аутосом. Основное отличие комаров лесостепной и степной зон от популяций таежной зоны

связано с изменчивостью по хромосоме 2R: в таежной зоне наблюдается высокая частота гомо- и гетерозигот по инверсии 2R<sub>1</sub> [13]. С другой стороны, в краевых популяциях на границе видového ареала в Средней Азии (долина реки Чу, побережье оз Иссык-Куль) наблюдается полная гомозиготность по инверсии XL<sub>1</sub> при наличии изменчивости по хромосомам 3R и 3L [5].

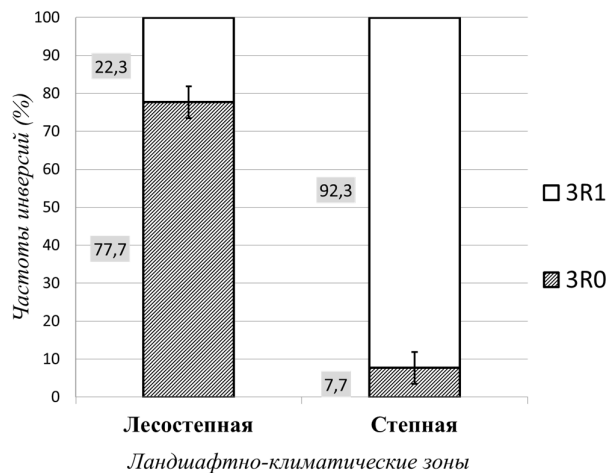


Рис. 2. Частоты инверсий хромосомы 3R в популяциях малярийного комара *An. messeae* в лесостепной и степной зонах Западно-Сибирской равнины.

Полученные данные однозначно свидетельствуют о ландшафтной приуроченности хромосомного полиморфизма у *An. messeae*. Малярийные комары, обитающие на территории Шумихинского государственного природного зоологического заказника, имеют хромосомный состав, типич-

ный для всей лесостепной ландшафтно-климатической зоны Западной Сибири, и, в этом смысле, заказник способствует сохранению экосистем этой зоны со всеми их компонентами и исторически сложившейся генетической структурой популяций массовых видов.

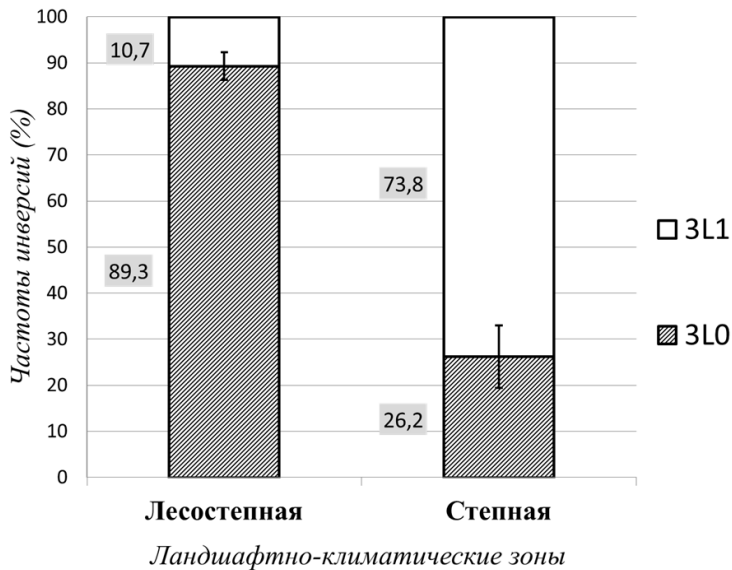


Рис. 3. Частоты инверсий хромосомы 3L в популяциях малярийного комара *An. messeae* в лесостепной и степной зонах Западно-Сибирской равнины.

Заслуживает отдельного обсуждения эпидемиологическая обстановка на юге Западно-Сибирской равнины в связи с наличием природных популяций комаров – переносчиков малярии. В лесостепной зоне Западной Сибири преобладают равнины с гривно-лощинным рельефом и множеством заболоченностей, в которых имеются благоприятные места для выплода малярийных комаров. К ним относится большое количество неглубоких хорошо прогреваемых водоемов, в которых при оптимальных летних температурах развивается до 4-5 летних генера-

ций комаров [8]. Значительное число выплотившихся гоноактивных самок достигает эпидемиологически опасных возрастов после прохождения не менее 4 гонотрофических циклов. В современных условиях в южных лесостепных районах регистрируются высокие показатели численности имаго малярийных комаров. Например, в водоемах на юге Новосибирской области даже в периоды недостаточной увлажненности плотность личиночных фаз может достигать до 102,9 экз./м<sup>2</sup>. В отдельные годы плотность личинок *Anopheles* в береговой зоне по-

