УДК 576.316.7+597.584.4

КАРИОТИП СЕДЛОВИДНОГО БЫЧКА *MICROCOTTUS SELLARIS* (GILBERT, 1896) (COTTIDAE: MYOXOCEPHALINAE)

© 2020 г. И. Н. Морева*

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, Владивосток 690041, Россия *e-mail: irruz@yandex.ru Поступила в редакцию 11.12.2018 г. После доработки 03.03.2019 г. Принята к публикации 11.04.2019 г.

Впервые изучен кариотип седловидного бычка *Microcottus sellaris* (Gilbert, 1896) (семейство Cottidae) из Японского и Охотского морей. Кариотип стабилен, включает 42 хромосомы (2 метацентрические, 2 субметацентрические, 32 субтелоцентрические и 6 акроцентрических хромосом); число хромосомных плеч 46. Проведен сравнительный анализ основных признаков кариотипов *M. sellaris* и дальневосточных видов рода *Myoxocephalus* (япономорского и охотоморского *M. stelleri*, *M. brandtii*, *M. jaok*, *M. ochotensis* и *M. polyacanthocephalus*). Выявлены признаки, позволяющие дифференцировать *M. sellaris* от видов рода *Myoxocephalus*, и общие признаки, указывающие на их родство.

Ключевые слова: седловидный бычок, *Microcottus sellaris*, Японское море, Охотское море, кариотип **DOI:** 10.31857/S0134347520010076

Род Microcottus относится к большой группе бычков-керчаков – к подсемейству Муохоcephalinae отряда скорпенообразных рыб (Scorpaeniformes). В состав рода входят матуанский бычок M. matuaensis Yabe, Pietsch, 2003, обитающий в прибрежных водах восточной части о-ва Матуа (центральные Курильские острова), и седловидный бычок *M. sellaris* (Gilbert, 1896), широко распространенный в северной части Тихого океана в Беринговом, Охотском и Японском (вдоль материка на юг до зал. Петра Великого) морях, а также у юго-восточной Камчатки, Курильских островов и в южной части Чукотского моря (Неелов, 1979; Yabe et al., 1983; Линдберг, Красюкова, 1987; Черешнев и др., 2001; Федоров и др., 2003; Соколовский и др., 2007; Парин и др., 2014; Mecklenburg et al., 2016; Fricke et al., 2018).

Сведения о биологии *M. sellaris* ограничены. Известно, что седловидный бычок ведет донный образ жизни, встречается в прибрежье на глубине от 0 до 60 м и переносит значительное опреснение (Неелов, 1979; Черешнев и др., 2001; Mecklenburg et al., 2002; Соколовский и др., 2011). Морфология *M. sellaris* достаточно хорошо изучена, однако данный вид обладает значительным морфологическим сходством с видами родов *Муохосерhalus* и *Porocottus* (Шмидт, 1950; Андрияшев, 1954; Неелов, 1979; Линдберг, Красюкова, 1987), вследствие этого единое мнение о его систематическом положении долгое время отсутствовало (Солдатов, Линдберг, 1930; Таранец, 1937; Matsubara, 1955).

После ревизии подсемейства Муохосерhalinae (Неелов, 1979) сравнительные морфологические исследования *M. sellaris* не проводились. Известна единственная работа, в которой описан *M. matuaensis* (см.: Yabe, Pietsch, 2003). Информация о поимке этого вида где-либо кроме о-ва Матуа в литературе отсутствует. Данных о молекулярно-генетических исследованиях представителей рода *Miсгосоttus* нет. Кариотипы видов неизвестны.

Очевидно, для уточнения таксономической структуры рода *Microcottus* необходимы дальнейшие исследования, в том числе и кариологическими методами. Основные признаки кариотипов керчаковых рыб позволяют надежно дифференцировать близкородственные виды и устанавливать их родственные отношения. Признаки кариотипов могут быть использованы как дополнительные маркеры при решении таксономических задач в этой группе рыб, включающей много видов и форм с дискуссионным статусом и со сложной диагностикой. Эффективность их использования подтверждена результатами изучения видов родов *Муохосерhalus, Megalocottus* и *Enophrys* (Морева, Борисенко, 2015, 2017; Морева и др., 2017).

Цель настоящей работы — изучение кариотипа *M. sellaris* из Японского и Охотского морей и его сравнение с кариотипами дальневосточных видов рода *Myoxocephalus* для выяснения степени их ка-

M XX 1 CMXX CT 00 00 2 3 00 AA AA AA AA AA AA 12 5 ^ ^ A A 18 13 Ann 19 21

Рис 1. Кариограмма седловидного бычка *Microcottus* sellaris из Охотского и Японского морей: 2n = 42, NF = 46. Условные обозначения: М — мета-, СМ — субмета-, СТ — субтело-, А — акроцентрические хромосомы. Увеличение: 10×100 .

