

УДК 574.3, 595.771

## **ВИДОВОЙ СОСТАВ И КАРИОТИПИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ МАЛЯРИЙНЫХ КОМАРОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ВАЛДАЙСКИЙ»\***

**А.В. Москаев<sup>1</sup>, М.И. Гордеев<sup>1</sup>, В.И. Николаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Московский государственный областной университет, Москва

<sup>2</sup>Национальный парк «Валдайский», Новгородская область

Впервые для территории национального парка «Валдайский» (Новгородская обл.) проведены исследования популяционно-генетической структуры 3 близкородственных видов комаров рода *Anopheles*: *A. beklemishevi*, *A. maculipennis*, *A. messeae*. Выявлена приуроченность данных видов к личиночным биотопам разного типа. Наибольший уровень хромосомного полиморфизма отмечен у комара *A. messeae*. По характеру хромосомной изменчивости популяции *A. messeae* Валдайской возвышенности относятся к популяциям центра видового ареала этого вида.

**Ключевые слова:** малярийные комары, биотопическое распределение, встречаемость, популяционно-генетическая структура, национальный парк «Валдайский».

В условиях глобального потепления климата и угрозы возникновения трансмиссивных заболеваний человека особую актуальность приобретают исследования прогрессирующей динамики популяций и ареалов целого ряда видов малярийных комаров. Особое значение эти данные имеют для национальных парков с большой концентрацией отдыхающих на водоемах людей, входящих в зону риска проявления малярии.

В данной работе подводятся первые итоги изучения близких видов малярийных комаров в пределах национального парка «Валдайский» (Новгородская обл.), выполненные в период 2009-2012 гг. В качестве объекта исследований были выбраны процветающие виды комаров рода *Anopheles*, для которых антропогенная трансформация ландшафтов создает благоприятные условия существования, способствует увеличению численности и расширению экологических ниш. Особенности генетической структуры этих видов обеспечивают им высокую экологическую пластичность и позволяют быстро адаптироваться к новой среде.

Анализ популяционно-генетической структуры близкородственных видов комаров рода *Anopheles* с их исторически

---

\* Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант №13-04-01870-а)

сложившимся генетическим разнообразием и экологической подразделенностью, позволяет оценивать механизмы воспроизводства популяций и направления трансформации этих популяций в процессе резких изменений среды.

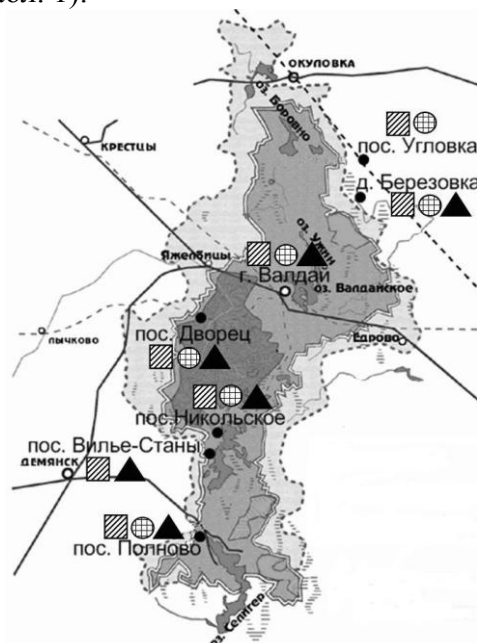
Рабочей гипотезой нашей работы является представление о политипическом виде как многоуровневой популяционной системе, закономерно организованной в пространстве ареала. Нижний уровень популяционно-видовой структуры представлен локальными популяциями. Генетический состав этих популяций различен в центре и на периферии ареала. Периферийные популяции соответствуют по составу узкоспециализированным видам. В центре ареала, напротив, популяции политипических видов состоят из генетически различающихся и экологически подразделенных внутривидовых группировок. Для полиморфных видов малярийных комаров отмечен клинальный характер хромосомного полиморфизма (Стегний, 1991), устойчивое сохранение высокого генетического разнообразия в центре ареала и высокая стабильность структуры совокупности популяционных кластеров на фоне варибельности локальных популяций.

