

УДК 575.174.015.3, 575.1

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-1-36-49

## КАРИОТИПИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ МАЛЯРИЙНЫХ КОМАРОВ В СЕВЕРНЫХ И ВОСТОЧНЫХ РАЙОНАХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Москаев А.В., Гордеев М.И., Маслова Л.А.**

*Московский государственный областной университет*

*105005, г. Москва, ул. Радио, д.10А, Российская Федерация*

**Аннотация.** В Клинском, Талдомском, Ногинском и Шатурском районах Московской области определен уровень хромосомной изменчивости 8 популяций малярийного комара *An. messeae*. Показано, что популяции Клинского района значительно отличаются от других популяций по частотам инверсий. В этой популяции выявлена повышенная частота инверсий  $XL_1$ ;  $2R_1$  и  $3R_1$ . В популяциях Ногинского и Шатурского районов наблюдается высокая частота инверсионных гомо- и гетерозигот  $XL_{00}$ ,  $XL_{01}$ ,  $2R_{00}$ ,  $2R_{01}$ ,  $3R_{00}$  и  $3R_{01}$ . Популяция Талдомского района – промежуточная по хромосомному составу и отличается от других популяций по частотам инверсий хромосомы 2R. Рассмотрена сезонная динамика хромосомного состава у *An. messeae*.

**Ключевые слова:** малярийные комары Anopheles, хромосомный полиморфизм, инверсия (хромосомная), генетика популяций.

## KARYOTYPIC STRUCTURE OF POPULATIONS OF MALARIA MOSQUITOES IN THE NORTHERN AND EASTERN SECTORS OF THE MOSCOW REGION

**A. Moskaev, M. Gordeev, L. Maslova**

*Moscow State Regional University*

*10 A, Radio Street, Moscow, 105005, the Russian Federation*

**Abstract.** The level of chromosomal variability of eight populations of the malaria mosquito *An. messeae* was determined in Klin, Taldom, Noginsk and Shatursky sectors of the Moscow region. It is shown that the Klin population differs significantly from other populations in frequencies of inversions. An increased frequency of inversions  $XL1$ ,  $2R1$  and  $3R1$  was found in this population. A high frequency of inversion homo- and heterozygotes  $XL00$ ,  $XL01$ ,  $2R00$ ,  $2R01$ ,  $3R00$  and  $3R01$  was found in the populations of Noginsk and Shatura sectors. The Taldom population was intermediate in the chromosome composition and differs from the others by the frequency of inversions of chromosome 2R. Seasonal dynamics of the chromosomal composition in populations of *An. messeae* was considered.

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

Малярийные комары (Diptera, Culicidae, Anopheles) являются важными переносчиками таких трансмиссивных заболеваний человека и животных, как

малярия, лихорадка Денге, лихорадка Чикунгунья. По официальным оценкам Всемирной организации здравоохранения, трансмиссивные болезни обуславливают 17% расчетного бремени всех инфекционных болезней. В 2012 г. малярия обусловила 627 000 смертей – больше, чем любая другая трансмиссивная болезнь. Для проведения возможных противомаларийных мероприятий необходимо знать видовой состав предполагаемых переносчиков. Причем многие виды малярийных комаров, распространенные на территории нашей страны, являются видами-двойниками, не идентифицируемыми морфологическими методами. Это определяет актуальность цитогенетических исследований этого рода комаров.

Кроме своего эпидемиологического значения, малярийные комары являются удобными модельными объектами для популяционно-генетических исследований. В популяциях хромосомно полиморфных видов с высокой частотой регистрируют внутривидовые мутации – инверсии. Изучение генетических механизмов популяционной устойчивости является актуальной проблемой современной генетики. В работах томских цитогенетиков (школа проф. В.Н. Стегния) доказано, что инверсионный полиморфизм у малярийных комаров имеет важное адаптивное значение [16]. У хромосомно полиморфных видов *Anopheles* (Diptera, Culicidae) выявлен клинальный характер частот инверсий, с постепенной заменой альтернативных гомозигот в направлении с юга на север и с запада на восток [17]. Одним из ярких представителей хромосомно полиморфных видов является

широко распространенный, численно доминирующий в европейской части России малярийный комар *An. messeae* Falleroni, 1926.

Целью нашей работы стало изучение хромосомного состава популяций комаров рода *Anopheles* в северных и восточных районах Московской области. В задачи работы входило:

- определить видовой состав малярийных комаров в локальных местообитаниях Московской области;
- выявить типы и определить частоты хромосомных перестроек в популяциях полиморфного вида *An. messeae*;
- выявить различия в кариотипическом составе популяций *An. messeae* Клинского, Талдомского, Ногинского и Шатурского районов;
- проследить сезонную динамику инверсионного полиморфизма *An. messeae* в популяции г. Клин.

Материалом для работы послужили 8 выборок личинок малярийных комаров IV стадии из нижеследующих местообитаний. Выборки с № 1 по № 4 были из г. Клин (N56°19.201', E036°44.450'), собраны в одном и том же водоеме, но в разные сроки, для изучения сезонной динамики. Выборки № 5 и № 6 были получены из местообитаний Талдомского района, пос. Вербилки (№ 5: N56°32.224', E037°35.182' и № 6 N56°32.179', E037°36.909'). Выборка № 7 была из Ногинского района, пос. Воровского, ж/д станция Лесная (N55°45.327', E038°21.306'). Выборка № 8 была из Шатурского района, село Дмитровский Погост (N55°31.190', E039°49.384').