риологической дифференциации и уточнения родственных отношений видов этих родов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Изучены кариотипы восьми экземпляров вида *Microcottus sellaris* (3 самки, 3 самца и 2 неполовозрелые особи), пойманных в Японском море в зал. Восток с помощью сачка, в зал. Ольга мальковым неводом и в Охотском море в зал. Одян на удочку. Идентификацию особей проводили по внешним морфологическим признакам.

Материалом для работы послужили хромосомные препараты, приготовленные по методу воздушного высушивания (Kligerman, Bloom, 1977) с небольшими модификациями. Гипотонический раствор подогревали до температуры 37°С. Время гипотонирования суспензии было увеличено до 40 мин. Хромосомы окрашивали рутинно 4% раствором красителя Гимза (Giemsa), затем анализировали их качество под микроскопом и готовили серии препаратов для подробного анализа.

В метафазных пластинках выделяли хромосомы нескольких морфологических типов. Равноплечие метацентрические (М) и неравноплечие субметацентрические (СМ) хромосомы относили к двуплечим, субтелоцентрические (СТ) с очень коротким вторым плечом и акроцентрические (А) с невидимым вторым плечом – к одноплечим хромосомам. Для сравнительного анализа использовали описанные ранее кариотипы керчаков рода *Муохосерhalus*: снежного *M. brandtii*, охотского *M. ochotensis*, многоиглого *M. polyacanthocephalus*, дальневосточного *M. stelleri* и керчака-яока *M. jaok* (см.: Морева, Борисенко, 2017).

БИОЛОГИЯ МОРЯ том 46 № 1 2020

РЕЗУЛЬТАТЫ

Описание кариотипа *Microcottus sellaris* составлено по результатам анализа 228 рутинно окрашенных метафазных пластинок. Кариотип содержит 42 хромосомы (2*n*), включает 2 M, 2 CM, 32 CT и 6 A хромосом; число хромосомных плеч (NF) – 46 (рис. 1).

Двуплечие хромосомы седловидного бычка представлены парой М хромосом (рис. 1, пара 1), которые хорошо идентифицируются во всех изученных метафазных пластинках. Пара 2 — крупные СМ хромосомы (рис. 1). Ряд одноплечих хромосом состоит из двух пар крупных СТ хромосом (рис. 1, пары 3 и 4). Эти хромосомы и СМ хромосомы пары 2 сходны по размеру, они значительно больше, чем М хромосомы пары 1. Остальные 14 пар СТ хромосом (пары 5–18) выделены в плавно уменьшающийся по размерам ряд. В порядке уменьшения размеров также расположены А хромосомы (рис. 1, пары 19–21).

Пары M, CM хромосом и две пары крупных CT хромосом хорошо идентифицируются во всех исследованных метафазных пластинках и рассматриваются нами как маркерные в кариотипе *M. sellaris*.

Изменчивости по числу и морфологии хромосом не обнаружено, различия между кариотипами самцов и самок не выявлены. Встречаемость отдельных клеток с меньшим или большим числом хромосом можно объяснить методическими погрешностями при изготовлении препаратов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Морфологические признаки седловидного бычка характеризуются значительной изменчивостью. Вследствие этого экземпляры *Microcottus* sellaris из разных мест обитания описывали как отдельные виды. Среди них Porocottus quadratus Bean. 1898, который был выловлен в прибрежных водах о-ва Беринга (Командорские острова, Берингово море); Myoxocephalus parvulus Gilbert, Burke, 1912, пойманный в б. Преображения (северное Приморье) Японского моря и на литорали о-ва Медный (Командорские острова, Берингово море) (Линдберг, Красюкова, 1987; Парин и др., 2014; Fricke et al., 2018). Экземплярам, выловленным в прибрежье Шантарских островов, в Пенжинской губе и в северной части Охотского моря, был присвоен подвидовой статус: Porocottus ochotensis sellaris Schmidt, 1929 (Парин и др., 2014). Проведенное нами исследование M. sellaris из Охотского (Тауйская губа) и Японского (заливы Ольга и Восток) морей показало, что кариотипы особей идентичны: 2n = 42, NF = 46 (рис. 1).