Цель данной работы – изучение географического распространения и кариотипической структуры популяций видов-двойников малярийных комаров. В задачи работы входило определение видового состава малярийных комаров в личиночных местообитаниях национального парка «Валдайский», определение индексов доминирования, биотопической подразделенности совместно обитающих видов, оценка характера и уровня хромосомной изменчивости в популяциях.

Выборки личинок малярийных комаров были получены в двенадцати биотопах Валдайской возвышенности, в пределах национального парка «Валдайский» и на сопредельных территориях Новгородской обл. Для Валдайской возвышенности характерно чередование крупных моренных холмов и озерных котловин (оз. Селигер, оз. Валдайское, оз. Велье), сформированных в ходе позднеплейстоценового оледенения Восточно-Европейской равнины (70–11 тыс. лет назад) (Бондарь, Сысуев, 2010). Сами по себе моренные озера не служат местами выплода малярийных комаров. Однако в их прибрежной зоне имеются болотистые участки и временные водоемы, в которых развиваются личинки *Anopheles*. Нами были обследованы личиночные биотопы малярийных комаров в окрестностях Валдайского озера, оз. Велье, оз. Селигер, оз. Ужин.

В результате цитогенетического анализа личинок было установлено, что на территории Валдайской возвышенности обитают 3 вида-двойника комплекса *Anopheles maculipennis*: *A. beklemishevi*, *A. maculipennis*, *A. messeae* (рис. 1).

Обнаружена приуроченность видов к личиночным биотопам разного типа. Изученные местообитания значительно отличались по индексу доминирования видов ( $p < 0,001$ ). В 6 из 12 выборок присутствовали комары всех трех видов. В 8 биотопах доминировал *A. messeae*, в 3 биотопах преобладал *A. maculipennis*, в 1 биотопе - *A. beklemishevi* (табл. 1).



Р и с . 1 . Распределение мест выборок личинок комаров *Anopheles* в районе национального парка «Валдайский»:  
▨ места находок личинок *A. messeae*, ⊕ места находок личинок *A. maculipennis*, ▲ места находок личинок *A. beklemishevi*,  
— граница национального парка «Валдайский»,  
--- граница охранной зоны национального парка «Валдайский»

*A. maculipennis* доминировал во временных биотопах с ограниченной площадью водного зеркала, и, как правило, с низкой плотностью личинок. Только в колее дороги в окрестностях д. Березовка наблюдали высокую численность личинок на малой площади. Отдельный биотоп с высоким индексом доминирования *A. beklemishevi* обнаружен в пос. Дворец (заболоченное русло р. Черная). В 2010 г. в условиях сильной засухи, когда пересохли все временные биотопы, этот водоем сильно обмелел, произошло уменьшение плотности личинок, и изменился индекс доминирования видов-двойников. Доминирующим видом в этом биотопе стал *A. maculipennis* и появились личинки *A. messeae*.

Наибольший уровень хромосомного полиморфизма отмечен у комара *A. messeae* (табл. 2).

Таблица 1

Географическое распространение малярийных комаров  
Валдайской возвышенности

№	Местообитание	Дата сбора	Число особей	Индекс доминирования		
				<i>A. messeae</i> , f ± s <sub>f</sub> , %	<i>A. maculipennis</i> , f ± s <sub>f</sub> , %	<i>A. beklemishevi</i> , f ± s <sub>f</sub> , %
1	Новгородская обл., г. Валдай, пруд	02.VI 2009	106	85,9±3,4	13,2±3,3	0,9±2,8
2	Новгородская обл., Валдайский р-н, пос. Дворец, заболоченность в старом русле р. Черная	01. VI 2009	39	0	5,1±3,5	94,9±3,5
3	Новгородская обл., Валдайский р-н, пос. Дворец, канава у дороги	01.VI 2009	49	0	98,0±2,0	2,0±2,0
4	Новгородская обл., г. Валдай, пруд	28.VI 2010	82	93,9±2,6	2,4±1,7	3,7±2,1
5	Новгородская обл., Окуловский р-н, пос. Угловка, карьер	28.VI 2010	107	84,1±3,5	15,9±3,5	0
6	Новгородская обл., Окуловский р-н, д. Березовка, колея	28.VI 2010	114	0	100	0
7	Новгородская обл., Окуловский р-н, д. Березовка, пруд	28.VI 2010	54	75,9±5,8	20,4±5,5	3,7±2,6
8	Новгородская обл., Валдайский р-н, пос. Дворец, заболоченность в старом русле р. Черная	29.VI 2010	15	26,7±11,4	53,3±12,9	20,0±10,3
9	Новгородская обл., пос. Никольское, пруд	30.06. 2010	58	91,4±3,7	3,4±2,4	5,2±2,9
10	Новгородская обл., пос. Никольское, заболоченность	24.VI 2011	2	100	0	0
11	Новгородская обл., село Велье-Станы, пруд	24.VI. 2011	51	96,1±2,7	0	3,9±2,7
12	Новгородская обл., Демянский р-н, пос. Полново, озеро	24.VI 2011	45	73,3±6,6	4,5±3,1	22,2±6,2

