

УЛЬТРАСТРУКТУРА ГАМЕТ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА *ICELUS* (PISCES: COTTIDAE)

© С. Ю. Незнанова

Институт биологии моря им. А. В. Жирмунского, Национальный научный центр морской биологии ДВО РАН, Владивосток, 690059;
электронный адрес: tasou@yandex.ru

С помощью сканирующей и трансмиссионной электронной микроскопии изучены морфология сперматозоидов *Icelus spiniger* и яйцевых оболочек *I. spiniger* и *I. spatula*. Сперматозоиды имеют удлинённую головку, уплощённую с одной стороны, с незначительной центриольной ямкой, многочисленными митохондриями в средней части. Аксонома имеет строение, описываемое формулой $9 + 2$. Ооциты обоих видов имеют фолликулярную оболочку, хорион и лучистую оболочку.

Ключевые слова: ультраструктура гамет, сперматозоид, оболочки ооцитов, Cottidae, *Icelus spiniger*, *I. spatula*.

Представители рода *Icelus* — донные рыбы семейства Cottidae, основной областью обитания которых являются придонные воды нижней части шельфа и прилегающей к нему верхней зоны материкового склона. Встречаются ищелы до глубин 500 м и более. Несмотря на то что в некоторых районах ищелы являются одними из наиболее массовых представителей семейства керчаковых (Cottidae), занимающих в сообществе донных рыб северо-западной части Тихого океана одно из лидирующих мест по биомассе и численности, сведения по их биологии практически отсутствуют (Борец, 1997; Токранов, Орлов, 2013). Семейство керчаковых относится к группе яйцекладущих рыб, самцы имеют уrogenитальную папиллу, но не все виды спариваются перед нерестом. У спаривающихся видов оплодотворенные в половых путях самки икринки откладываются во внешнюю среду, где происходит окончательное слияние гамет (Соин, 1981; Munehara et al., 1989, 1991; Иванков, 2001).

Среди позвоночных рыбы демонстрируют наибольшее разнообразие в структуре сперматозоидов, эволюция которых связана с репродуктивными особенностями видов. У представителей костистых рыб с наружным оплодотворением спермии имеют овальную или шаровидную головку, в их средней части располагаются митохондрии, окружающие две центриоли. Жгутик образован аксонемой без дополнительных структур. Спермии высших костистых рыб (Teleostei) обладают одним характерным признаком, отличающим их от всех других позвоночных животных, — отсутствием акросомы (Jamieson, 1991; Mattei, 1991). У видов с внутренним оплодотворением сперматозоиды имеют головку вытянутой формы, хорошо развитую среднюю часть с многочисленными митохондриями (Billard, 1970; Mattei, 1991). В семействе Cottidae форма спермиев очень разнообразна. Встречаются как сперматозоиды почти круглой формы с дискообразным ядром и маленькой средней частью (*Cottus bairdii*), так и сперматозоиды с сильно вытянутым ядром и большой средней частью (*Blennicottus globiceps*) (Hann, 1930). Такая вари-

бельность, вероятно, связана с внутренним осеменением у некоторых видов (Hann, 1930; Stanley, 1969; Hayakawa, Munehara, 2004). Наравне с обычными сперматозоидами у некоторых видов керчаковых отмечены aberrantные сперматозоиды — парасперматозоиды, предположительно участвующие в блокировке неродственных сперматозоидов и повышающие шансы на оплодотворение (Hann, 1930; Quintio, Takahashi, 1992; Hayakawa et al., 2002, 2007; Hayakawa, Munehara, 2004). Сведения о строении оболочек ооцитов в этом семействе отсутствуют. В данной работе впервые изучена ультраструктура гамет представителей рыб рода *Icelus*, представляющих интерес как малоизученные глубоководные виды с возможным внутренним осеменением.

Цель работы — изучение ультраструктуры сперматозоидов *I. spiniger*, выявление aberrantных спермиев, если таковые имеются, и особенностей строения оболочек ооцитов *I. spiniger* и *I. spatula*.