Выборки № 1-4 из г. Клин собирались в разное время и были приурочены к определенным генерациям (даты выборок см. в табл. 1). Выборка № 1 по

Таблица 1

**Видовой состав личинок малярийных комаров  
в биотопах Московской области**

№	Местообитание	Дата сбора	Число особей	Индекс доминирования	
				An. messeae, $f \pm s_p$ %	An. maculipennis, $f \pm s_p$ %
1	Московская область, Клинский район, г. Клин, пруд N56°19.201' EО36°44.450'	июль 2014	90	97,8±1,6	2,2±1,6
2		август 2014	101	97,0±1,7	3,0±1,7
3		28.05. 2015	68	98,5±1,5	1,5±1,5
4		13.06. 2015	74	100	0
5	Московская область, Талдомский район, пос. Вербилки, карьер N 56°32.224' EО37°35.182'	20.08. 2014	103	100	0
6	Московская область, Талдомский район, пос. Вербилки, пруд N 56°32.179' EО37°36.909'	20.08. 2014	101	81,2±3,9	18,8±3,9
7	Московская область, Ногинский район, пос. Воровского, ж/д станция Лесная, пруд N55°45.327' EО38°21.306'	24.08. 2010	105	97,1±1,6	2,9±1,6
8	Московская область, Шатурский район, село Дмитровский Погост, пруд N55°31.190' EО39°49.384'	24.07. 2008	125	43,2±4,4	56,8±4,4

времени приходится на наиболее благоприятное для комаров время с максимальной численностью и перекрывающимися поколениями. В выборке № 2 были собраны комары, часть которых могла перезимовать и дать потомство в следующем году. В выборке № 3 представлены личинки первой летней генерации. В выборке № 4 представлены личинки второй летней генерации.

Личинок фиксировали в спирт-уксусной смеси (3:1). Извлекали парные слюнные железы личинок под стереоскопическим микроскопом МБС-10. Из слюнных желез по лактоацеторсеиновой методике готови-

ли давленные препараты политенных хромосом [10; 12]. Цитогенетический анализ политенных хромосом проводили под микроскопом Micros. По хромосомному составу проводили диагностику видов-двойников малярийных комаров. Определяли и учитывали распространенные флуктуирующие инверсии, используя цитокарты (кариограммы) видов. Всего было определено 767 кариотипа комаров.

Проведена статистическая обработка результатов. Оценку частот инверсий  $f$  и вычисление стандартной ошибки  $s_f$  выполняли стандартными методами [14; 15]. Для сравнения ин-

версионных частот в выборках использовали метод  $\chi^2$  [2].

Во всех изученных районах Московской области (Клинском, Талдомском, Ногинском и Шатурском) выявлено 2 вида-двойника комплекса *An. maculipennis*: *An. maculipennis* s.s. Meig., 1904 и *An. messeae* Fall., 1926. Наличие личинок двух этих видов в одних и тех же водоемах характерно для Русской равнины в целом [1; 5]. Во всех выборках из популяции г. Клин доминировал *An. messeae* (98,2±0,7%), доля *An. maculipennis* в среднем за два года составляет всего 1,8±0,7%. Соотношение видов меняется в зависимости от локальных экологических условий. Постоянство видового состава обычно свидетельствует о стабильности типов местообитаний в одной физико-географической зоне.

Для местообитаний Талдомского района характерно наличие обоих видов (показано на 15 выборках за различные годы, не отраженных в работе), однако в отдельном биотопе (карьер в пос. Вербилки) был обнаружен только один вид *An. messeae*. Мы объясняем это удаленностью данного биотопа от поселка и мест выпаса крупного рогатого скота, в водоемах рядом с которыми обычно откладывает яйца эндофильный вид *An. maculipennis* [8].

В популяции пос. Воровского Ногинского района также доминировал *An. messeae* (97,1±1,6%), а в популяции пос. Дмитровский Погост Шатурского района наблюдается следующее соотношение видов: *An. messeae* – 43,2±4,4%, *An. maculipennis* – 56,8±4,4%. По-видимому, высокая доля *An. maculipennis* в популяции объясняется локальными факторами отбора. *An. maculipennis* считается более «южным» видом, обычно он доми-

нирует в южных регионах нашей страны. В центре Русской равнины можно найти места выплода *An. maculipennis* во временных водоемах, в которых отсутствует *An. messeae* [8].

Одной из задач популяционной генетики является изучение современных границ ареалов видов. Особенно это актуально в связи с изменяющимися условиями среды в результате антропогенного влияния и изменения климата. В данной работе была теоретическая возможность найти *An. beklemishevi* St et Kab., 1976 в Клинском районе. Однако ни одной особи этого вида не обнаружено. Самое южное место выплода *An. beklemishevi* было найдено М.И. Гордеевым, А.В. Москаевым и Е.В. Самохиным в 2013 г. в окрестностях д. Горки Ржевского района Тверской области (широта N56°27.241', долгота E33°53.324'). Доля этого вида там была низкой и составила 0,8±0,8%. Также следует учитывать, что самки *An. beklemishevi* могут откладывать кладки в экологически специфичные водоемы с низкой плотностью личинок *Anopheles* [7; 8].

Помимо выявленных в работе *An. messeae* и *An. maculipennis* на территории Московской области обитает еще один вид малярийного комара – *An. claviger*. Однако этот вид не зря назван «родниковым», его личинки развиваются в специфических водоемах с низкими, в сравнении с другими окружающими его водоемами, температурами воды, а иногда и наличием течения [7]. В связи с этим пока не обнаружено совместного обитания с *An. claviger* других видов малярийных комаров.