В популяциях Валдайской возвышенности у этого вида выявлено 10 инверсионных последовательностей: XL<sub>0</sub>; XL<sub>1</sub>; XL<sub>5</sub>; 2R<sub>0</sub>; 2R<sub>1</sub>; 2R<sub>2</sub>; 3R<sub>0</sub>; 3R<sub>1</sub>; 3L<sub>0</sub>; 3L<sub>1</sub>. Инверсия XL<sub>5</sub> (1с-3с) выявлена впервые в виде гетерозиготы XL<sub>05</sub>. Поскольку данная инверсия возникла на основе последовательности XL<sub>1</sub>, инверсионная гетерозигота XL<sub>05</sub> формирует сложную петлю в виде восьмерки (рис. 2).

Таблица 2

Хромосомный состав личинок *Anopheles messeae*  
в районе национального парка «Валдайский»

Хромосомные варианты	Частоты хромосомных вариантов, $f \pm s_f$ , %						
	пос. Угловка, 2010 г.	д. Березовка, 2010 г.	г. Валдай, 2009 г.	г. Валдай, 2010 г.	пос. Никольское, 2010 г.	село Велье-Станы, 2011 г.	пос. Полново, 2011 г.
Самцы, n	32	19	35	47	17	23	17
XL <sub>0</sub>	50,0±8,8	52,6±11,5	40,0±8,3	38,3±7,1	52,9±12,1	65,2±9,9	47,1±12,1
XL <sub>1</sub>	50,0±8,8	47,4±11,5	60,0±8,3	61,7±7,1	47,1±12,1	34,8±9,9	52,9±12,1
Самки, n	58	22	56	30	36	26	16
XL <sub>00</sub>	31,0±6,1	40,9±10,5	16,1±4,9	43,3±9,1	13,9±5,8	38,5±9,5	18,7±9,8
XL <sub>01</sub>	24,2±5,6	27,3±9,5	8,9±3,8	26,7±8,1	22,2±6,9	42,3±9,7	31,3±11,6
XL <sub>11</sub>	43,1±6,5	31,8±9,9	75,0±5,8	30,0±8,4	63,9±8,0	19,23±7,7	50,0±12,5
XL <sub>05</sub>	1,7±1,7	0	0	0	0	0	0
Оба пола, n	90	41	91	77	53	49	33
2R <sub>00</sub>	57,8±5,2	56,1±7,6	49,4±5,2	55,8±5,7	54,7±6,8	89,8±4,3	57,6±8,6
2R <sub>01</sub>	36,7±5,1	36,6±7,5	35,2±5,0	32,5±5,3	35,9±6,6	8,2±3,9	33,3±8,2
2R <sub>11</sub>	5,5±2,4	4,9±3,4	15,4±3,8	11,7±3,7	9,4±4,0	2,0±2,0	9,1±5,0
2R <sub>02</sub>	0	2,4±2,4	0	0	0	0	0
3R <sub>00</sub>	57,8±5,2	70,7±7,1	51,6±5,2	75,3±4,9	67,9±6,4	55,1±7,1	63,6±8,37
3R <sub>01</sub>	35,5±5,0	26,9±6,9	39,6±5,1	20,8±4,6	32,1±6,4	42,9±7,1	30,3±8,0
3R <sub>11</sub>	6,7±2,6	2,4±2,4	8,8±2,9	3,9±2,2	0	2,0±2,0	6,1±4,1
3L <sub>00</sub>	93,3±2,6	95,1±3,7	84,6±3,8	94,8±2,5	90,6±4,0	100	97,0±3,0
3L <sub>01</sub>	6,7±2,6	4,9±3,7	15,4±3,8	5,2±2,5	7,5±3,6	0	3,0±3,0
3L <sub>11</sub>	0	0	0	0	1,9±1,9	0	0