Материал и методика

Три экземпляра — самец *I. spiniger* и две самки *I. spiniger* и *I. spatula* — были пойманы в Охотском море в августе 2015 г. Для трансмиссионной электронной микроскопии фрагменты гонад фиксировали в течение 2 ч в 2.5%-ном глутаральдегиде, приготовленном на 0.1 М какодилатном буфере (pH 7.4), с постфиксацией в 2%-ной четырехокиси осмия в течение 2 ч на том же буфере. Материал обезвоживали в спиртах возрастающей концентрации (от 30%-ного до 96%-ного этилового спирта, по 10—20 мин в каждом растворе), выдерживали в смеси 96%-ного спирта и ацетона (3 : 1, 1 : 1 и 1 : 3) и в чистом ацетоне (5—10 мин в каждом растворе) и заключали в смесь Эпона и Аралдита (Sigma, США). Ультратонкие срезы получали на ультрамикротоме Leica UC6 (Германия). Срезы, контрастированные уранил-ацетатом и цитратом свинца, исследовали и фотографировали с помощью

трансмиссионного электронного микроскопа Zeiss Libra 120 (Германия) при ускоряющем напряжении 120 кВ. Для сканирующей электронной микроскопии каплю глутаральдегида с взвешенными в ней спермиями наносили на покровное стекло, предварительно покрытое поли-L-лизина гидробромидом. Затем материал обезживали в серии спиртов и ацетонов с последующим высушиванием на установке 3ΔL-ТЕС (Германия). Напыление платиной проводили в ионном напылителе JFC-1600 (Германия). Просмотр, фотографирование и измерение объектов производили на сканирующих электронных микроскопах Zeiss EVO 40 и Zeiss Sigma при ускоряющем напряжении

25 кВ с помощью программы SmartTiff Installation Guide (Германия). Всего было проанализировано 25 сперматозоидов по шести параметрам: длина, ширина и высота головки, длина средней части, количество митохондрий и длина жгутика.

Результаты

Ультраструктура сперматозоидов *I. spiniger*. Сперматозоиды имеют вытянутую, уплощенную с одной стороны головку и длинный жгутик (рис. 1, а—в). Общая длина головки составляет 2.63 ± 0.06 мкм,

