

БИОЛОГИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 628.394.6:597.585.1-1.05(262.54)

**РЕЗУЛЬТАТЫ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА  
РЕПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ  
БЫЧКА-КРУГЛЯКА *NEOGOBIVUS MELANOSTOMUS* ИЗ АЗОВСКОГО МОРЯ**

© 2017 г. Н.И. Цема

*Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства,  
Ростов-на-Дону, 344002  
E-mail: tsema-nina@yandex.ru*

Поступила в редакцию 15.06.2016 г.

Представлены результаты исследований репродуктивного качества производителей бычка-кругляка из Азовского моря в нерестовый период с использованием физиолого-биохимических показателей. Дана оценка репродуктивного потенциала самок из разных районов вылова. Делается вывод о том, что нарушение репродуктивной функции и генеративного качества половых продуктов может явиться причиной снижения плодовитости, жизнестойкости потомства и, в конечном счете, темпов воспроизводства популяции бычка-кругляка.

*Ключевые слова:* бычок-кругляк, гепатосоматический индекс, гонадосоматический индекс, плодовитость, резорбция ооцитов, каротиноиды.

**ВВЕДЕНИЕ**

В последнее десятилетие бычки занимают ведущее место в рыболовстве Азовского моря. В настоящее время 90–97% промысловых уловов бычков в Азовском море составляет бычок-кругляк *Neogobius melanostomus* (Александрова и др., 2013). В 2013–2014 гг., по материалам ихтиологов, промысловые запасы бычка-кругляка достигли уровня 2004–2005 гг. и составили 60 тыс. т, однако общая биомасса бычка не достигла уровня 1960 г.

В связи с этим мониторинг состояния популяции бычка-кругляка, а в частности репродуктивного качества производителей, весьма актуален.

В преднерестовый период в печени рыб происходит накопление резервных веществ и интенсификация метаболических процессов, необходимых для созревания гамет. У самок рыб печень под воздействием эстрогенов синтезирует вителлогенин и белки-предшественники основных белков желтка яйцеклеток и их оболочек. В печени про-

исходят основные процессы трансформации липидов, входящих затем в состав желтка, синтезируются некоторые белки плазмы крови, доставляющие в репродуктивные ткани необходимые гормоны и витамины. Активация детоксикационной функции печени под воздействием ксенобиотиков сказывается на клиренсе половых гормонов и их биологической активности, ведет к снижению уровня липидных антиоксидантов (токоферола, ретинола, каротиноидов), необходимых для репродуктивной функции рыб (Дудкин и др., 2004). В работе по исследованию репродуктивного потенциала самок осетра из Азовского моря было предложено использовать уровень каротиноидов в печени и гонадах как биомаркер репродуктивной устойчивости рыб в условиях антропогенного загрязнения (Цема, Дудкин, 2009). Изучение процессов аккумуляции каротиноидов в печени и гонадах рыб является актуальным для выяснения причин развития функциональных нарушений репродуктивной функции рыб, а также биохимических механизмов этих процессов,

способности рыб к размножению и пополнению популяции в современных условиях обитания.

Цель настоящей работы — оценка репродуктивного качества производителей бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* из прибрежных акваторий Азовского моря с использованием комплекса физиолого-биохимических показателей.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В начале и конце нерестового периода 2014 г. исследовали производителей бычка-кругляка, отловленных в прибрежной части Таманского и Таганрогского заливов (пос. Весело-Вознесенка) и юго-восточной части Азовского моря (квадрат Ц-10). Проведен биологический анализ исследуемых рыб: определяли пол, общую длину тела, массу тела и гонад, стадию зрелости гонад, плодовитость по общепринятой методике (Правдин, 1966). На анализ были взяты 22 самца и 60 самок в возрасте 0+, 1+, 2+. В мае самцы были длиной 13,6 см, массой 70,7 г, самки — 11,5 см и 39,3 г соответственно. В августе средние размеры и масса самцов из разных районов вылова варьировали в пределах 10,7–12,5 см и 32,4–65,4 г, самок — 8,4–11,2 см и 14,4–37,9 г. В печени всех рыб и икре самок определяли уровень каротиноидов (Корниенко и др., 2005). Величины гепатосоматического (ГПСИ) и гонадосоматического (ГСИ) индексов рассчитывали как отношение массы печени (гонад) к массе тушки рыбы, выраженное в процентах (Шевелев, 2001).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ГПСИ и ГСИ печени и гонад у самцов в мае составляли 6,5 и 1,2%. Гонады самцов находились на III стадии зрелости, следовательно, эти производители к нересту были не готовы. Самцы бычка-кругляка, отловленные в августе, были неполовозрелыми; ГПСИ колебались в пределах 5,3–6,9%. Самцы, участвующие в нересте, в исследу-