Несмотря на значительное морфологическое сходство *M. sellaris* и видов рода *Myoxocephalus*, седловидный бычок отличается от них отсутстви-

MOPEBA

Вид	Признаки кариотипа											
	2 <i>n</i>	NF	Мкр.	Mcp.	Мм.	СМкр.	СМм.	CM-CT	СТкр.	СТср., м.	Акр.	Аср., м.
Myoxocephalus brandtii	44	46 + 2	2	_	_	_	_	2	4	14	2	20
M. ochotensis	42	44 + 2	-	-	2	_	_	2	4	14	_	20
M. polyacanthocephalus	40	44 + 2	2	-	2	_	_	2	6	14	_	14
<i>M. stelleri</i> (Охотское море)	44	44 + 2	_	_	_	_	-	2	6	22	_	14
<i>M. stelleri</i> (Японское море)	40	44 + 2	2	_	_	2	-	2	6	14	_	14
M. jaok	24	44	6	8	2	4	_	-	_	_	_	4
Microcottus sellaris	42	46	2	—	_	—	2	_	4	28	_	6

Таблица 1. Признаки кариотипов Microcottus sellaris и видов рода Myoxocephalus

Примечание. Сокращения кр., ср. и м. – соответственно крупные, средние и мелкие хромосомы.

ем щели или отверстия в виде поры за четвертой жаберной дугой, изогнутыми верхними предкрышечными шипами (у *Myoxocephalus* они всегда прямые) и наличием очень широкой кожистой перепонки, соединяющей брюшные плавники с брюхом (Шмидт, 1950; Андрияшев, 1954; Неелов, 1979; Линдберг, Красюкова, 1987; Mecklenburg et al., 2002, 2016).

На основании проведенного анализа выявлены сходства и различия кариотипов седловидного бычка и видов рода *Myoxocephalus* (табл. 1). *M. sel*laris (2n = 42) отличается от дальневосточных видов рода Myoxocephalus, за исключением M. ochotensis (2n = 42), по числу хромосом (охотоморский *M. stelleri* -2n = 44, *M. brandtii* -2n = 44, япономорский *M. stelleri* -2n = 40, *M. polvacanthocepha*lus - 2n = 40, M. jaok - 2n = 24). Как и у большинства керчаков, кариотип M. sellaris состоит преимущественно из одноплечих хромосом. Обнаруженное отличие седловидного бычка от видов рода *Myoxocephalus* по 2*n* может являться следствием разного числа робертсоновских транслокаций, произошедших в процессе эволюции их хромосомных наборов. Проведенные ранее исследования керчаковых рыб показали, что робертсоновские транслокации — это основной механизм эволюционного изменения кариотипов не только видов рода *Myoxocephalus*, но и представителей родов Megalocottus и Enophrys (Васильев, 1985; Морева, Борисенко, 2014, 2017; Морева и др., 2017).

В кариотипах керчаков можно выделить сходные по размерам и морфологии маркерные хромосомы. Размеры М хромосом у седловидного бычка соответствуют размерам М хромосом у *M. ochotensis*, а также мелких М хромосом у *M. jaok* и *M. polyacanthocephalus*. По сравнению с М хромосомами *M. sellaris*, у япономорского *M. stelleri* и *M. brandtii* М хромосомы более крупные. У охотоморского *M. stelleri*, в отличие от *M. sellaris* и изученных видов рода *Муохосеphalus*, двуплечие хромосомы отсутствуют. В хромосомном наборе седловидного бычка так же, как у япономорского *M. stelleri* и *M. jaok*, содержатся CM хромосомы. Однако их размеры значительно меньше размеров CM хромосом этих видов. Отличия седловидного бычка от япономорского *M. stelleri* и *M. brandtii* по размеру M хромосом, а от *M. jaok* и япономорско-го *M. stelleri* по размеру CM хромосом, вероятно, обусловлены вовлечением в робертсоновские транслокации одноплечих хромосом разных размеров.

У седловидного бычка, как и у япономорского и охотоморского M. stelleri, M. brandtii, M. ochotensis и M. polyacanthocephalus, имеется две пары СТ хромосом, более крупных, чем остальные одноплечие хромосомы в его кариотипе. Однако у M. sellaris они значительно меньше крупных CT хромосом видов рода Myoxocephalus. Остальные одноплечие хромосомы у седловидного бычка, как и у *M. ochotensis*, среднего и мелкого размера. В отличие от них, у M. brandtii, M. polyacanthocephalus, япономорского и охотоморского M. stelleri можно выделить еще одну пару крупных одноплечих хромосом, маркерную для этих видов. Число одноплечих хромосом у *M. sellaris* (38) и у видов рода *Myoxocephalus* различно: у охотоморского M. stelleri — 44, у M. brandtii — 42, у япономорского M. stelleri – 36, у M. polyacanthocephalus – 36 и у *M. jaok* — 4.

