

Е. А. Филина, Г. А. Макеенко

## Встречаемость стерильных особей у северо-восточной арктической трески

На основе гистологического анализа выявлены особи трески старших возрастных групп, полностью утратившие воспроизводительную способность в связи с возрастной дегенерацией гонад. Такие рыбы встречались как среди самок, так и среди самцов. Обнаружено, что у стерильных рыб в гонадах происходит замещение половых клеток соединительной тканью. По полученным данным среди самок длиной более 100 см доля стерильных рыб в пробах достигала 2,2 %. Исследованные стерильные особи трески характеризовались очень низким значением коэффициентов зрелости, в то время как показатели жирности, как правило, были выше средних значений. Причины развития возрастной стерильности у баренцевоморской трески в настоящее время не ясны. Считается, что основная роль в развитии возрастной патологии репродуктивной системы у рыб принадлежит нарушениям гормональной регуляции полового цикла. Изучение нарушения репродуктивного процесса у трески, приводящее к пропуску нереста или стерильности особей, представляет не только теоретический интерес, но и имеет важное практическое значение. Биомассу половозрелых самок обычно применяют в качестве индикатора репродуктивного потенциала. Однако нарушение репродуктивной функции рыб, обуславливающее неучастие в нересте, влияет на воспроизводительные способности вида, что должно учитываться при оценке общего допустимого улова. Для мониторинга численности стерильных особей баренцевоморской трески предложено дополнить шкалу зрелости ее гонад стадией VII, характеризующей рыб, выбывших из воспроизводства.

**Ключевые слова:** треска, Баренцево море, ооциты, стерильные гонады, шкала зрелости.

### Введение

По данным тралово-акустических съемок в Баренцевом море с 2010 г. отмечено значительное увеличение в уловах численности крупной трески длиной свыше 100 см. Материалы рабочей группы по арктическому рыболовству ИКЕС<sup>1</sup> также свидетельствуют, что в запасе северо-восточной арктической трески в последние годы возросла доля рыб старших возрастных групп. В связи с этим повысился интерес к оценке репродуктивных возможностей таких особей. Биомассу половозрелых самок обычно применяют в качестве индикатора репродуктивного потенциала. Однако нарушение репродуктивной функции рыб, приводящее к неучастию в нересте, влияет на воспроизводительные способности вида, что должно учитываться при оценке общего допустимого улова.

Известно, что старение организма отражается на репродуктивной системе рыб, ухудшая качество зрелых половых клеток, приводя к угасанию и даже полному прекращению функционирования половых желез [1; 2]. Явление стерильности, к которому приводит перерождение клеток генеративной ткани, отмечено и у баренцевоморских видов рыб, в частности у черного палтуса и сайки [3; 4]. Литературные сведения о развитии стерильности у трески вследствие возрастной дегенерации гонад отсутствуют.

Цель работы – гистологическое изучение возрастных изменений гонад у трески, способных привести к стерильности особей.

### Материалы и методы

Материал собран в тралово-акустических съемках донных рыб Баренцева моря, выполнявшихся ПИНРО в ноябре – декабре 2012–2015 гг. и в феврале 2013–2016 гг. Из уловов методом случайной выборки отбирали рыб длиной более 100 см. В процессе биологического анализа у них измеряли длину, массу тела, гонад и печени, стадию зрелости; для определения возраста брали отоциты. Фрагменты гонад фиксировали в растворе Буэна. Коэффициент зрелости (КЗ) определяли как отношение массы гонад к общей массе рыбы, выраженное в процентах. Гепатосоматический индекс (ГПСИ) рассчитывали как отношение массы печени к общей массе рыбы, выраженное в процентах. Возраст трески был определен в лаборатории донных рыб ПИНРО.