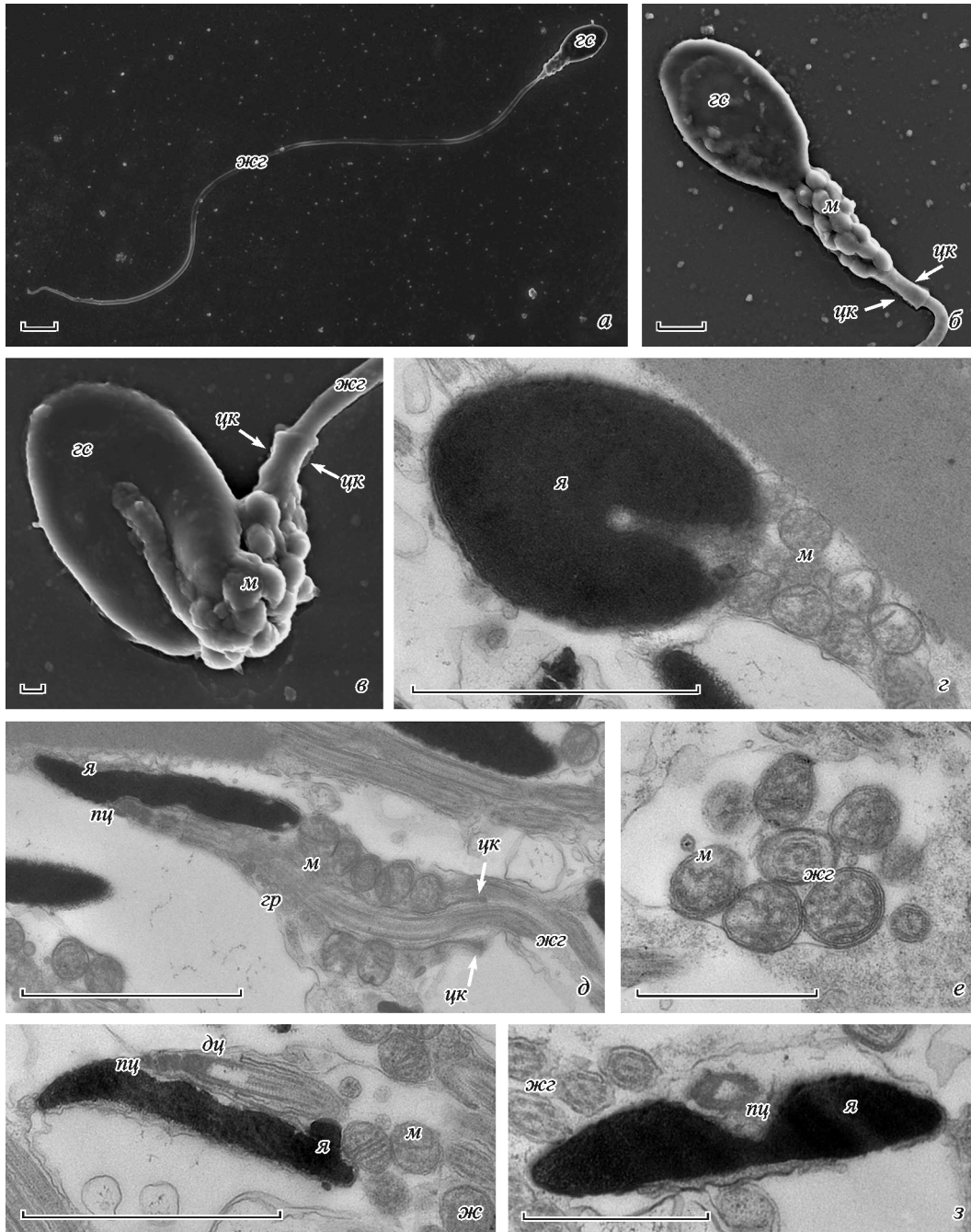


Рис. 1. Внешний вид и ультраструктурная организация сперматозоидов *Icelus spiniger*.

а—в — внешний вид сперматозоида и головки сперматозоида (сканирующая электронная микроскопия). г—ж — особенности ультраструктуры сперматозоидов (трансмиссионная электронная микроскопия): г — фронтальный срез; д, ж — сагиттальный срез; е — поперечный срез на уровне митохондрий; з — поперечный срез ядра. зс — головка сперматозоида, жсг — жгутик, м — митохондрия, дц — дистальная центриоль, пц — проксимальная центриоль, я — ядро, эпг — электронно-плотные гранулы, цк — цитоплазматический канал. Масштабные отрезки: а, г, д, ж — 2 мкм; б, е, з — 1 мкм; в — 200 нм.

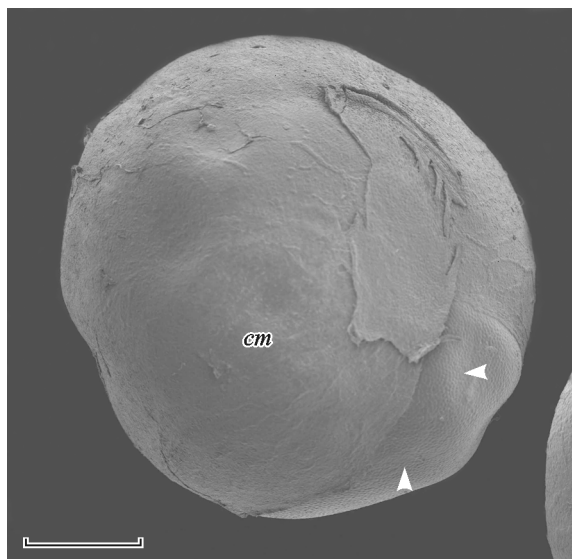


Рис. 2. Внешний вид ооцита *Icelus spiniger*.

Сканирующая электронная микроскопия. *cm* — соединительнотканная оболочка. Масштабный отрезок — 200 мкм.

ширина — 1.65 ± 0.02 , толщина — 0.41 ± 0.02 , длина жгутика — 40.37 ± 0.50 мкм. Уплющенную форму головки можно наблюдать в продольном и поперечном сечениях (рис. 1, *д, ж, з*). Хроматин в ядрах сперматозоидов имеет одинаковую электронную плотность (рис. 1, *з, д, ж*). В зоне верхней трети ядра находится неглубокая нуклеолярная ямка, в которой локализован центриольный аппарат, состоящий из двух центриолей, расположенных последовательно (рис. 1, *д, ж*). Центриольный аппарат расположен слегка асимметрично по отношению к головке и средней части сперматозоида. Тонкий цитоплазматический рукав окружает проксимальную часть хвостика сперматозоида (рис. 1, *б, в, д*). Средняя часть содержит многочисленные митохондрии располагающиеся друг за другом, длина средней части составляет в среднем 2.16 ± 0.05 , ширина — 0.7 ± 0.02 мкм (рис. 1, *б—д*). Аксонома жгутика имеет типичное строение, описываемое формулой $9 + 2$, и окружена мембраной (рис. 1, *е*). Аберрантных сперматозоидов или сперматид в ходе исследования обнаружено не было.