Еще одна новая инверсия 2R<sub>2</sub> (7a-11a) обнаружена в выборке из д. Березовка (родниковый пруд). Как и все уникальные инверсии, эта перестройка найдена в виде гетерозиготы 2R<sub>02</sub> (рис. 3).

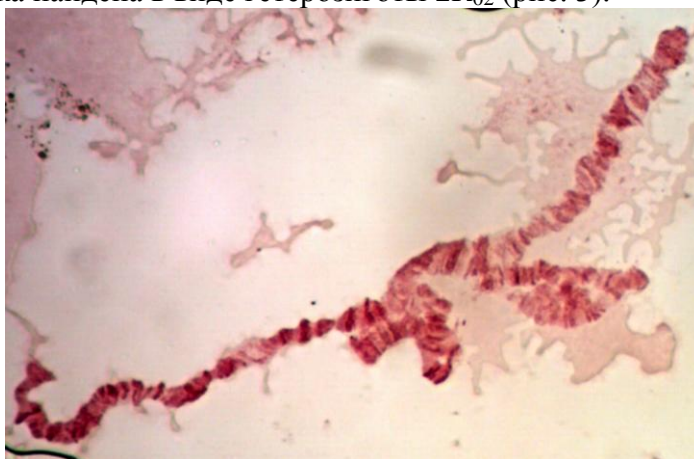


Рис. 2. Уникальная хромосомная инверсионная гетерозигота XL05

Остальные хромосомные последовательности типичны для популяций центра ареала *A. messeae* (Гордеев, Москаев, 2010; Москаев, Гордеев, 2010).

Выборки личинок *A. messeae* из местообитаний центральной части национального парка «Валдайский» (окр. оз. Ужин и оз. Валдайское) значимо не отличались по хромосомному составу. Отмечено высокое разнообразие инверсионных вариантов хромосомных плеч XL, 2R и 3R. Следует отметить, что экологические характеристики исследованных биотопов варьировали в пределах оптимума для данного вида. Единственный биотоп (родниковый пруд в пос. Березовка) отличался низким содержанием растворенного кислорода, что было обусловлено высокой сапробностью воды: пруд использовался для водопоя крупного рогатого скота. Отмечена межгодовая динамика частот хромосомных инверсий в местообитании г. Валдай. Выборки 2009 и 2010 гг. значимо отличаются по частотам инверсий половой хромосомы XL ( $\chi^2=14,9$ ,  $df=1$ ,  $p<0,001$ ); а также по соотношению инверсионных вариантов плеча 3R ( $\chi^2=10,0$ ,  $df=2$ ,  $p<0,01$ ) и плеча 3L ( $\chi^2=4,5$ ,  $df=1$ ,  $p<0,05$ ). В условиях сильной засухи в 2010 г. в популяции увеличилась доля «южных» инверсионных последовательностей XL<sub>0</sub>, 3R<sub>0</sub> и 3L<sub>0</sub>.



Рис. 3. Уникальная хромосомная инверсия 2R02

Выборки личинок *A. messeae* из более южных местообитаний национального парка «Валдайский» (окр. оз. Велье и оз. Селигер) значимо не отличались по хромосомному составу от выборок северных биотопов. Исключением является пруд в пос. Вилье-Станы, где выявлена очень низкая плотность личинок (1,5 особей на м<sup>2</sup>). В этом местообитании наблюдали повышенную частоту особей с инверсиями XL<sub>0</sub> ( $\chi^2=15,5$ ,  $df=2$ ,  $p<0,001$ ) и 2R<sub>0</sub> ( $\chi^2=16,6$ ,  $df=2$ ,  $p<0,001$ ).