В лабораторных условиях по стандартным методикам готовили гистологические препараты гонад [5]. Полученные срезы окрашивали железным гематоксилином и гематоксилин-эозином. Изучение и фотографирование препаратов при разных увеличениях (окуляр 10, объективы 10, 20, 40) проводили с использованием микроскопа Olympus BX 41TF, фотокамеры ProgRes и программы анализа изображений Морфология 5.0. Всего микроскопически исследованы 319 яичников и 50 семенников крупной трески.

<sup>1</sup> ICES. Report of the Arctic Fisheries Working Group (AFWG), 23–29 April 2015. Germany : Hamburg, 2015. ICES CM 2015/ACOM:05.

### Результаты и обсуждение

Длина исследованных рыб колебалась от 100 до 145 см, возраст – от 9 до 17 лет. По результатам гистологического анализа в пробах преобладали созревающие и пропускающие очередной нерест особи.

В гонадах созревающих самок шел активный вителлогенез. Размеры ооцитов старшей генерации в ноябре составляли 300–400 мкм (III стадия зрелости), в декабре увеличивались до 470 мкм, а в феврале – до 650 мкм (IV стадия зрелости), рис. 1, *а*.

К пропускающим нерест рыбам были отнесены особи, у которых в ноябре – феврале клетки старшей генерации представлены ооцитами протоплазматического роста или они находились в стадии кортикальных вакуолей (рис. 1, *б*). Размеры клеток не превышали 280 мкм.

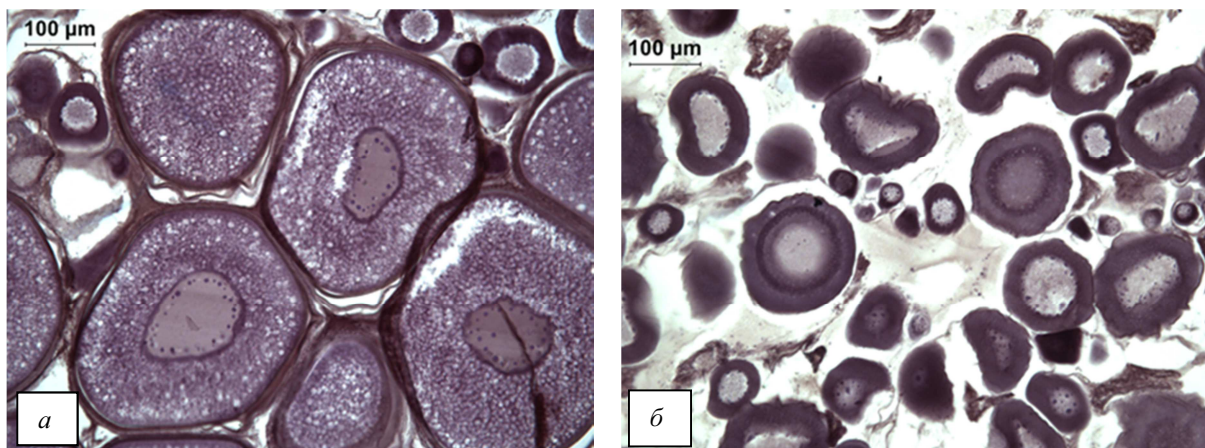


Рис. 1. Гистологические срезы яичников созревающей (*а*) и пропускающей нерест (*б*) трески в декабре  
Fig. 1. Ovaries' histological sections of maturing cod (*а*) and of cod skipping spawning (*б*) in December

В пробах встречались также рыбы, полностью утратившие воспроизводительную способность в связи с перерождением генеративной ткани. Таких особей отмечали как среди самок, так и среди самцов. Обнаружено, что в их гонадах происходило активное замещение половых клеток клетками соединительной ткани. В связи с этим в яичниках наблюдалось или полное отсутствие половых клеток, или в строме изредка встречались инцистированные ооциты, подлежащие рассасыванию. Такое перерождение гонад носит необратимый характер, так как в них отсутствуют первичные половые клетки и оогонии, которые являются материальной основой для развития генеративной ткани и следующих поколений половых клеток.