Ультраструктура оболочки ооцитов *I. spiniger*, *I. spatula*. При изучении с помощью сканирующей электронной микроскопии видно, что поверхность ооцитов *I. spiniger* и *I. spatula* имеет сходную морфологию — шероховатая, без пор и ворсинок (рис. 2). При изучении с помощью трансмиссионной электронной микроскопии видно, что яйцевые оболочки вителлогенных ооцитов двух видов имеют сходную ультраструктуру и состоят из нескольких слоев — фолликулярного эпителия, тонкого электронно-плотного хориона и лучистой или первичной оболочки (*zona radiata*) (рис. 3, *а, в*). Над фолликулярным эпителием располагается базальная мембрана и соединительнотканная оболочка (рис. 3, *а—з*). В клетках фолликулярного эпителия, примерная толщина которого составляет у *I. spiniger* 9.67, у *I. spatula* — 12.87 мкм, хорошо заметны ядра, многочисленные вакуоли и митохондрии (рис. 3, *б, з*). Лучистая оболочка ооцитов *I. spiniger* имеет толщину примерно 25.58, *I. spatula* — около 40.66 мкм. Слои лучистой оболочки имеют хорошо выраженную параллельную исчерченность, соотно-

шение внешних и внутренних более плотно упакованных слоев у *I. spiniger* и *I. spatula* примерно одинаково (рис. 3, *а, в*). Радиальные каналы частые, крупные (рис. 3, *а, в*).

Обсуждение

Сперматозоиды вида *I. spiniger* демонстрируют примитивную морфологию, как у большинства других костистых рыб, имеющих внешнее оплодотворение. Головка имеет обтекаемую форму и лишена каких-либо апикальных структур, хроматин ядра имеет одинаковую электронную плотность, плотно упакован, что достаточно часто встречается у рыб (Jamieson, 1991; Дроздов, Иванков, 2000). Проксимальная центриоль располагается на одной оси с базальным телом и ориентирована в этом же направлении. Сперматозоиды представителей семейства Cottidae можно подразделить на три типа — овальный, удлинённый и промежуточный (Hann, 1930). Сравнивая полученные нами результаты с литературными данными, можно отметить, что форма головки сперматозоида *I. spiniger* сходна с *Ascelichthys rhodorus* и *Alcichthys alcicornis*, структура хроматина сходна с *Oligocottus maculosus* и *A. alcicornis* (Hann, 1930; Stanley, 1969; Koya et al., 1993). Спермии *A. rhodorus*, *A. alcicornis* и *O. maculosus* относят к промежуточному типу из-за вытянутого, тонкого ядра (Hann, 1930). Спермии у представителей разных видов также различаются расположением центриольного аппарата. У изученного *I. spiniger* центриоли расположены в нуклеолярной ямке в области первой трети ядра, как у *Cottus hangiongensis* и *Hemilepidotus gilberti*, у *O. maculosus* и *A. alcicornis* — в последней трети (Stanley, 1969; Quintio, Takahashi, 1992; Koya et al., 1993; Hayakawa et al., 2002). Строение митохондриального аппарата спермиев разных видов также различно. В спермиях *O. maculosus* и *H. gilberti* представлены две удлинённые крупные митохондрии в средней части, в спермиях *I. spiniger* — многочисленные митохондрии, как у *A. alcicornis* и *C. gobio* (Stanley, 1969; Koya et al., 1993; Lehnsteiner et al., 1997). Некоторые авторы связывают относительно длинную уплощенную головку и длинную среднюю часть сперматозоидов, характерные для *O. maculosus*, *A. alcicornis* и *Blepsias cirrhosus* (см. таблицу), со способностью к внутреннему оплодотворению (Stanley, 1969; Koya et al., 1993; Hayakawa, Munehara, 2004). Для живородящих рыб с внутренним осеменением характерны спермии с вытянутой головкой и хорошо развитой средней частью, содержащей много митохондрий (Billard, 1970). Виды *C. hangiongensis*, *C. gobio* и *H. gilberti* (см. таблицу), спермии которых имеют небольшую уплощенную головку и небольшую среднюю часть, неспособны к внутреннему осеменению (Quintio, Takahashi, 1992; Lehnsteiner et al., 1997; Hayakawa et al., 2002). На основе анализа морфологических различий в размерах ядра и средней части сперматозоидов керчаковых рыб можно предположить, что вид *I. spiniger* относится к представителям с внутренним осеменением и последующим оплодотворением в морской воде, как *A. alcicornis* и *B. cirrhosus* (Munehara et al., 1989, 1991; Koya et al., 2002).

