

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХРОМОСОМ ПОЛЕВКИ МАКСИМОВИЧА  
*MICROTUS MAXIMOWICZII* (RODENTIA, CRICETIDAE, *MICROTUS*)**

© И. В. Карташева,<sup>1</sup> И. Н. Шереметьева,<sup>1</sup> С. А. Романенко,<sup>2</sup>  
О. Л. Гладких,<sup>2</sup> А. В. Рябкова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Биологический институт ДВО РАН, Владивосток, <sup>2</sup>Институт молекулярной  
и клеточной биологии СО РАН, Новосибирск,  
и <sup>3</sup>Хабаровская противочумная станция РОСПОТРЕБНАДЗОР;  
электронный адрес: irina-kar52@rambler.ru, sheremet76@yahoo.ru

Предложена нумерация хромосом полевки Максимовича *Microtus maximowiczi*, которая может быть использована для описания кариотипов разнообразных хромосомных форм из различных географических регионов. Использование FISH-анализа показало идентичность робертсоновской перестройки (11/20) в кариотипах полевки из Забайкалья ( $2n = 41$ ) и полевки из Норского заповедника в Амурской обл. ( $2n = 40$ ).

**Ключевые слова:** *Microtus maximowiczi*, полевка Максимовича, хромосомы, изменчивость.

**Принятые сокращения:** АЦХ — акроцентрические хромосомы, ДПХ — двуплечие хромосомы.

Проблема изменчивости микро- и макроструктуры хромосом в процессе микро- и макроэволюционных преобразований у млекопитающих до сих пор еще не решена (Volobouev, 2011). Виды-двойники (молодые виды на стадии видообразования), имеющие огромное морфологическое сходство и различающиеся числом хромосом (иногда и морфологией хромосом), являются удобной моделью для исследования изменения хромосомных и морфологических преобразований в процессе видообразования. Таковыми являются виды рода *Microtus*, подрода *Alexandromys*: полевка Максимовича *M. maximowiczi* ( $2n = 36—44$ ; NF = 52—62), муйская полевка *M. tujanensis* ( $2n = 38$ , NF = 49—51) и эвронская полевка *M. evogonensis* ( $2n = 38—40$ , NF = 53—56). Хромосомный полиморфизм этих видов все еще слабо изучен, а молекулярные данные, полученные при исследовании отловленных и кариотипированных нами животных, все еще ставят под сомнение их видовой статус (Haring et al., 2011). Для полевки Максимовича описаны географическая изменчивость и различная стабилизация хромосомных перестроек (Kartavtseva et al., 2008), в то время как другие два вида имеют небольшие ареалы и незначительный спектр хромосомных перестроек (Мейер и др., 1996).

Настоящая работа посвящена начальному этапу исследования хромосомных перестроек у широкоареально го вида — полевки Максимовича — с использованием Zoo FISH.

Для полевки Максимовича *Microtus (Alexandromys) maximowiczi* (Schrenk, 1858), распространенной во влажных биотопах северо-востока Азии (Громов, Ербаева, 1995), описан хромосомный полиморфизм, обусловленный как робертсоновскими перестройками, так и периферическими инверсиями (Ковальская, 1977; Коваль-

ская и др., 1980; Мейер и др., 1996; Kartavtseva et al., 2008). Для исследованных полевок была отмечена стабильность морфологии 1 пары субтелоцентрических, 3 пар мелких метацентрических и 7 пар акроцентрических хромосом (АЦХ), в то время как остальные пары хромосом принимали участие в хромосомных перестройках (Ковальская, 1977). В различных географических популяциях были выделены сначала 3 (Ковальская и др., 1980), затем еще 2 (Kartavtseva et al., 2008) хромосомные формы, каждая из которых имела собственные характеристики ( $2n$  и NF).

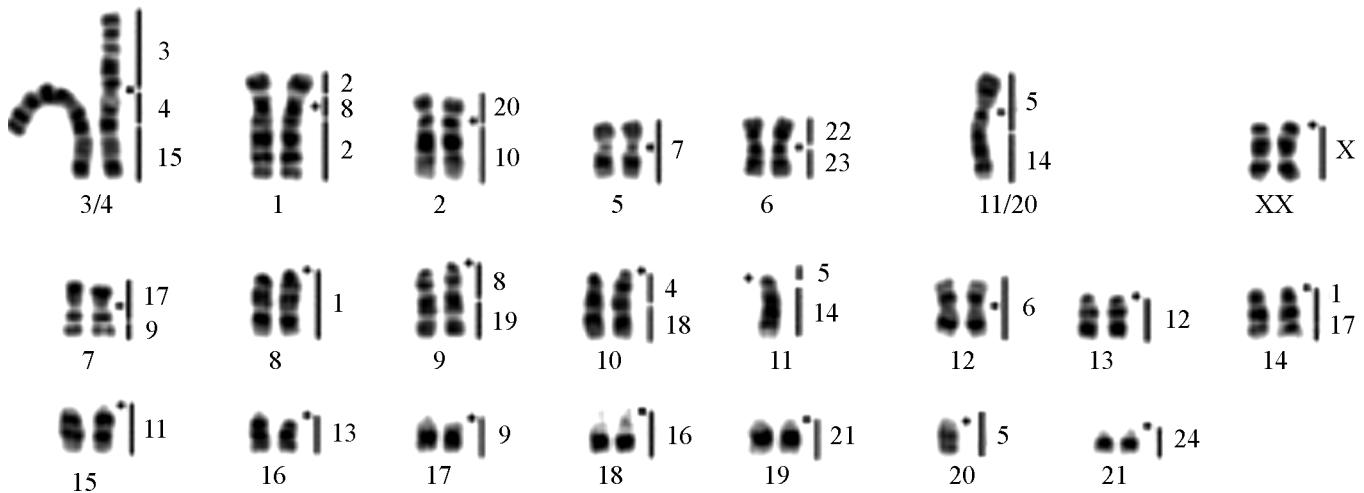
Форма А:  $2n = 39—44$ , NF = 53—60; описана для полевок в Бурятии и Забайкальском крае, характеризуется наличием в популяциях максимального для вида числа хромосом (44), минимальным числом двуплечих хромосом (ДПХ), вовлеченных в робертсоновские процессы, и наибольшим числом АЦХ (30). Число ДПХ может варьировать от 13 до 18, а число одноплечих — от 21 до 30.