Стерильные гонады были отмечены у 2,2 % самок в пробах. На рис. 2 показан яичник самки, у которой полностью отсутствовали половые клетки, т. е. произошло необратимое замещение генеративной ткани соединительной.

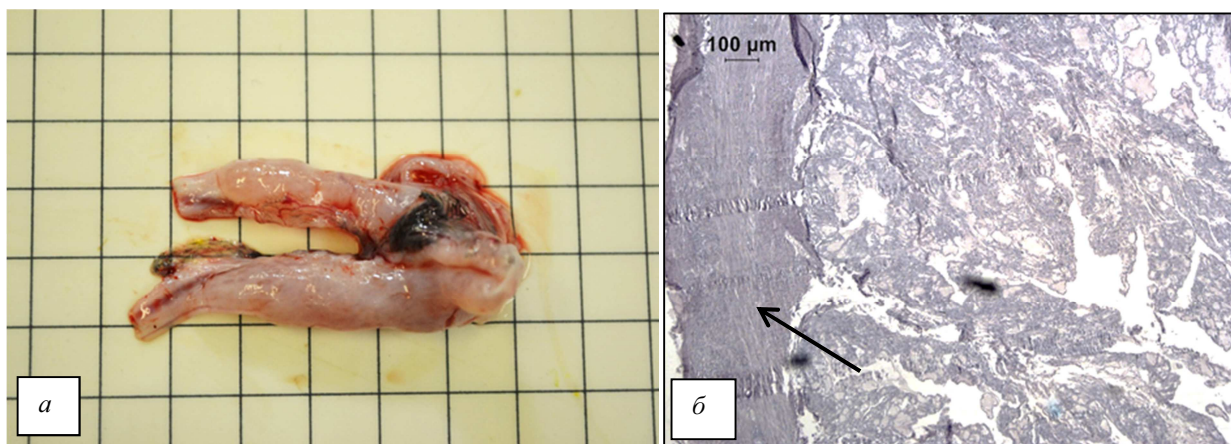


Рис. 2. Внешний вид (*а*) и гистологический срез (*б*) яичника стерильной самки трески.

Стрелкой указана оболочка яичника. Фото Калашниковой М. Ю.

Fig. 2. External view (*а*) and ovary's histological section (*б*) of sterile cod female.

The arrow points at ovary's membrane. Photoes made by Kalashnikova M. Yu.

У самцов трески также отмечали изменения в семенниках, связанные с процессом старения, которые приводили к полному прекращению репродуктивной функции. На срезах таких гонад отсутствовали половые клетки, полость семенника была заполнена тяжами соединительной ткани. В семенниках нормально созревающих половозрелых самцов в это время отмечался активный сперматогенез.

Исследованные стерильные особи трески характеризовались очень низким значением коэффициентов зрелости (КЗ), в то время как показатели жирности (ГПСИ), как правило, были выше средних значений (табл.). Это можно объяснить тем, что у стерильных рыб энергетические запасы печени не расходуются на созревание гонад.

Таблица. Биологические показатели стерильных особей трески  
Table. Biological indices of sterile cod individuals

№ рыбы	Пол	Длина, см	Масса, г	Возраст, лет	КЗ, %	ГПСИ, %
1	самка	118	15 670	12+	0,03	8,8
2	самка	98	6 948	10+	0,1	7,5
3	самец	114	15 280	10+	0,04	10,2
4	самка	108	12 160	10+	0,02	8,6
5	самка	113	13 810	11+	0,05	11,6
6	самец	107	11 220	10+	0,3	3,6
7	самка	103	8 100	11+	0,1	10,3
8	самка	109	13 690	10+	0,2	6,9
9	самка	105	9 620	10+	0,1	6,8

При анализе в морских условиях стерильных рыб обычно обозначают стадией II–VI, т. е. как пропускающих нерест. Это ведет к ошибке в оценке репродуктивного потенциала. В отличие от временно пропускающих нерест особей, стерильные рыбы полностью выпадают из репродуктивного потенциала популяции. У них имеет место необратимое угасание активности половых желез. Для идентификации в морских условиях стерильных особей трески мы предлагаем дополнить шкалу зрелости стадией VII, характеризующей рыб, выбывших из воспроизводства.