Оболочки ооцитов обоих изученных видов *Icelus* многослойные, подобные оболочки описаны у восьмилетней терпуга, некоторых вьюновых и осетровых, имеющих клейкую икру (Koya et al., 1995; Park, Kim, 2001; Moghaddam et al., 2013). Внешние слои различаются плотностью упаковки и направленностью волокон, при-

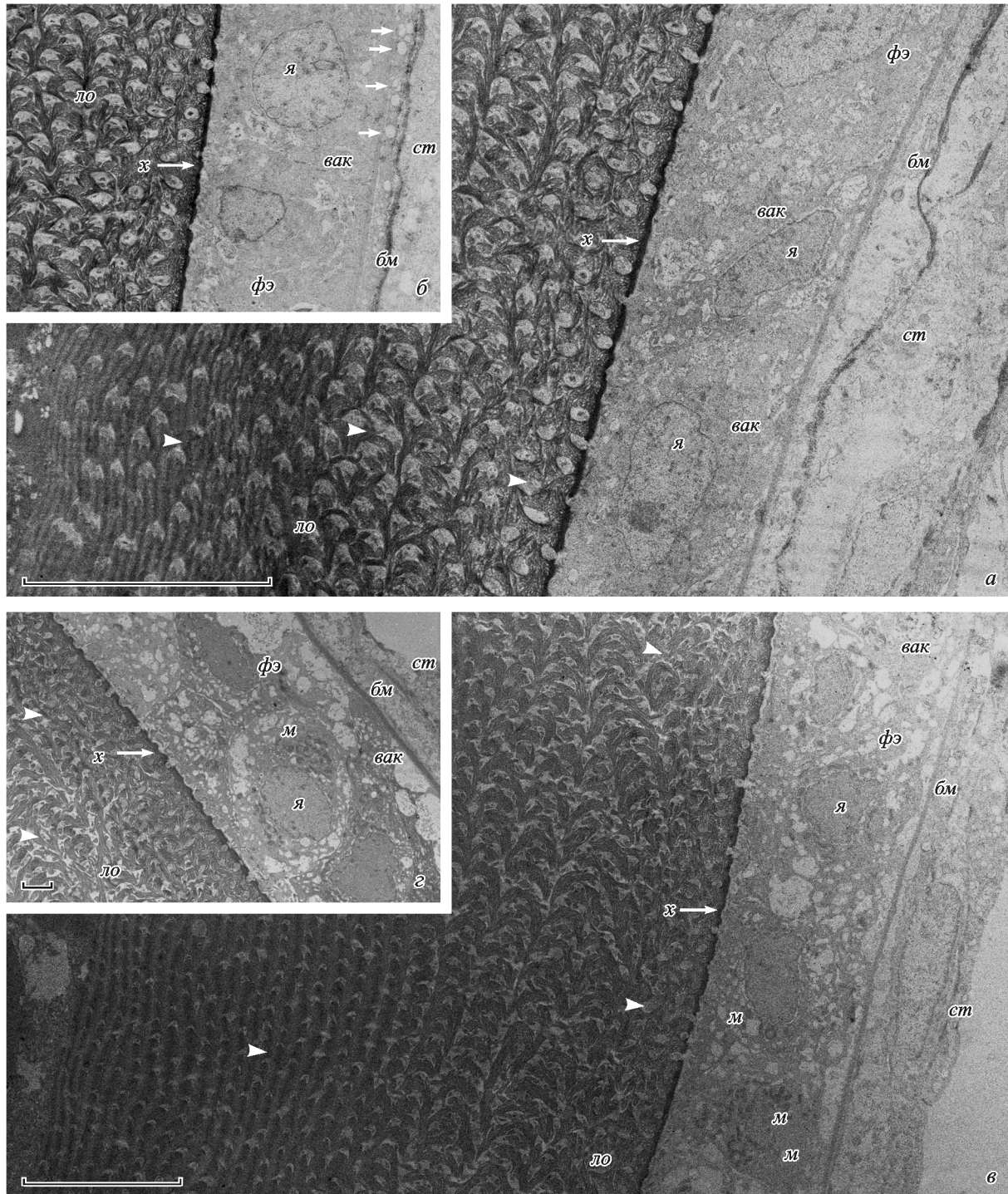


Рис. 3. Ультраструктура оболочек ооцитов *Icelus spiniger* (а, б) и *I. spatula* (в, г).