Седловидный бычок отличается от всех дальневосточных керчаков по числу хромосомных плеч (NF = 46). Виды рода *Муохосерhalus* по данному признаку можно разделить на три группы. К первой группе относится *M. brandtii* (NF = 46 + 2), вторую группу составляют *M. polyacanthocephalus*, япономорский и охотоморский *M. stelleri*, а также *M. ochotensis* (NF = 44 + 2). Общим признаком керчаков этих групп является наличие хромосом неопределенной морфологии (CM–CT), поэтому в NF указаны два дополнительных хромосомных плеча: +2. К третьей группе относится *M. jaok* (NF = 44), у которого пара CM–CT хромосом отсутствует. В метафазных пластинках *M. sellaris* все хромосомы хорошо идентифицируются. Отличие седловидного бычка по NF от *M. ochotensis* обусловлено различиями их кариотипов по морфологии хромосом, а от остальных представителей рода *Myoxocephalus* – по числу и морфологии хромосом.

Сравнительный кариологический анализ выявил общие признаки *M. sellaris* и видов рода *Myoxocephalus*. Седловидный бычок и охотский керчак имеют одинаковое число хромосом. У *M. sellaris* есть маркерные хромосомы, сходные с таковыми у видов рода *Myoxocephalus*: пара M хромосом, соответствующих по размеру M хромосомам *M. ochotensis*, *M. jaok* и *M. polyacanthocephalus*; пара CM хромосом, как у япономорского *M. stelleri* и *M. jaok*; две пары CT хромосом, как у большинства видов (кроме *M. jaok*) рода *Myoxocephalus*. В кариотипе седловидного бычка, как и у керчаков рода *Myoxocephalus* (кроме *M. jaok*), большинство хромосом одноплечие – субтело- и акроцентрические.

Дифференцировать M. sellaris и виды рода Myoxocephalus позволяют не только морфологические признаки, но и существенные различия, обнаруженные в их хромосомных наборах. Маркерные М, СМ и две пары СТ хромосом седловидного бычка отличаются по размеру от маркерных М хромосом япономорского *M. stelleri* и *M. brandtii*; от СМ хромосом М. jaok и япономорского *M. stelleri*; от двух пар СТ хромосом *M. brandtii*, *M. ochotensis*, *M. polyacanthocephalus*, япономорского и охотоморского *M. stelleri*. Седловидный бычок отличается от *M. ochotensis* по морфологии хромосом и числу хромосомных плеч, а от *M. brandtii*, *M. jaok*, *M. polyacanthocephalus*, япономорского и охотоморского *M. stelleri* – по числу и морфологии хромосом, а также по числу хромосомных плеч в их кариотипах.

Таким образом, в результате настоящего исследования установлен комплекс кариологических признаков, позволяющих проводить надежную идентификацию вида *M. sellaris*. Показано, что хромосомные наборы *M. sellaris* и керчаков рода *Myoxocephalus* имеют общие признаки, указывающие на их родство. Обнаруженные существенные различия кариотипов седловидного бычка и видов рода *Myoxocephalus* подтверждают данные сравнительного анализа сейсмосенсорной системы и морфологических признаков, в соответствии с которыми род *Microcottus* был выведен из состава трибы *Myoxocephalini* и включен в отдельную трибу *Microcottini* (Неелов, 1979).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