По характеру хромосомной изменчивости комары Валдайской возвышенности относятся к популяциям центра видового ареала *A.*

*messeae*. Несмотря на это, эти комары значительно отличаются по хромосомному составу от популяций Московской обл. и г. Москвы. При движении на северо-запад ареала происходит увеличение доли хромосомных вариантов с инверсиями  $XL_0$  ( $\chi^2=71,0$ ,  $df=2$ ,  $p<0,001$ ),  $2R_0$  ( $\chi^2=7,9$ ,  $df=2$ ,  $p<0,05$ ) и  $3L_0$  ( $\chi^2=5,5$ ,  $df=1$ ,  $p<0,05$ ).

В целом выявленные межпопуляционные различия позволяют зонировать центр ареала *A. messeae* по характеру и уровню хромосомного полиморфизма. Различные зоны центра ареала этого вида отличаются как по распространению эндемичных инверсий, так и по частотам распространенных хромосомных перестроек. Полученные данные дают возможность рассматривать направления адаптивной радиации у палеарктических видов малярийных комаров и оценивать угрозу возникновения вспышек малярии в староосвоенных регионах средней полосы России.

#### **Список литературы**

- Бондарь Ю.Н., Сысоев В.В. 2010. Ландшафты краевой зоны Валдайского оледенения – как фактор экологической ценности и биоразнообразия Валдайского региона // Природный, культурно-исторический и туристический потенциал Валдайской возвышенности, его охрана и использование. СПб. С. 75-81.
- Гордеев М.И., Москаев А.В. 2010. Цитогенетический анализ малярийных комаров Валдайской возвышенности // Актуальные проблемы биоэкологии: сб. материалов II Междунар. науч-практ. конф. 26-28 октября 2010 г. М.: Изд-во МГОУ. С. 107-109.
- Москаев А.В., Гордеев М.И. 2010. Изучение видового и хромосомного состава малярийных комаров национального парка «Валдайский» // Природный, культурно-исторический и туристический потенциал Валдайской возвышенности, его охрана и использование. СПб. С. 185-190.
- Стегний В.Н. 1991. Популяционная генетика и эволюция малярийных комаров. Томск: Изд-во Томск. ун-та. 136 с.

### **FAUNA AND KARIOTIPIC STRUCTURE OF POPULATIONS OF MALARIA-CARRYING MOSQUITOES IN NATIONAL PARK «VALDAYSKY»**

**A.V. Moskaev<sup>1</sup>, M.I. Gordeev<sup>1</sup>, V.I. Nikolaev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Moscow State Regional University, Moscow

<sup>2</sup>Valdaysky National Park, Novgorod Region

The population-genetic structure of three closely related species of genus *Anopheles*: *A. beklemishevi*, *A. maculipennis* and *A. messeae*, inhabiting Valdaysky National Park, was studied for the first time. Mentioned species were

mostly confined to the various larval biotopes. The highest level of chromosome polymorphism was recorded for *A. messeae*. This species belongs to the groups of populations, characteristic for the center of specific areal.

**Keywords:** *malaria-carrying mosquitoes, biotopic distribution, density, population-genetic structure, Valdaysky National Park.*

*Об авторах:*

МОСКАЕВ Антон Вячеславович – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и экологии животных, ГБОУ ВПО «Московский государственный областной университет», 105005, Москва, ул. Радио, д. 10-а, e-mail: anton-moskaev@yandex.ru

ГОРДЕЕВ Михаил Иванович – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биологии и экологии животных, ГБОУ ВПО «Московский государственный областной университет», 105005, Москва, ул. Радио, д. 10-а, e-mail: anton-moskaev@yandex.ru

НИКОЛАЕВ Валерий Иванович – доктор биологических наук, доцент, старший научный сотрудник ФГБУ Национальный парк «Валдайский», 175400, Новгородская область, Валдай, ул. Победы, д. 5, e-mail: nikval.cz@live.ru

Москаев А.В. Видовой состав и кариотипическая структура популяции малярийных комаров Национального парка «Валдайский» / А.В. Москаев, М.И. Гордеев, В.И. Николаев // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2014. № 2. С. 70-77.