Кроме видового состава, в изученных местообитаниях определяли хро-

Таблица 2

**Хромосомный состав личинок *An. messeae* в Клинском, Талдомском, Ногинском и Шатурском районах Московской области**

Хромосомные варианты	Частоты хромосомных вариантов, $f \pm s_p$ , %			
	г. Клин, Клинский район (объединенные выборки №1-4)	пос. Вербилки, Талдомский район (объединенные выборки №5-6)	пос. Воровского, Ногинский район (выборка №7)	с. Дмитровский Погост, Шатурский район (выборка №8)
самцы, n	138	73	39	27
XL <sub>0</sub>	13,8±2,9	8,2±3,2	25,6±6,9	44,4 ± 9,6
XL <sub>1</sub>	84,0±3,1	91,8±3,2	74,4±6,9	55,6 ± 9,6
XL <sub>4</sub>	2,2±1,2	0	0	0
самки, n	189	112	63	27
XL <sub>00</sub>	7,9±2,0	5,4±2,1	17,5±4,8	22,3±8,0
XL <sub>01</sub>	10,1±2,2	8,0±2,6	20,6±5,1	44,4±9,6
XL <sub>11</sub>	78,3±3,0	78,6±3,9	61,9±6,1	33,3±9,0
XL <sub>14</sub>	3,7±1,4	8,0±2,6	0	0
оба пола, n	327	185	102	54
2R <sub>00</sub>	37,6±2,7	33,5±3,5	70,6±4,5	88,9±4,3
2R <sub>01</sub>	36,4±2,7	54,1±3,7	27,4±4,4	11,1±4,3
2R <sub>11</sub>	26,0±2,4	12,4±2,4	2,0±1,4	0
2L <sub>00</sub>	100	100	100	100
3R <sub>00</sub>	51,7±2,8	62,7±3,6	70,6±4,5	81,4±5,3
3R <sub>01</sub>	41,6±2,7	32,4±3,4	22,5±4,1	16,7±5,0
3R <sub>11</sub>	6,7±1,4	4,9±1,6	6,9±2,5	1,9±1,9
3L <sub>00</sub>	93,3±1,4	96,8±1,3	99,0±1,0	96,3±2,6
3L <sub>01</sub>	6,7±1,4	3,2±2,3	1,0±1,0	3,7±2,6

мосомные перестройки и их частоты. Изученные популяции значительно отличаются друг от друга по хромосомному составу (частоты инверсий половой хромосомы и аутосом см. в табл. 2). У хромосомно полиморфного вида *An. messeae* регистрировали наличие 5 распространенных парацентрических инверсий: XL<sub>1</sub>; XL<sub>4</sub>; 2R<sub>1</sub>; 3R<sub>1</sub>; 3L<sub>1</sub>. Определяли частоты гомо- и гетерозигот по инверсиям у *An. messeae*: XL<sub>00</sub>; XL<sub>01</sub>; XL<sub>11</sub>; XL<sub>14</sub>; 2R<sub>00</sub>; 2R<sub>01</sub>; 2R<sub>11</sub>; 3R<sub>00</sub>; 3R<sub>01</sub>; 3R<sub>11</sub>; 3L<sub>00</sub>; 3L<sub>01</sub>. Изменчивости по плечу 2L не обнаружено, как и у всех видов палеарктического комплекса *An. maculipennis*. Инверсия XL<sub>4</sub> является эндемичной для Московской области [8; 10].

При сравнении частот инверсий левого плеча половой хромосомы (XL) в выборках из Клинского района (объединены все четыре выборки из г. Клин), поселка Воровского Ногинского района и села Дмитровский Погост Шатурского района обнаружили значимые межпопуляционные различия ( $\chi^2=54,9$ ; число степеней свободы  $df=4$ ;  $p<0,001$ ). Значимых различий между выборками из Клинского и Талдомского районов не обнаружено (рис. 1). В сравниваемых популяциях хорошо заметно уменьшение частоты встречаемости инверсий XL<sub>1</sub>, а также хромосомных вариантов XL<sub>11</sub> и XL<sub>01</sub> с севера на юг.

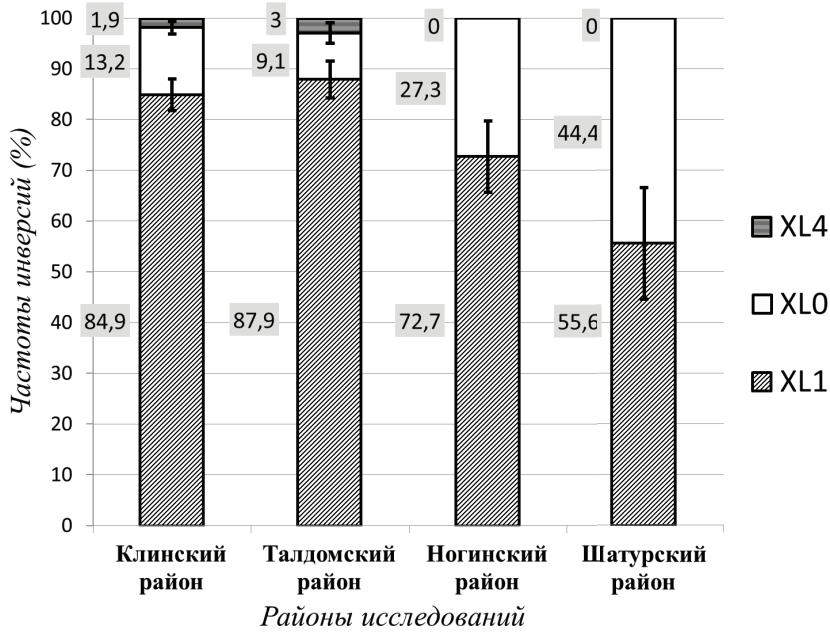


Рис. 1. Частоты инверсий половой хромосомы XL в популяциях *Ap. messee* в Клинском, Талдомском, Ногинском и Шатурском районах Московской области.