емую выборку не попали, так как они охраняли гнезда (кладки самок). Коэффициенты упитанности (КУ) по Фультону исследованных самцов и самок, выловленных в бассейне Азовского моря, были на уровне среднепогодных значений и составляли соответственно  $2,83 \pm 0,07$  и  $2,59 \pm 0,11\%$  в начале нерестового периода. В конце нерестового периода КУ самцов колебались от 2,60 в Таманском заливе до 3,36% — в Азовском море (квадрат Ц-10), самок — от 2,40 до 2,97%. При вскрытии особей было отмечено, что в этот период рыбы хорошо питались, в содержимом кишечника были обнаружены мелкая тюлька и ракообразные.

С третьей декады апреля температура воды в Таганрогском заливе превышала  $10^\circ\text{C}$ , таким образом, к моменту отлова рыб исследуемой выборки первая порция икры была выметана. У нерестящихся самок бычка-кругляка была отмечена асинхронность развития гонад, что является нормой для нерестового периода рыб с длительным многократным порционным икрометанием. ГПСИ нерестящихся самок (пос. Весело-Вознесенка) от мая к августу снизился с 4,1 до 2,8% (табл. 1). У нерестящихся самок из Таманского залива ГПСИ составил 2,5%, что соответствует значениям (2,7–3,7%) нормально созревающих производителей в нерестовый период прошлых лет. У самок из Азовского моря (квадрат Ц-10) ГПСИ превысил значение нормы (5,3%). ГПСИ печени самок, не участвующих в нересте, были значительно выше (табл. 1). Яичники нерестящихся в мае рыб были III<sub>2</sub>, III–IV<sub>2</sub>, IV<sub>2</sub> стадий зрелости (табл. 2).

Анализ вариационных рядов диаметров ооцитов выявил наличие у всех самок 2–3 порций икры. ГСИ нормально созревающих самок варьировали в пределах 2,8–11,8%, диаметры ооцитов старшей генерации составляли 0,9–1,64 мм; число икринок порции очередного нереста было в пределах 817–1078 шт.

Гонады 12% самок IV<sub>2</sub> стадии зрелости были с аномалиями развития: один яичник был нормальный, в другом отмечена резорбция — дегенерация части половых клеток (рис. 1).

**Таблица 1.** Гепатосоматический индекс (ГПСИ) и концентрация каротиноидов в печени самок бычка-кругляка из разных районов вылова бассейна Азовского моря в нерестовый период 2014 г.

Место отбора проб	ГПСИ самок, % / концентрация каротинов, мкг/г		Доля самок с резорбцией ооцитов, %
	нерестящихся	с пропуском нереста	
Начало нерестового периода			
Таганрогский залив, пос. Весело-Вознесенка	4,1/4,6	8,5/7,8	12**
Конец нерестового периода			
Таганрогский залив, пос. Весело-Вознесенка	2,8/4,0	8,6/3,4	60*
Азовское море, квадрат Ц-10	5,3/7,0	—	80***
Таманский залив	2,5/5,2	6,1/4,6	15*/8**

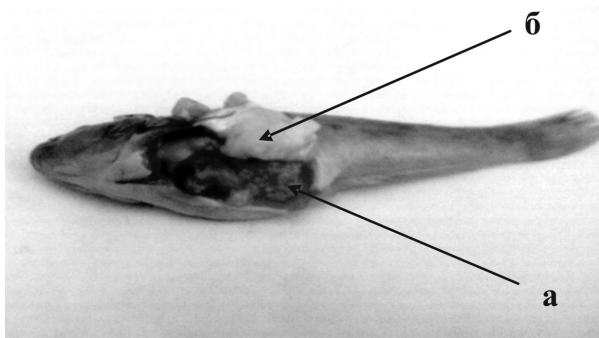
**Примечание.** \*Единичные резорбированные ооциты, \*\* частичная резорбция гонад, \*\*\* множество резорбированных ооцитов.

**Таблица 2.** Репродуктивная характеристика самок бычка-кругляка из Таганрогского залива в начале нерестового периода 2014 г.