БИОЛОГИЯ МОРЯ том 46 № 1 2020

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ НОРМ

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке Программы "Дальний Восток" (проект № 18-4-002).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андрияшев А.П. Рыбы северных морей СССР. М.; Л.: Изд. АН СССР. 1954. 556 с.
- *Васильев В.П.* Эволюционная кариология рыб. М.: Наука. 1985. 299 с.
- Линдберг Г.У., Красюкова З.В. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Л.: Наука. 1987. Ч. 5. 522 с.
- Морева И.Н., Борисенко С.А. Кариотип северной дальневосточной широколобки Megalocottus platycephalus platycephalus (Pisces: Cottidae) из залива Одян Охотского моря // Биол. моря. 2014. Т. 40. № 2. С. 137–142.
- Морева И.Н., Борисенко С.А. Кариотип южной дальневосточной широколобки Megalocottus platycephalus taeniopterus (Kner, 1868) (Pisces: Cottidae) из залива Восток Японского моря // Биол. моря. 2015. Т. 41. № 6. С. 425–429.
- Морева И.Н., Борисенко С.А. Кариотип многоиглого керчака *Myoxocephalus polyacanthocephalus* (Pallas, 1814) (Pisces: Cottidae) из российской части ареала // Биол. моря. 2017. Т. 43. № 1. С. 64–69.
- Морева И.Н., Радченко О.А., Петровская А.В. и др. Молекулярно-генетический и кариологический анализ двурогих бычков группы *Enophrys diceraus* (Cottidae) // Генетика. 2017. Т. 53. № 9. С. 1086–1097.
- Неелов А.В. Сейсмосенсорная система и классификация керчаковых рыб (Cottidae: Myoxocephalinae, Artediellinae). Л.: Наука. 1979. 208 с.
- Парин Н.В., Евсеенко С.А., Васильева Е.Д. Рыбы морей России: аннотированный каталог. М.: Товарищество науч. изд. КМК. 2014. 733 с.
- Соколовский А.С., Дударев В.А., Соколовская Т.Г. и др. Рыбы российских вод Японского моря (аннотированный и иллюстрированный каталог). Владивосток: Дальнаука. 2007. 199 с.
- Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. Рыбы залива Петра Великого. Владивосток: Дальнаука. 2011. 431 с.
- Солдатов В.К., Линдберг Г.У. Обзор рыб дальневосточных морей // Изв. ТИНРО. 1930. Т. 5. С. 576.
- *Таранец А.Я.* Краткий определитель рыб советского Дальнего Востока и прилежащих вод // Изв. ТИНРО. 1937. Т. 11. С. 112–115.
- Федоров В.В., Черешнев И.А., Назаркин М.В. и др. Каталог морских и пресноводных рыб северной части Охотского моря. Владивосток: Дальнаука. 2003. 206 с.

- Черешнев И.А., Волобуев В.В., Хованский И.Е. и др. Прибрежные рыбы северной части Охотского моря. Владивосток: Дальнаука. 2001. 197 с.
- Шмидт П.Ю. Рыбы Охотского моря. М.; Л.: Изд. АН СССР. 1950. 370 с.
- *Fricke R., Eschmeyer W.N., van der Laan R.* (eds.) Eschmeyer's catalog of fishes: Genera, species, references. 2018. (http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp). Electronic version accessed March 01, 2019.
- *Kligerman A.D., Bloom S.E.* Rapid chromosome preparations from solid tissues of fishes // J. Fish. Res. Board Can. 1977. V. 34. P. 266–269.
- Matsubara K. Fish Morphology and Hierarchy. Tokyo: Ishizaki-Shoten. 1955. Part II. 814 p.

- Mecklenburg C.W., Mecklenburg T.A., Thorsteinson L.K. Fishes of Alaska. Bethesda, Md.: Am. Fish. Soc. 2002. 1037 p.
- Mecklenburg C.W., Mecklenburg T.A., Sheiko B.A., Steinke D. Pacific Arctic Marine Fishes // CAFF Monitoring Series Report No. 23. Akureyri, Iceland: Conservation of Arctic Flora and Fauna. 2016. 406 p.
- Yabe M., Maruyama S., Amaoka K. First records of five cottid fishes and psychrolutid fish from Japan // Jpn. J. Ichthyol. 1983. V. 29. № 4. P. 456–464.
- Yabe M., Pietsch T.W. A new sculpin, Microcottus matuaensis, from the central Kuril Archipelago (Scorpaeniformes: Cottidae) // Ichthyol. Research. 2003. V. 50. № 3. P. 276–280.

The Karyotype of the Brightbelly Sculpin *Microcottus sellaris* (Gilbert, 1896) (Cottidae: Myoxocephalinae)

I. N. Moreva

Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok 690041, Russia

The karyotype of the brightbelly sculpin *Microcottus sellaris* (Gilbert, 1896) (family Cottidae) from the Sea of Japan and Sea of Okhotsk has been studied for the first time. The karyotype is stable; it includes 42 chromosomes (2 metacentric, 2 submetacentric, 32 subtelocentric, and 6 acrocentric chromosomes); the number of chromosome arms is 46. A comparative analysis of the basic karyotype traits is carried out for *M. sellaris* and for the Far Eastern species of the genus *Myoxocephalus* (*M. stelleri* from the Sea of Japan and Sea of Okhotsk, *M. brandtii, M. jaok, M. ochotensis*, and *M. polyacanthocephalus*). The traits that allow differentiation of *M. sellaris* from species of the genus *Myoxocephalus*, as well as the common traits indicating their relationship, are identified.

Keywords: brightbelly sculpin, Microcottus sellaris, Sea of Japan, Sea of Okhotsk, karyotype