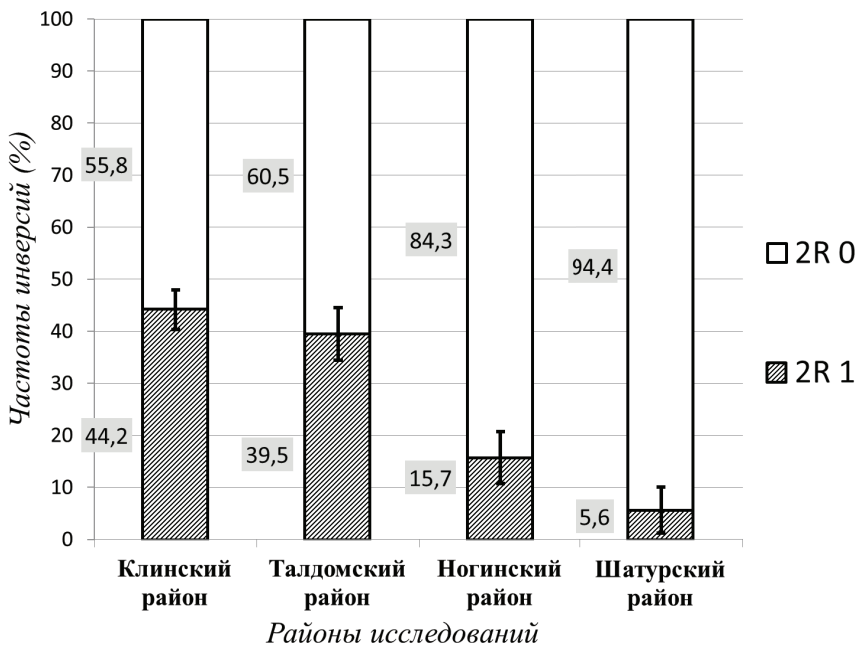


Рис. 2. Частоты инверсий хромосомы 2R в популяциях *Ap. messee* в Клинском, Талдомском, Ногинском и Шатурском районах Московской области.

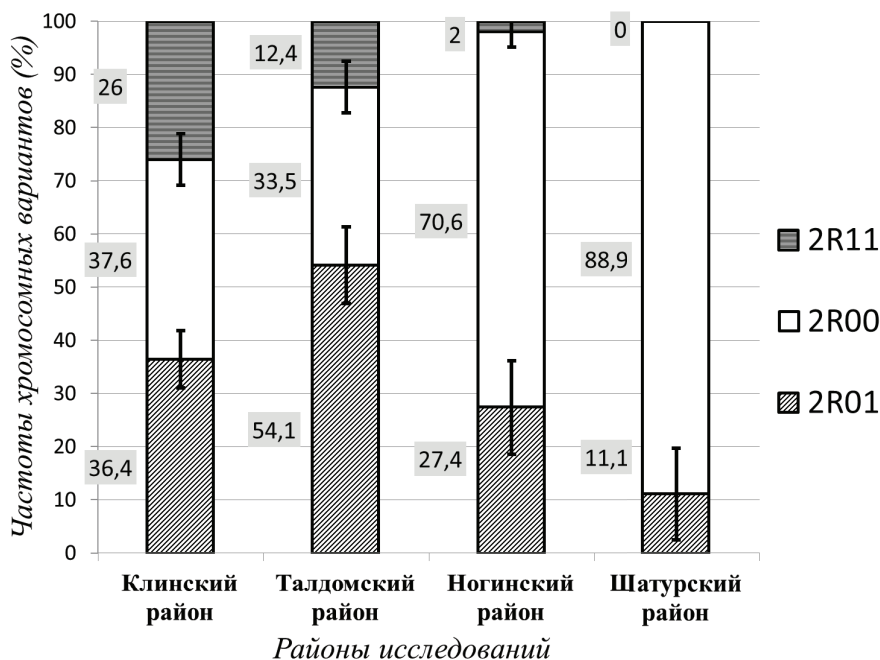


Рис. 3. Частоты вариантов хромосомы 2R в популяциях *An. messeae* в Клинском, Талдомском, Ногинском и Шатурском районах Московской области.

Известно, что высокая изменчивость частот инверсий половой хромосомы наблюдается внутри отдельных зон на территории европейской части России (по данным А.В. Москаева и М.И. Гордеева [9]). Инверсионный полиморфизм по половой хромосоме часто является адаптацией к локальным факторам среды. Инверсии аутосом, напротив, демонстрируют клинальную изменчивость в направлении с юга на север (для хромосом 2R и 3L) и с запада на восток (для 3R). Так и в нашей работе были найдены очень высокие различия по частотам инверсионных вариантов хромосомы 2R ( $\chi^2=101,5$ ;  $df=3$ ;  $p<0,001$ ). Частоты инверсий аутосомы 2R (рис. 2) демонстрируют тот же характер изменений, что и у половой хромосомы.

Отличий по частотам инверсий

хромосомы 2R между популяциями из Клинского и Талдомского районов так же не выявлено. Однако совсем другую ситуацию можно увидеть при изучении частот инверсионных генотипов. Популяции из Клинского и Талдомского районов значительно различаются по соотношению инверсионных гомо- и гетерозигот  $2R_{00}$ ,  $2R_{01}$  и  $2R_{11}$  (рис. 3), которое характеризуют  $\chi^2=19,7$ ;  $df=2$ ;  $p<0,001$ . В Талдомском районе обнаружена повышенная частота гетерозигот ( $54,1\pm 3,7\%$ ), а в Клинском районе высокая частота инверсии  $2R_1$  определяется в первую очередь за счет повышенной частоты гомозигот  $2R_{11}$  ( $26,0\pm 2,4$ ).