Форма В:  $2n = 38—42$ , NF = 54—57 (ДПХ = 14—19, АЦХ = 19—28); описана для полевок дельты р. Селенга и берега оз. Байкал в Бурятии.

Форма С:  $2n = 39—41$ , NF = 55—60 (ДПХ = 16—19, АЦХ = 22—26); описана для полевок, распространенных в среднем течении р. Амур (участок от впадения в Амур р. Зея до впадения р. Уссури).

Форма V:  $2n = 36—40$ , NF = 52—56 (ДПХ = 15—18, АЦХ = 18—24); описана для полевок Сохондинского заповедника, расположенного на границе с Монгoliей, и популяций Забайкальского края.

Форма D:  $2n = 40—43$ , NF = 54—58 (ДПХ = 14—15, АЦХ = 26—28); описана для полевок южной части Забайкальского края (верхнее течение р. Амур) и восточной части Монголии.



Нумерация хромосом *Microtus maximowiczi* (Lemskaya et al., 2010).

Справа даны номера хромосом *M. agrestis*, определенные при помощи метода Zoo FISH. Рисунок печатается с любезного разрешения авторов.

Методом дифференциального G-окрашивания хромосом (Мейер и др., 1996) были подтверждены многие хромосомные перестройки, которые были предположены ранее (Ковальская, 1977), и убедительно показано наличие полиморфизма по слиянию 2 метацентрических хромосом, а не АЦХ. Для полевки Максимовича характерно наличие крупного метацентрика в гомозиготном или гетерозиготном состоянии, обусловленного слиянием 2 пар метацентрических хромосом средних размеров. Однако небольшое число исследованных животных не позволило дать описание хромосомных перестроек для каждой хромосомной формы. К тому же почти во всех работах по исследованию хромосомной изменчивости отсутствовала схема нумерации G-окрашенных хромосом. Лишь в одном исследовании была использована нумерация хромосом полевки Максимовича (Мейер и др., 1996), однако отсутствие в публикации схемы нумерации пар хромосом не позволяет применить ее в дальнейших работах. Позже аналогичная номенклатура хромосом полевки Максимовича была приведена в работе, посвященной анализу хромосомных перестроек видов рода *Microtus* с использованием Zoo FISH (Lemskaya et al., 2010). В этой работе проведено сравнение кариотипа полевки Максимовича с другими видами полевок рода *Microtus* при помощи хромосомо-специфичных прайнинг-проб *M. agrestis* ( $2n = 50$ ), дана нумерация хромосом для кариотипа с максимальным для вида числом хромосом ( $2n = 44$ ) (Lemskaya et al., 2010).

Здесь мы считаем уместным показать характер G-окрашивания и принятую нумерацию хромосом относительно 44-хромосомной формы с целью ее дальнейшего использования при анализе различных хромосомных форм *M. maximowiczi* (см. рисунок). На рисунке первая пара хромосом представлена крупным метацентриком, образовавшимся в результате слияния двух пар метацентрических хромосом средних размеров — № 3 и 4. Такая пара хромосом имеет двойной номер: 3/4, 3/4. В гетерозиготном состоянии крупный метацентрик будет иметь номер 3/4, а непарные метацентрики — номера 3 и 4. Такой же принцип нумерации приведен и для другой хромосомной перестройки, в результате которой в кариотипе появляются 3 непарные хромосомы: № 11/20 — метацентрик, № 11 — акроцентрик и № 20 — акроцентрик (см. рисунок).