ло — лучистая оболочка, х — хорион, фэ — фолликулярный эпителий, вак — вакуоли, бм — базальная мембрана, ст — соединительнотканная оболочка, стрелки — радиальные каналы, головки стрелок — вакуоли в базальной мембране. Масштабные отрезки: а, в — 10 мкм; б, г — 2 мкм.

дающих определенный рисунок лучистой оболочке. Внутренние слои оболочек обоих видов представляет собой многочисленные продольные микрослои. Над лучистой оболочкой располагается узкий наружный слой — хорион. Такой слой описан для ооцитов рыб из различных систематических групп (Schmehl, Graham, 1987; Kim et al., 2009; Емельянова, Павлов, 2012; Moghaddam et al., 2013; Незнамова, 2015). Студенистый слой, прикрепля-

ющий икринки *Icelus* к субстрату, вероятнее всего, формируется, так же как у сомообразных или восьмилучного терпуга, из хориона и фолликулярных клеток после откладывания икринок в морскую воду (Макеева, 1992; Коуа et al., 1995; Дроздов, Иванков, 2000).

Таким образом, ультраструктура спермиев исследованного вида *I. spiniger* соответствует одному из морфотипов строения сперматозоидов керчаковых рыб. Тем не

Некоторые морфологические параметры сперматозоидов представителей семейства Cottidae

Вид	Признаки						Литературный источник
	длина головки, мкм	ширина головки, мкм	высота головки, мкм	длина средней части, мкм	число митохондрий	длина жгутика, мкм	
<i>Icelus spiniger</i>	2.63 ± 0.06	1.65 ± 0.02	0.41 ± 0.02	2.16 ± 0.05	> 10	40.37 ± 0.50	Незнанова, 2015
<i>Oligocottus maculosus</i> ^a	5.5	1.5	0.4	Нет данных	2		Stanley, 1969
<i>Alcichthys alcicornis</i>	2.9	1.4—1.6	0.8—0.9	≈ 2.2	≈ 10	≈ 37	Koya et al., 1993, 2002
<i>Blepsias cirrhosus</i>	1.6—2.0	1.3—1.6	0.60—1.08	3		30	Hayakawa, Munchara, 2004
<i>Cottus hangiongensis</i>	2.2—2.3 ^b		0.6	1.8	1	28	Quinitio, Takahashi, 1992
<i>Cottus gobio</i>	2.24 ± 0.12	Нет данных	0.79 ± 0.09	1.98	5—6	Нет данных	Lahnsteiner et al., 1997
<i>Hemilepidotus gilberti</i>	2.7—3.0	1.6—1.8	Нет данных	1.4	2—3	> 20	Hayakawa et al., 2002

Примечание. ^a Представлены данные для поздних сперматид (Stanley, 1969), ^b диаметр головки (Quinitio, Takahashi, 1992).

менее различия в размерах, форме и количестве митохондрий в средней части у разных видов подтверждают видоспецифичность морфологии сперматозоидов всех рыб семейства Cottidae. Строение оболочек икринок, описанное нами для *I. spiniger* и *I. spatula*, возможно, характерно для всех видов керчаковых рыб. Морфологические особенности сперматозоидов и оболочек ооцитов рыб отражают характер филогенетического развития различных таксонов и различия в функциональных возможностях их представителей и могут быть использованы в качестве дополнительного критерия для решения таксономических задач (Jamieson, 1991, 2009; Mattei, 1991; Nara, Okiyama, 1998; Дроздов, Иванков, 2000; Park, Kim, 2001; Незнанова, 2015; Морева и др., 2016).

Автор выражает признательность научному сотруднику ННЦБМ ДВО РАН П. А. Савельеву за помощь в сборе материала, а также Д. В. Фомину (отдел электронной микроскопии ННЦБМ ДВО РАН) за помощь при работе на электронном и сканирующем микроскопах.

Работа выполнена при финансовой поддержке ДВО РАН (проект 15-I-6-014о).

Список литературы

Борец Л. А. 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО-центр. 217 с. (Borets L. A. 1997. Bottom ichthyocenoses of the russian shelf of Far Eastern seas: composition, structure, elements of functioning and commercial importance. Vladivostok: TINRO. 217 p.)