Еще большие различия наблюдаются при сравнении популяций из всех четырех районов Московской области ( $\chi^2=114,5$ ;  $df=6$ ;  $p<0,001$ ). Если в популяции г. Клин отмечено практически



равномерное распределение хромосомных вариантов  $2R_{00}$ ,  $2R_{01}$  и  $2R_{11}$ , то в популяциях пос. Воровского и пос. Дмитровский Погост происходит явное увеличение доли «южных» хромосомных вариантов с инверсией  $2R_0$ .

Мы предполагаем, что это изменение частот инверсий объясняется тем, что по территории Московской области проходит условная граница южно-таежной зоны и зоны широколиственных лесов, которые отличаются не только по составу растительности, но и температурным и гидрологическим режимом. Для Клинского района характерны более низкие зимние и летние температуры. Среднемесячная температура июля, как середины сезона размножения комаров, составляет  $21,6^{\circ}\text{C}$ . В Ногинском и Шатурском районах в среднем по годам среднемесячная температура июля уже не менее  $25,4^{\circ}\text{C}$ . Разницу в хромосомном составе Ногинского и Шатурского районов между собой можно частично объяснить теми же климатическими факторами, однако различия не столь хорошо выражены. Но не стоит забывать, что хромосомный состав зависит и от локальных условий, в том числе от присутствия других близкородственных видов. Например, совместное обитание с *An. maculipennis* вызывает увеличение частоты хромосомных вариантов  $XI_{00}$ ,  $2R_{00}$ ,  $3R_{00}$ ,  $3L_{00}$  у *An. messeae* [3]. Эти хромосомные варианты принято называть «южными», так как они доминируют в популяциях южной части ареала *An. messeae* [6].

Популяция Талдомского района характеризуются высокой изменчивостью по инверсионным вариантам хромосомы  $2R$  и является промежуточной в отношении клинального из-

менения частот с севера на юг. Мы объясняем эту закономерность пограничным положением популяции и относительно низкими температурами зимовки. Кроме того, географически данная популяция находится не на Клинско-Дмитровской горной гряде, а в Вербилковской болотистой низменности, обуславливающей высокое содержание взвешенного пара в воздухе.

Тот же характер изменений кариотипического состава можно увидеть и по составу инверсионных вариантов хромосомы  $3R$  (их частоты в четырех районах Московской области см. на рис. 4). Имеются значимые различия по инверсионным вариантам хромосомы  $3R$  в изученных местообитаниях (рис. 4;  $\chi^2=21,1$ ;  $df=3$ ;  $p<0,001$ ). Хромосомная изменчивость по  $3R$  выражена слабее, но частоты инверсий изменяются в том же направлении, что и в хромосоме  $2R$ . Значимых межпопуляционных различий по частотам инверсий хромосомы  $3L$  не выявлено.

Одной из задач нашей работы было проследить наличие сезонных изменений хромосомного состава на примере популяции малярийных комаров из города Клин. Для этого были собраны четыре выборки из одного и того же водоема в разные месяцы репродуктивного сезона. Для исследования был выбран типичный для малярийных комаров биотоп – заросший по берегам пруд усадьбы Демьяново в центре г. Клин. В нем наблюдается обильная водная растительность с преобладанием элодеид и присутствием лемнид и линеид. К элодеидам относятся: элодея (*Elodea canadensis*). К линеидам относится тростник (*Phragmites communis*). К лемнидам относится ряска малая (*Lemna minor*). Обилие водной растительности



создает благоприятные условия для развития личинок малярийных комаров. Элодеиды создают причальную линию, обеспечивают хорошую кормовую базу и служат укрытием от хищников для личинок и куколок *Anopheles*.

Частоты хромосомных вариантов *An. messeae* из популяции г. Клин отражены в табл. 3. В литературе показано, что выборки из популяций центра Русской равнины, расположенных на сопредельной территории и относящихся к смежным популяциям, характеризуются сходным хромосомным составом [4; 5; 8; 18]. А в течение сезона вы플ода, по данным томских цитогенетиков, происходит снижение частоты встречаемости «северных» хромосомных вариантов на «южные» во второй половине репродуктивного сезона, и особенно к концу лета [11; 13].

В результате статистического анализа было определено, что ни одна из собранных в г. Клин выборки *An. messeae* значимо не отличается от других по хромосомному составу. Не обнаружено различий как при сравнении частот инверсий, так и по соотношению инверсионных вариантов половой хромосомы (XL) и аутосом 3R и 3L. Единственное исключение – выборка № 3, собранная в конце мая и соответствующая первой летней генерации, в которой выявлена низкая частота гомозигот  $2R_{11}$  – всего  $9,0 \pm 3,5\%$  ( $\chi^2=12,7$ ;  $df=2$ ;  $p<0,01$ ). Однако, если сравнивать частоты инверсий  $2R_1$  и  $2R_0$ , различия не обнаруживаются ( $\chi^2=2,0$ ;  $df=2$ ), что обусловлено высокой по сравнению с другими месяцами частотой гетерозигот  $2R_{01}$  ( $47,7 \pm 6,1\%$ ). Ранее на территории Сибири были за-