стоянных водоемов может достигать 200 экз./м<sup>2</sup>. Летние учеты численности имаго малярийных комаров на дневках на территории Карасукского района Новосибирской области показали, что в период 2006-2009 гг. плотность имаго достигала 46-62 экз./м<sup>2</sup> [14]. Увеличение численности малярийных комаров отмечено в ряде северных областей Республики Казахстан. В результате районирования территории Казахстана по степени риска восстановления малярии к регионам с высокой степенью риска отнесены Западно- и Восточно-Казахстанская области, города Астана и Караганда. К регионам со средней степенью риска отнесена Павлодарская область [1].

Несмотря на большие успехи в реализации Региональной стратегии элиминации малярии в Европейском регионе Всемирной Организации Здравоохранения на 2006-2015 гг. [12], существует вероятность завоза малярии в южные регионы Западной Сибири. Увеличению риска возобновления малярии способствует растущая глобализация экономики, а также прогрессирующее потепление климата, которое приводит к увеличению сезона передачи и увеличению числа возможных циклов спорогонии у малярийных плазмодиев. По-прежнему остается актуальной задача мониторинга состояния популяций комаров – переносчиков малярии в южных регионах Азиатской части России, отнесенных к зоне умеренного риска передачи малярии<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> См.: Малярийные комары и борьба с ними на территории Российской Федерации: метод. указания (МУ 3.2.974-00, утв. Гл. гос. санитар. врачом РФ 16 мая 2000 г.)

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Бисмилдин Ф.Б., Шапиева Ж.Ж., Анпилова Е.Н. Современная ситуация по малярии в республике Казахстан // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. – 2001. – № 1. – С. 24-32.
2. Гашева Н.А. К изучению рода *Salix* L. на особо охраняемых природных территориях лесной зоны Западной Сибири // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2011. – № 11. – С.19-29.
3. Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР: Азиатская часть. – М.: Географгиз, 1963. – 572 с.
4. Гордеев М.И., Безжонова О.В., Москаев А.В. Хромосомный полиморфизм в популяциях малярийного комара *Anopheles messeae* (Diptera, Culicidae) на юге Русской равнины // Генетика. – 2012. – Т. 48 (№ 9). – С. 1124-1128.
5. Гордеев М.И., Сибатаев А.К. Цитогенетическая и фенотипическая изменчивость в центральных и периферийных популяциях малярийного комара *Anopheles messeae* Fall. (Diptera, Culicidae) // Генетика. – 1996. – Т. 32 (№ 9). – С. 1199-1205.
6. Гуцевич А.М., Мончадский А.С., Штакельберг А.А. Комары. Семейство Culicidae [Фауна СССР. Двукрылые (III. Вып. 4)]. – Л.: Наука, 1970. – 384 с.
7. Званцов А.Б., Ежов М.Н., Артемьев М.М. Переносчики малярии (Diptera, Culicidae, *Anopheles*) Содружества Независимых Государств (СНГ). – Копенгаген: ВОЗ, 2003. – 312 с.
8. Кухарчук Л.П. Экология кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) Сибири. – Новосибирск: Наука, 1981. – 232 с.
9. Науменко Н.И., Зырянов А.В., Огнева Н.А. Особо охраняемые природные территории Курганской области. – Курган: Зауралье, 2001. – 150 с.
10. Никольский А.А., Румянцев В.Ю. Зональная репрезентативность системы природных заповедников РФ // Научные аспекты экологических проблем

- России: труды всеросс. конф. памяти А.Л. Яншина [Т. 1]. – М.: Наука, 2002. – С. 160-165.
11. Перевозкин В.П. Адаптивный полиморфизм малярийных комаров комплекса *Anopheles maculipennis* // Научно-практическое руководство по малярии (эпидемиология, систематика, генетика). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2007. – С.105-145.
  12. Региональная стратегия: от борьбы к элиминации малярии в Европейском регионе ВОЗ (2006-2015 гг.). – Копенгаген: Европ. регион. бюро ВОЗ, 2006. – 44 с.
  13. Стегний В.Н. Популяционная генетика и эволюция малярийных комаров. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1991. – 136 с.
  14. Юрченко Ю.А. Малярия и малярийные комары (*Anopheles*, *Culicidae*) Новосибирской области // Сибирский экологический журнал. – 2010. – Т. 17 (№ 5). – С. 733-737.