Дроздов А. Л., Иванков В. Н. 2000. Морфология гамет животных. М.: Круглый год. 460 с. (Drozdov A. L., Ivankov V. N. 2000. Morphology of animal gametes. Moscow: Krugliy God. 460 p.)

Емельянова Н. Г., Павлов Д. А. 2012. Ультроструктура гамет некоторых видов семейства Mullidae Южно-Китайского моря. Вopr. ихтиол. 52 (6) : 701—707. (Emel'yanova N. G., Pavlov D. A. 2012. Gamete ultrastructure in some species of the family Mullidae from the South China Sea. J. Ichthyol. 52 (9) : 639—645.)

Иванков В. Н. 2001. Репродуктивная биология рыб. Владивосток. Изд-во ДВГУ. 223 с. (Ivankov V. N. 2001. Reproductive biology of fish. Vladivostok. Ed. DVGU. 223 p.)

Макеева А. П. 1992. Эмбриология рыб. М.: Изд-во МГУ. 216 с. (Makeeva A. P. 1992. Embryology of fishes. Moscow: Izd-vo MGU. 216 p.)

Незнанова С. Ю. 2015. Сравнительный анализ ультроструктуры гамет крупнотелой краснопёрки *Tribolodon hakonensis* (Cyprinidae) южного Приморья и Сахалина. Вopr. ихтиол. 55 (5) : 1—7. (Neznanova S. Yu. 2015. Comparative analysis of gamete ultrastructure in big scaled redbfin *Tribolodon hakonensis* (Cyprinidae) from Southern Primorye and Sakhalin. J. Ichthyol. 55 (6) : 900—905.)

Морева И. Н., Радченко О. А., Незнанова С. Ю., Петровская А. В., Борисенко С. А. 2016. Родственные отношения *Stichaeus nozawae* (Jordan, Snyder, 1902) и *Stichaeus grigorievi* (Herzenstein, 1890) (Stichaeidae) по данным молекулярно-генетического, кариологического анализа и ультроструктурного исследования сперматозоидов. Биол. моря. 42 (5) : 359—367. (Moreva I. N., Radchenko O. A., Neznanova S. Yu., Petrovskaya A. V., Borisenko S. A. 2016. The relationships of *Stichaeus nozawae* (Jordan et Snyder, 1902) and *Stichaeus grigorievi* (Herzenstein, 1890) (Pisces: Stichaeidae) inferred from the data of genetic and karyological analyses and ultrastructural study of spermatozoa. Russ. J. Marine Biol. 42 (6) : 471—480.)

Соин С. Г. 1981. К вопросу о разнообразии экологических групп рыб по условиям их размножения и развития. В кн.: Современные проблемы ихтиологии. М.: Наука. 124—141. (Soin S. G. 1981. On the problem of the diversity of ecological groups of fishes according to conditions of their reproductions and development. In: Recent problem of ichthyology. Moscow: Nauka. 124—141.)

Токранов А. М., Орлов А. М. 2013. Особенности распределения и экологии колючего ицела *Icelus spiniger* (Cottidae) в тихоокеанских водах юго-восточной Камчатки и северных Курильских островов. Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. Тез. докл. XIV междунар. науч. конф. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 294—298. (Tokranov A. M., Orlov A. M. 2013. Peculiarity of distribution and ecology of thorny sculpin *Icelus spiniger* (Cottidae) in the Pacific waters off the southeastern Kamchatka and northern Kuril Islands. Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters. Abstracts of XIV International Scientific Conference. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress. 294—298.)

Billard R. 1970. La spermatogenèse de *Poecilia reticulata*. IV. La spermiogenèse. Étude ultrastructurale. Annales de Biologie Animale, Biochimie, Biophysique. 10 : 493—510.