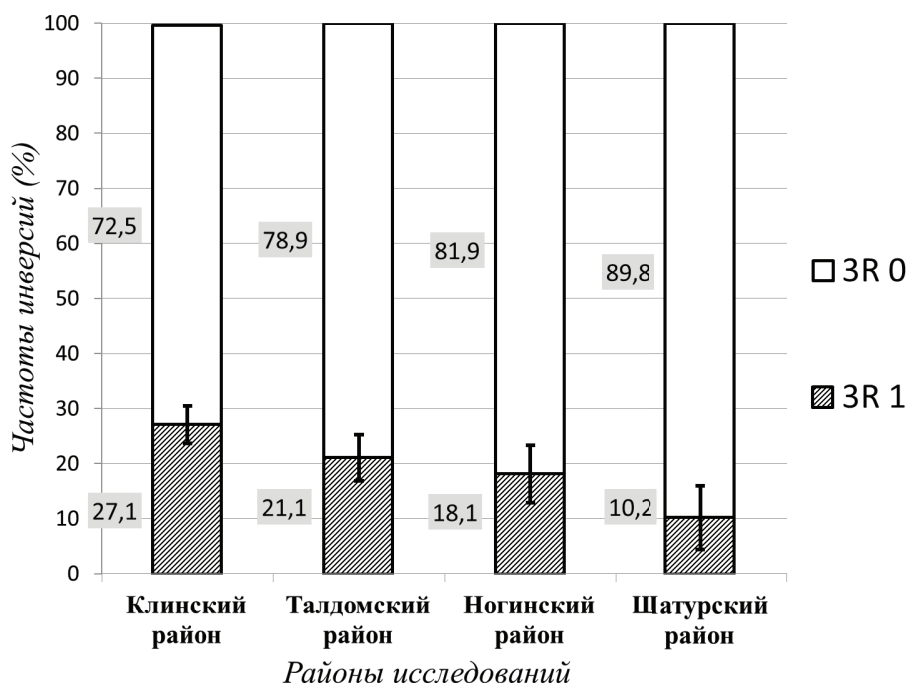


Рис. 4. Частоты инверсий 3R у *An. messeae* в Клинском, Талдомском, Ногинском и Шатурском районах Московской области.

Таблица 3

Хромосомный состав личинок *An. messeae* в популяции г. Клин

Хромосомные варианты	Частоты хромосомных вариантов, $f \pm s_p$ , %			
	июль 2014 г. (выборка № 1)	август 2014 г. (выборка № 2)	конец мая 2015 г. (выборка № 3)	середина июня 2015 г. (выборка № 4)
Самцы, n	35	34	29	40
$XL_0$	20,0±6,8	5,9±4,0	17,2±7,0	12,5±5,2
$XL_1$	74,3±7,4	91,2±4,9	82,8±7,0	87,5±5,2
$XL_4$	5,7±3,9	2,9±2,9	0	0
Самки, n	53	64	38	34
$XL_{00}$	11,3±4,4	6,3±3,0	7,9±4,4	5,8±4,0
$XL_{01}$	11,3±4,4	9,4±3,6	10,5±5,0	9,0±4,9
$XL_{11}$	73,6±6,1	79,7±5,0	81,6±6,3	79,4±6,9
$XL_{14}$	3,8±2,6	4,6±2,6	0	5,8±4,0
Оба пола, n	88	98	67	74
$2R_{00}$	35,2±5,1	35,7±4,8	43,3±6,1	38,0±5,6
$2R_{01}$	23,9±4,5	37,8±4,9	47,7±6,1	39,0±5,7
$2R_{11}$	40,9±5,2	26,5±4,5	9,0±3,5	23,0±4,9
$2L_{00}$	100	100	100	100
$3R_{00}$	53,4±5,3	48,0±5,0	53,7±6,1	52,7±5,8
$3R_{01}$	37,5±5,2	45,0±5,0	40,3±6,0	43,3±5,8
$3R_{11}$	9,1±3,1	7,0±2,6	6,0±2,9	4,0±2,3
$3L_{00}$	90,9±3,1	93,9±2,4	92,5±3,2	96,0±2,3
$3L_{01}$	9,1±3,1	6,1±2,4	7,5±3,2	4,0±2,3

регистрированы противоположные сезонные изменения частоты инверсии  $2R_1$ . В начале сезона размножения доминировали «северные» хромосомные инверсии  $XL_1$ ,  $2R_1$ ,  $3R_1$ ,  $3L_1$ , способствующие лучшему прохождению зимовки. К концу лета накапливались особи с «южными» инверсиями  $XL_0$ ,  $2R_0$ ,  $3R_0$ ,  $3L_0$ , более конкурентоспособные на личиночных стадиях развития. Поэтому мы трактуем высокую частоту гомозигот  $2R_{11}$ , в июле как разовый статистический выброс, обусловленный локальными факторами отбора. Планируются дополнительные исследования в популяции г. Клин на пред-

мет сезонной динамики хромосомного состава комаров.

Результаты работы можно сформулировать в нескольких выводах. Первый – во всех изученных местообитаниях на территории Московской области обнаружено два вида-двойника комплекса *Anopheles maculipennis*: *An. maculipennis* s.s. и *An. messeae*. Второй – в популяциях полиморфного вида *An. messeae* выявлены следующие хромосомные инверсии:  $XL_1$ ;  $XL_4$ ;  $2R_1$ ;  $3R_1$ ;  $3L_1$ , а инверсия  $XL_4$  является эндемичной для Московской области. Третий – популяции *An. messeae* г. Клин, пос. Воровского Ногинского района и пос.

Дмитровский Погост Шатурского района значительно различаются по частотам инверсий хромосом XL ( $\chi^2=54,9$ ;  $df=4$ ;  $p<0,001$ ), 2R ( $\chi^2=80,7$ ;  $df=4$ ;  $p<0,001$ ) и 3R ( $\chi^2=25,6$ ;  $df=4$ ;  $p<0,001$ ), при этом популяция пос. Вербилки Талдомского района является промежуточной по хромосомному составу и отличается

от других популяций по частотам инверсионных вариантов хромосомы 2R. Четвертый – не выявлено сезонной динамики хромосомного состава комаров *An. messeae* в популяции г. Клин.