Примечательно, что кариотип с максимальным числом хромосом (44), взятый за основу нумерации хромосом для этого вида, обнаружен только у 2 особей из одной популяции в Бурятии (Ковальская, 1977; Мейер и др., 1996). Нумерация хромосом приведена для 41 хромосомной особи полевки Максимовича из Забайкальского края (форма А:  $2n = 39—44$ , NF = 53—60), где показана хромосомная перестройка робертсоновского типа (№ 11 + № 20), находящаяся в гетерозиготном состоянии. Аналогичная хромосомная перестройка была ранее отмечена для полевки Максимовича хромосомной формы С ( $2n = 39—41$ , NF = 55—60: ДПХ = 16—19, АЦХ = 22—26), найденной близ г. Хабаровска, в окрестностях ст. Утиная (Мейер и др., 1996), и в среднем течении р. Амур в Норском заповеднике (Kartavtseva et al., 2008). Чтобы подтвердить образование метацентрика средних размеров парами № 11 и 20, необходимо было провести FISH с прайнинг-пробами пар № 5 и 14 *M. agrestis* на хромосомы полевки Максимовича из популяций, относимых к хромосомной форме С.

Нами был проведен такой анализ для полевки Максимовича из Норского заповедника Амурской обл. Используя Zoo FISH (по: Lemskaya et al., 2010), мы подтвердили образование метацентрика средних размеров путем робертсоновского слияния акроцентрических пар № 11 и 20. Однако чтобы интерпретировать полученные данные на характер хромосомных перестроек в различных популяциях исследуемых хромосомных форм, необходимы дополнительные исследования с привлечением Zoo FISH. Очевидно, что привлечение этого метода в исследование хромосомной изменчивости полевки Максимовича позволит с большой долей достоверности показать характер всех хромосомных перестроек в различных географических популяциях.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российской фонда фундаментальных исследований (проекты 12-04-00662а, 11-04-00673 и 12-04-00100), а также СО и ДВО РАН (ДВО-12-II-СО-06-018 и СО-98).

## Список литературы

- Громов И. М., Ербаева М. А. 1995. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Зайцеобразные и грызуны. СПб.: ЗИН РАН. 520 с.
- Ковальская Ю. М. 1977. Хромосомный полиморфизм *Microtus maximowiczi* Schrenk, 1858 (Rodentia, Cricetidae). Бюл. Москов. об-ва испытателей природы. 82 (2) : 38—48.
- Ковальская Ю. М., Хомоху Н., Орлов В. Н. 1980. Географическое распространение хромосомных мутаций и структура вида *Microtus maximowiczi* (Rodentia, Cricetidae). Зоол. журн. 59 (12) : 1862—1867.
- Мейер М. Н., Голенищев Ф. Н., Раджабли С. И., Саблина О. Л. 1996. Серые полевки фауны России и сопредельных территорий. СПб.: ЗИН РАН. 320 с.
- Haring E., Sheremetyeva I., Kryukov A. 2011. Phylogeny of Palearctic vole species (genus *Microtus*, Rodentia) based on mitochondrial sequences. Mamm. Biol. 76 : 258—267.
- Kartavtseva I. V., Sheremetyeva I. N., Korobitsina K. V., Nemkova G. A., Konovalova E. V., Korablev V. P., Voyta L. L. 2008. Chromosomal forms of *Microtus maximowiczi* (Schrenck, 1859) (Rodentia, Cricetidae): variability in 2n and NF in different geographic regions. Russ. J. Teryol. 7 : 89—97.
- Lemskaya N. A., Romanenko S. A., Golenishchev F. N., Rubtsova N. V., Sablina O. V., Serdukova N. A., O'Brien P. C. M., Fu B., Yiğit N., Ferguson-Smith M. A., Yang F., Graphodatsky A. S. 2010. Chromosomal evolution of Arvicolinae (Cricetidae, Rodentia). III. Karyotype relationships of ten *Microtus* species. Chromosome Res. 18 : 459—471.
- Volobouev V. 2011. Chromosomal changes and speciation in mammals. In: VIth European Congress of Mammalogy. Paris, France. 19—23 July, 2011, Museum National d'Historie Naturale. 40.

Поступила 26 XI 2012

## CHROMOSOMES VARIABILITY OF THE MAXIMOWICZ'S VOLE *MICROTUS MAXIMOWICZII* (RODENTIA, CRICETIDAE, *MICROTUS*)

I. V. Kartavtseva,<sup>1</sup> I. N. Scheremetyeva,<sup>1</sup> S. A. Romanenko,<sup>2</sup> O. L. Gladkikh,<sup>2</sup> A. B. Ryabkova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institute of Biology and Soil Science FEB RAS, Vladivostok, <sup>2</sup> Institute of Molecular and Cellular Biology SB RAS, Novosibirsk, and <sup>3</sup> Khabarovsk Antiplague Station; e-mail: irina-kar52@rambler.ru, sheremet76@yandex.ru

The numeration of the chromosomes, which can be used to describe the karyotypes of various chromosomal forms from different geographical regions, has been proposed for the Maximowicz's vole *Microtus maximowiczi*. Application of FISH analysis has allowed us to show homology of Robertsonian rearrangement (11/20) inkaryotypes of voles from Transbaikalia ( $2n = 41$ ) and voles from Norsky reservation in Amur Region ( $2n = 40$ ).

**Key words:** *Microtus maximowiczi*, Maximowicz's vole, chromosomes.