- Hann H. W. 1930. Variation in spermiogenesis in the teleost family Cottidae. *J. Morphol. Physiol.* 50 : 393—406.
- Hara M., Okiyama M. 1998. An ultrastructural review of the spermatozoa of Japanese fishes. *Bull. Ocean Res. Inst. Univ. Tokyo.* 33 : 1—138.
- Hayakawa Y., Kobayashi M., Munehara H., Watanabe A., Onitake K. 2007. Spermatogenesis involving parasperm production in the marine cottoid fish, *Hemilepidotus gilberti*. *Raffles Bull. Zool.* 14 : 29—35.
- Hayakawa Y., Komaru A., Munehara H. 2002. Ultrastructural observations of eu- and paraspermiogenesis in the cottoid fish *Hemilepidotus gilberti* (Teleostei: Scorpaeniformes: Cottidae). *J. Morphol.* 253 : 243—254.
- Hayakawa Y., Munehara H. 2004. Ultrastructural observations of euspermatozoa and paraspermatozoa in a copulatory cottoid fish *Blepsias cirrhosus*. *J. Fish Biol.* 64 : 1530—1539.
- Jamieson B. G. M. 1991. *Fish evolution and systematics: evidence from spermatozoa*. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 319 p.
- Jamieson B. G. M. 2009. *Reproductive biology and phylogeny of fishes (Agnathans and Bony fishes)*. Part A. Sci. Pub. Enfield NH. USA. 788 p.
- Kim D.-H., Chang B.-S., Teng Y.-C., Kim S., Joo K.-B., Lee K.-J. 2009. Ultrastructure of the fertilized egg envelope in *Cichlasoma managuensis*, Cichlidae, Teleost. *Korean J. Microscopy.* 39 : 9—15.
- Koya Y., Munehara H., Takano K. 1995. Formation of egg adhesive material in masked greenling, *Hexagrammos octogrammus*. *Japan. J. Ichthyol.* 42 : 45—52.
- Koya Y., Munehara H., Takano K. 2002. Sperm storage and motility in the ovary of the marine sculpin *Alcichthys alcicornis* (Teleostei: Scorpaeniformes), with internal gametic association. *J. Exp. Zool.* 292 : 145—155.
- Koya Y., Munehara H., Takano K., Takahashi H. 1993. Effects of extracellular environments on the motility of spermatozoa in several marine sculpins with internal gamete association. *Comp. Biochem. Physiol.* 106 (A) : 25—29.
- Lehnsteiner F., Berger B., Weismann T., Patzner R. A. 1997. Sperm structure and motility of the freshwater teleost *Cottus gobio*. *J. Fish Biol.* 50 : 564—574.
- Mattei X. 1991. Spermatozoon ultrastructure and its systematic implication in fish. *Can. J. Zool.* 69 : 3038—3055.
- Moghaddam A., Oryan S., Shabanipour N. 2013. Study of the zona radiata structure in oocytes of the persian sturgeon (*Acipenser persicus*) before and after fertilization. *J. Persian Gulf.* 4 : 1—8.
- Munehara H., Takano K., Koya Y. 1989. Internal gametic association and external fertilization in the elkhorn sculpin, *Akichthys alcicornis*. *Copeia.* 3 : 673—678.
- Munehara H., Takano K., Koya Y. 1991. The little dragon sculpin *Blepsias cirrhosus*, another case of internal gametic association and external fertilization. *Ichthyol. Res.* 37 : 391—394.
- Park J.-Y., Kim I.-S. 2001. Fine structures of oocyte envelopes of three related cobitid. *Ichthyol. Res.* 48 : 71—75.
- Quinitio G. F., Takahashi H. 1992. An ultrastructural study on the occurrence of aberrant spermatids in the testis of the river sculpin, *Cottus hangiongensis*. *Jap. J. Ichthyol.* 39 : 235—241.
- Schmehl M. K., Graham E. F. 1987. Comparative ultrastructure of the zona radiata from eggs of six species of salmonids. *Cell Tissue Res.* 250 : 513—519.
- Stanley H. P. 1969. An electron microscope study of spermiogenesis in the teleost fish *Oligocottus maculosus*. *J. Ultrastruct. Res.* 27 : 230—243.

Поступила 20 III 2017

ULTRASTRUCTURE OF THE GAMETES OF SOME SPECIES OF THE GENUS *ICELUS*
(PISCES: COTTIDAE)

S. Yu. Neznanova

A. V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology, National Scientific Center of Marine Biology,
Far Eastern Branch RAS, Vladivostok, 690041;
e-mail: masou@yandex.ru

With the help of scanning and transmission electron microscopy, morphology of spermatozoa of *Icelus spiniger* and eggs envelopes of *I. spiniger* and *I. spatula* has been studied. Spermatozoa have an elongated head, flattened on one side, an insignificant centriolar fossa, numerous mitochondria in the middle part. The axoneme has a structure described by the formula $9 + 2$. The envelopes of the oocytes of both species consist of a follicular membrane, a chorion and zona radiata.

Key words: ultrastructure, spermatozoa, eggs envelopes, Cottidae, *Icelus spiniger*, *I. spatula*.