Работа частично финансировалась по грантам РФФИ 14-44-03613 p\_центр\_a и 14-04-31069 мол\_a.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беклемишев В.Н. Экология малярийного комара. М.: Медгиз, 1944. 299 с.
2. Гершкович И. Генетика. М.: Наука, 1968. 700 с.
3. Гордеев М.И. Адаптивные стратегии в популяции малярийных комаров: дисс. ... докт. биол. наук. Томск, 1998. 304 с.
4. Гордеев М.И., Ежов М.Н., Званцов А.Б., Перевозкин В.П. Малярийные комары Москвы и Московской области: цитогенетический анализ // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2005. № 2. С. 30-33.
5. 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. Том 48 (№ 9). С. 1124-1128.
6. Гордеев М.И., Москаев А.В., Перевозкин В.П. Анализ видового и хромосомного состава малярийных комаров Республики Адыгея // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2010. № 3. С. 64-71.
7. Маркович Н.Я. Биология родникового малярийного комара *Anopheles bifurcates*: дисс. ... канд. биол. наук. М., 1951. 223 с.
8. Москаев А.В. Экологическая специализация видов-двойников малярийных комаров Европейской части России: дисс. ... канд. биол. наук. М., 2012. 149 с.
9. Москаев А.В., Гордеев М.И. Влияние экологических характеристик биотопов на хромосомный состав личинок малярийного комара *Anopheles messeae* (Diptera, Culicidae) // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». 2012. № 3. С. 28-37.
10. Москаев А.В., Гордеев М.И., Кузьмин О.В. Хромосомный состав популяций малярийного комара *Anopheles messeae* в центре и на периферии видового ареала // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2015. № 1. С. 29-36.
11. Новиков Ю.М. Взаимодействие инверсий в популяциях малярийного комара *Anopheles messeae* Fall., дифференциация его кариофонда и механизмы поддержания популяционно-генетического гомеостаза // Новые данные по кариосистематике двукрылых насекомых: труды зоол. ин-та АН СССР [Т. 95]. Л.: Наука, 1980. С. 40-49.
12. Перевозкин В.П. Адаптивный полиморфизм малярийных комаров комплекса *Anopheles maculipennis* // Научно-практическое руководство по малярии (эпидемиология, систематика, генетика). Томск: Томский гос. ун-т, 2007. С. 105-145.
13. Инверсионный полиморфизм малярийного комара *Anopheles messeae*. III. Временная динамика концентрации инверсий в популяции центра ареала / Г.Н. Плешкова, В.Н. Стегний, Ю.М. Новиков и др. // Генетика. 1978. Т. 14 (№ 12). С. 2169-2176.
14. Плохинский Н.А. Алгоритмы биометрии. М.: МГУ, 1980. 151 с.
15. Плохинский Н.А. Биометрия. М.: МГУ, 1970. 368 с.
16. Стегний В.Н. Генетические механизмы адаптации и видообразования двукрылых насекомых (на примере малярийных комаров): дисс. ... докт. биол. наук. Томск, 1983. 323 с.

17. Стегний В.Н. Популяционная генетика и эволюция малярийных комаров. Томск: Томск. гос. ун-т, 1991. 136 с.
18. Таныгина Е.Ю. Видовой и кариотипический состав личинок малярийных комаров в различных водоемах города Москвы / Е.Ю. Таныгина, М.И. Гордеев, А.В. Москаев и др. // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2014. № 2. С. 29-33.

#### REFERENCES

1. Beklemishev V.N. Ekologiya malyariinogo komara [Ecology of the malaria mosquito]. M., Medgiz, 1944. 299 p.
2. Gershkovich I. Genetika [Genetics]. M.: Nauka, 1968. 700 p.
3. Gordeev M.I. Adaptivnye strategii v populyatsii malyariinykh komarov: diss. ... d. biol. nauk [Adaptive strategies in populations of malarial mosquitoes: PhD Thesis in Biology]. Tomsk, 1998. 304 p.
4. Gordeev M.I., Ezhov M.N., Zvantsov A.B., Perevozkin V.P. Malyariinye komary Moskvy i Moskovskoi oblasti: tsitogeneticheskii analiz [Malaria mosquitoes in Moscow and Moscow region: cytogenetic analysis] // Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni. 2005. no. 2. pp. 30–33.
5. Gordeev M.I., Bezzhonova O.V., Moskaev A.V. Khromosomnyi polimorfizm v populyatsiyakh malyariinogo komara *Anopheles messeae* (Diptera, Culicidae) na yuge Russkoi ravniny [Chromosomal polymorphism in populations of malaria mosquito *Anopheles messeae* (Diptera, Culicidae) in the South of the Russian plain] // Genetika. 2012. Vol. 48 (no. 9). pp. 1124–1128.
6. Gordeev M.I., Moskaev A.V., Perevozkin V.P. Analiz vidovogo i khromosomnogo sostava malyariinykh komarov Respubliki Adygeya [Analysis of the chromosomal and species composition of the *Anopheles* mosquitoes of the Republic of Adygea] // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki. 2010. no. 3. pp. 64–71.
7. Markovich N.YA. Biologiya rodnikovogo malyariinogo komara *Anopheles bifurcates*: diss. ... kand. biol. nauk [Biology spring malaria mosquito *Anopheles bifurcates*: PhD thesis in Biology]. M., 1951. 223 p.
8. Moskaev A.V. Ekologicheskaya spetsializatsiya vidov-dvoynikov malyariinykh komarov Evropeiskoi chasti Rossii: diss. ... kand. biol. nauk [Ecological specialization of several sister species of malarial mosquitoes of the European part of Russia: PhD Thesis in Biology]. M., 2012. 149 p.
9. Moskaev A.V., Gordeev M.I. Vliyanie ekologicheskikh kharakteristik biotopov na khromosomnyi sostav lichinok malyariinogo komara *Anopheles messeae* (Diptera, Culicidae) [Influence of ecological characteristics of biotopes on the chromosomal composition of larvae of malaria mosquito *Anopheles messeae* (Diptera, Culicidae)] // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki. 2012. no. 3. pp. 28–37.
10. Moskaev A.V., Gordeev M.I., Kuz'min O.V. Khromosomnyi sostav populyatsii malyariinogo komara *Anopheles messeae* v tsentre i na periferii vidovogo areala [Chromosomal structure of populations of malaria mosquito *Anopheles messeae* in the center and periphery of the species range] // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki. 2015. no. 1. pp. 29–36.
11. Novikov YU.M. Vzaimodeistvie inversii v populyatsiyakh malyariinogo komara *Anopheles messeae* Fall., differentsiatsiya ego kariofonda i mekhanizmy podderzhaniya populyatsionno-geneticheskogo gomeostazisa [Interaction of inversions in populations of malaria mosquito *Anopheles messeae* Fall., differentiation of karyofund and mechanisms of mainte-