Репродуктивный показатель	Количество исследованных рыб, %				
	25	25	38	12	
Стадия зрелости гонад	III <sub>2</sub>	III–IV <sub>2</sub>	IV <sub>2</sub>	IV <sub>2</sub> *	IV <sub>2</sub> **
Гонадосоматический индекс, % на тушку	2,8	6,2	11,8	8,3	—
Концентрация каротиноидов в икре, мкг/г / абсолютное содержание каротиноидов в икре, мкг	21,0/15,4	10,7/15,5	8,3/28,9	15,7/23,6	8,2/12,3
Средний диаметр ооцитов старшей генерации, мм	0,9	1,45	1,64	1,64	1,72
Число порций икры***	3–4	3	4	4	3
Среднее число икринок в порции очередного нереста икры, шт.	817	882	1078	545	323

**Примечание.** \* Нормальный яичник anomalно созревающей самки; \*\* резорбирующий яичник anomalно созревающей самки; \*\*\* с учетом одной выметанной ранее порции.

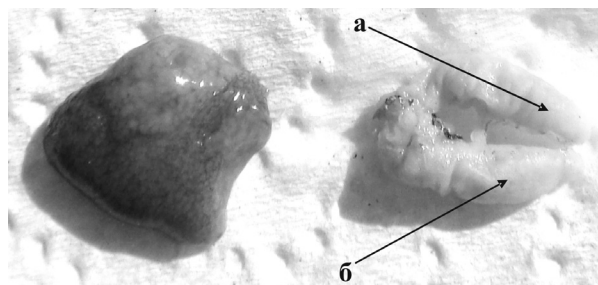
ГСИ самок с аномалией развития самок (рис. 1) было выше, чем в яичнике с резорбцией. Таким образом, среднее количество икры порции очередного нереста самок был на 30% ниже такового у нормально созревающих рыб и составлял 8,3%. Количество половых клеток очередной порции икры с резорбцией гонад было на 20% ниже, чем в нормально развивающемся яичнике у таких у нормально созревающих самок (табл. 2).



**Рис. 1.** Самка бычка-кругляка из Таганрогского залива (пос. Весело-Вознесенка) с нормальными (а) и резорбирующими (б) яичниками.

Число ооцитов стадии протоплазматического роста и стадии формирования желтка в яичнике с резорбцией было в 8 раз ниже, чем в нормально созревающем яичнике. Все вышеуказанные показатели свидетельствуют о снижении репродуктивного потенциала anomalно созревающих самок в мае.

Яичники рыб, выловленных в августе, находились на III, III–IV, IV, V стадиях зрелости (табл. 3). Анализ вариационных рядов диаметров ооцитов исследованных самок выявил наличие у всех рыб 1–2 порций созревающей икры. ГСИ нормально созревающих самок изменялись в пределах 1,2–22,8%. Нерест самок бычка-кругляка из трех исследованных акваторий Азовского моря проходил неодинаково: практически все самки из Таманского залива и Азовского моря участвовали в нересте (табл. 3). Однако 12% самок из Азовского моря имели аномальное развитие оогенеза: в яичниках самок при достаточно высоком ГСИ – 5,3% – была отмечена только одна большая порция ооцитов (3203 шт.) со средним диаметром 0,4 мм (стадия вакуолизации). У самок из Таганрогского залива (пос. Весело-Вознесенка) было отмечено раннее завершение нерестового процесса: у 60% отнерестившихся самок всего лишь 45 ооцитов имели диаметр 0,14 мм. В августе в яичниках самок из каждого района исследования были обнаружены резорбированные ооциты (табл. 1). Максимальное число самок (80%) с резорбированными ооцитами было отмечено в Азовском море (квадрат Ц-10). У 8% самок



**Рис. 2.** Печень и гонады самки бычка-кругляка из Таманского залива с аномалией развития яичника в конце нерестового периода: а – нормальный яичник, б – двухлопастной яичник с резорбцией ооцитов.

из Таманского залива была отмечена частичная резорбция гонад и морфологическое изменение одного яичника (две лопасти) (рис. 2). ГСИ у самок с частичной резорбцией яичника был ниже, чем у нормально созревающих самок. Таким образом, аномальное развитие гонад у самок снижает их репродуктивный потенциал. Для оценки репродуктивного качества самок бычка-кругляка определяли удельное содержание каротиноидов в икре и печени рыб. Ранее в работе Дехты с соавторами (2012) был проведен факторный анализ связи накопления приоритетных токсикантов хлорорганических пестицидов (ХОП), полихлорбифенилов, нефтеуглеводородов в печени бычка-кругляка и физиолого-биохимических показателей, определяющих биопродуктивность популяции рыб. Авторы с помощью факторного анализа выявили существенную связь токсикантов, накопленных в печени, с биомаркерами репродуктивного качества рыб, в частности антиоксидантами (каротиноидами). В нашей работе (Карапетьян и др., 2012) результаты корреляционного анализа выявили влияние накопления токсикантов ХОП и кадмия на концентрацию молекулярных биомаркеров – ферментов детоксикационной системы печени бычка-кругляка. Следствием накопления токсикантов в печени, по мнению авторов другой работы (Цема и др., 2013), может быть нарушение ее структуры, замедление переноса трофических веществ из печени в гонады и, в конечном счете, задержка развития репродуктивной системы.

Таблица 3. Репродуктивная характеристика самок бычка-кругляка из разных районов Азовского моря в конце нерестового периода 2014 г.

Репродуктивный показатель	Таманский залив										Татарский залив				Азовское море (квадрат ЦШ-10)			
	23	8	8	8	15	15	8	20	60	20	20	22	22	22	22	12	12	22
	IV	III-IV	III-IV <sup>1</sup>	III-IV <sup>2</sup>	III	III	II-III <sup>4</sup>	V	II-III <sup>3</sup>	II-III <sup>4</sup>	IV-V	IV	IV-IV <sup>5</sup>	IV	III-IV <sup>5</sup>	III-IV	III-IV	III
Количество исследуемых рыб, %	23	8	8	8	15	15	8	20	60	20	22	22	22	22	12	22	22	22
Стадия зрелости гонад	V	III-IV	III-IV <sup>1</sup>	III-IV <sup>2</sup>	III	III	II-III <sup>4</sup>	V	II-III <sup>3</sup>	II-III <sup>4</sup>	IV	IV	III-IV <sup>5</sup>	IV	III-IV <sup>5</sup>	III-IV	III-IV	III
Гонадосоматический индекс, % на тушку	22,8	7,8	6,0	3,9	1,2	0,6	16,4	2,3	1,1	11,7	15,4	11,7	5,3	3,2				
Концентрация каротиноидов в икре, мкг/г/абсолютное содержание каротиноидов в икре, мкг	14,4/ 48,1	13,4/ 26,5					7,2/ 32,8	8,2/ 6,8		10,9/ 33,2	8,5/ 27,0	10,2/ 17,8	8,6/ 14,9	39,2/ 35,6				
Средний диаметр ооцитов старшей генерации, мм	1,83	1,77	0,37	0,4	0,12	0,54	0,36	0,12	1,76	0,14	1,88	1,72	0,40	2,10	1,0			
Число порций икры	2	2	1	1	1	1	1	2	0	1	2	2	1	2	1-2			
Среднее число икринок в порции очередного нереста икры, шт.	306	470	1138	262	694	1017	667	2112	45	1152	477	727	3203	181	696			

**Примечание.** <sup>1</sup>Нормальный яичник анормально созревающей самки, <sup>2</sup>резорбирующий яичник анормально созревающей самки, <sup>3</sup>отнерестившиеся самки, <sup>4</sup>самки, не участвовавшие в нересте, <sup>5</sup>самки с анормальным процессом оогенеза.



В мае 2014 г. было отмечено снижение на 33% (с 6,7 до 4,5 мкг/г сырой ткани) концентрации каротиноидов в печени самок и на 34% (с 6,9 до 4,6 мкг/г сырой ткани) у самцов по сравнению с таковыми у рыб в прошлые годы.

В августе удельное содержание каротиноидов в печени самцов из Таганрогского залива было на уровне среднепогодных значений, а из Таманского залива и Азовского моря (квадрат Ц-10) — на 40% ниже. Концентрация каротиноидов в печени самок из Таманского и Таганрогского заливов была снижена на 23–40%, у самок из Азовского моря она была на уровне среднепогодных значений (табл. 1). Эти факты могут свидетельствовать о влиянии неблагоприятных условий среды на физиологическое состояние производителей бычка-кругляка в 2014 г. Удельное содержание каротиноидов в икре нормально созревающих самок на стадии IV<sub>2</sub> в мае составило 8,3 мкг/г сырой ткани, абсолютное содержание — 28,9 мкг (табл. 2). Концентрация каротиноидов и абсолютное их количество в нормально созревающем яичнике аномально развивающихся самок были в два раза выше, чем в яичнике с резорбцией части половых клеток. Содержание каротиноидов в двух яичниках самок с патологией гонад было на 25% выше, чем у нормально созревающих самок. Увеличение концентрации каротиноидов в икре аномально созревающих самок можно рассматривать как адаптационный механизм, обеспечивающий повышение жизнестойкости будущего потомства. В августе концентрация каротиноидов в икре самок из Таманского залива на стадии IV–V была в два раза выше, абсолютное содержание на 46–78% превышало такие значения у рыб из Таганрогского залива и Азовского моря (табл. 3). ГСИ самок из Таманского залива были также на 45% выше значений самок из других районов вылова. Это свидетельствует о более высоком репродуктивном потенциале самок из Таманского залива в конце нерестового периода 2014 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований производителей бычка-кругляка из разных акваторий Азовского моря в нерестовый период 2014 г. позволили выявить негативное влияние среды обитания на репродуктивное качество производителей. Оно проявилось в следующем:

- в снижении удельного содержания каротиноидов в печени и гонадах производителей из некоторых районов вылова;

- в снижении ГСИ самок из Таганрогского залива (пос. Весело-Вознесенка) и Азовского моря (квадрат Ц-10), раннем завершении процесса нереста самок из Таганрогского залива;

- в высоких значениях ГПСИ, нарушении процесса оогенеза у 12% самок, снижении количества порции икры очередного нереста у 22% самок, массовой резорбции ооцитов у самок из Азовского моря;

- в частичной резорбции гонад у 12% нерестующих самок из Таганрогского залива в начале нерестового периода и 8% самок из Таманского залива в конце нерестового периода.

Нарушение репродуктивной функции и генеративного качества половых продуктов может явиться причиной снижения плодовитости, жизнестойкости потомства и, в конечном счете, темпов воспроизводства популяции бычка-кругляка.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александрова У.Н., Корпакова И.Г., Фроленко Л.Н. Особенности развития зообентоса и питание азовского бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* в условиях осолонения Азовского моря // *Вопр. рыболовства*. 2013. Т. 14. № 4(56). С. 617–633.

Дехта В.А., Дудкин С.И., Бойко Н.Е. и др. Формализованная оценка влияния загрязненности водной среды и накопления в тканях токсических веществ на биологические показатели промысловых объектов азово-черноморского бассейна // *Основные проблемы рыбохозяйственных водоемов Азово-Черно-*

морского бассейна. Ростов н/Дону: Медиа-Пресс, 2012. С. 284–298.

Дудкин С.И., Колесникова Л.В., Цема Н.И. Пищевые цепи и репродуктивная биология рыб в условиях антропогенного загрязнения // Тез докл. Междунар. науч. конф. «Проблемы естественного и искусственного воспроизводства рыб в морских и пресноводных водоемах». Ростов н/Дону: ЦВВР, 2004. С. 47–49.

Карапетьян О.Ш., Павленко Л.Ф., Короткова и др. Влияние накопления приоритетных токсикантов в печени бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* Азовского моря на морфометрические и молекулярные биомаркеры данного вида рыб // Современ. проблемы науки и образования. 2012. № 1. (<http://www.science-education.ru/101-5429>)

Корниенко Г.Г., Бойко Н.Е., Бугаев Л.А. и др. Физиолого-биохимические и генетические исследования ихтиофауны Азово-Черноморского бассейна. Ростов н/Дону: Эверест, 2005. С. 48–56.

Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищепромиздат, 1966. 376 с.

Цема Н.И., Дудкин С.И. Каротиноиды тканей самок русского осетра — биомаркеры устойчивости репродуктивной функции в условиях антропогенного загрязнения // Матер. науч.-практ. конф. «Современные фундаментальные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод России». Ч. 2. Ростов н/Дону, 2009. С. 222–225.

Цема Н.И., Самарская Е.А., Дудкин С.И. Оценка репродуктивного качества производителей бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* из Азовского моря в современный период // Вопр. рыболовства 2013. Т. 14. № 4(56). С. 703–714.

Шевелев М.С. Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в районах исследований ПИНРО. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2001. 291 с.

## RESULTS OF PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL MONITORING OF THE REPRODUCTIVE POTENTIAL OF THE ROUND GOBY *NEOGOBIOUS MELANOSTOMUS* FROM THE SEA OF AZOV

© 2017 y. N.I. Tsema

*Azov Sea Research Fisheries Institute, Rostov-on-Don, 344002*

The reproductive performance of the round goby males and females has been studied during their spawning season in the Taman, Taganrog and the south-eastern Azov Sea. Disorders in quality of the genital products and reproductive function may be responsible for poor breeders' fecundity and viability of the progeny, and thus affect the reproduction rate of the round goby population.

*Keywords:* round goby, hepatosomatic index, gonadosomatic index, fecundity, oocyte resorption, carotenoids.