- nance of population genetic homeostasis] // *Novye dannye po kariosistematike dvukrylykh nasekomykh: trudy zool. in-ta AN SSSR* [Vol. 95] [New data on karyosystematics of Diptera: Proceedings of the Zool. Institute of Acad. of Sciences of the USSR [Vol. 95]]. L.: Nauka, 1980. pp. 40–49.
12. Perevozkin V.P. Adaptivnyi polimorfizm malyariinykh komarov kompleksa *Anopheles maculipennis* [Adaptive polymorphism of the malaria mosquito of the *Anopheles maculipennis* complex] // *Nauchno-prakticheskoe rukovodstvo po malyarii (epidemiologiya, sistematika, genetika)* [Practical manual on malaria (epidemiology, systematics, genetics)]. Tomsk, Tomsk. gos. un-t, 2007. pp. 105–145.
  13. Pleshkova G.N., Stegnii V.N., Novikov Yu.M. et al. Inversionnyi polimorfizm malyariinogo komara *Anopheles messeae*. III. Vremennaya dinamika kontsentratsii inversii v populyatsii tsentra areala [Inversion polymorphism of the malaria mosquito *Anopheles messeae*. III. Temporal dynamics of the concentration of inversions in populations of the center of the area] // *Genetika*. 1978. Vol. 14 (no. 12). pp. 2169–2176.
  14. Plokhinskii N.A. *Algoritmy biometrii* [Algorithms of biometrics]. M., MGU, 1980. 151 p.
  15. Plokhinskii N.A. *Biometriya* [Biometrics]. M.: MGU, 1970. 368 p.
  16. Stegnii V.N. *Geneticheskie mekhanizmy adaptatsii i vidoobrazovaniya dvukrylykh nasekomykh (na primere malyariinykh komarov): diss. ... d. biol. nauk* [Genetic mechanisms of adaptation and speciation of dipteran insects (for example, malarial mosquitoes): PhD Thesis in Biology]. Tomsk, 1983. 323 p.
  17. Stegnii V.N. *Populyatsionnaya genetika i evolyutsiya malyariinykh komarov* [Population genetics and evolution of malarial mosquitoes]. Tomsk: Tomsk. gos. un-t, 1991. 136 p.
  18. Tanygina E.YU., Gordeev M.I., Moskaev A.V. a.o. *Vidovoi i kariotipicheskii sostav lichinok malyariinykh komarov v razlichnykh vodoemakh goroda Moskvy* [Species and karyotypic composition of larvae of malarial mosquitoes in various water bodies of Moscow] // *Medit-sinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni*. 2014. no. 2. pp. 29–33.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Москаев Антон Вячеславович* – кандидат биологических наук, доцент кафедры общей биологии и биоэкологии Московского государственного областного университета;  
e-mail: anton-moskaev@yandex.ru

*Гордеев Михаил Иванович* – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой общей биологии и биоэкологии Московского государственного областного университета;  
e-mail: gordeev\_mikhail@mail.ru

*Маслова Людмила Алексеевна* – студент биолого-химического факультета Московского государственного областного университета;  
e-mail: Ludmila.1315@mail.ru

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Moskaev Anton V.* – candidate of biological sciences, assistant professor of the Chair of General Biology and Bio-ecology at the Moscow State Regional University;  
e-mail: anton-moskaev@yandex.ru

*Gordeev Mikhail I.* – doctor of biological sciences, professor, head of the Chair of General Biology and Bio-ecology at the Moscow State Regional University;  
e-mail: gordeev\_mikhail@mail.ru

*Maslova Lyudmila A.* – student of the Faculty of Biology and Chemistry at the Moscow State Regional University;  
e-mail: Ludmila.1315@mail.ru

---

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

*Москаев А.В., Гордеев М.И., Маслова Л.А.* Кариотипическая структура популяций малярийных комаров в северных и восточных районах Московской области // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 1. С. 36-49.

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-1-36-49

#### BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

*A. Moskaev, M. Gordeev, L. Maslova.* Karyotypic structure of populations of malaria mosquitoes in the northern and eastern sectors of the Moscow Region // Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Natural sciences. 2016. no 1. pp. 36-49.

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-1-36-49