Характеристика VII стадии зрелости гонад трески (стерильные особи) следующая.

Яичники необычные на вид, выглядят как небольшие вытянутые плотные тяжи шириной 0,5–1,8 см (рис. 3). Коэффициент зрелости – менее 0,3 %. Половых клеток в яичнике или нет, или они единичные, инцистированные. Рыбы с яичниками стадии VII, как правило, очень крупные (длина более 100 см), с повышенной жирностью, могут встречаться в любое время года в различных районах Баренцева моря.

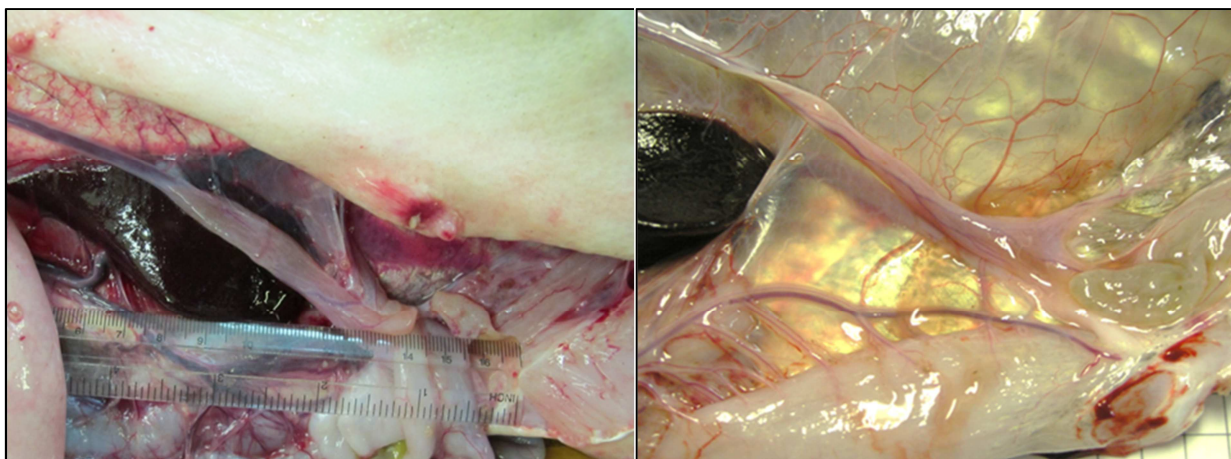


Рис. 3. Внешний вид яичников стерильных рыб. Фото Бессонова А. А., Калашниковой М. Ю.  
Fig. 3. External view of ovaries of sterile fish. Photoes made by Bessonov A. A., Kalashnikova M. Yu.

В отличие от самок, визуальная идентификация стерильных самцов в морских условиях затруднительна. Поэтому мы не считаем целесообразным выделять для них отдельную стадию зрелости. Просто следует учитывать, что существующая стадия зрелости II–VI может включать не только пропускающих нерест, но и стерильных самцов, особенно если их размер превышает 1 м.

### Заключение

Результаты проведенных гистологических исследований доказывают наличие стерильных особей у баренцевоморской трески в старшем возрасте. Для оценки частоты встречаемости таких особей в популяции и степени их влияния на репродуктивный потенциал требуются масштабные наблюдения. С этой целью предложено усовершенствовать шкалу зрелости гонад трески, включив в нее стадию для визуальной идентификации стерильных особей в морских условиях.

Изучение нарушения репродукционного процесса у трески, приводящее к пропуску нереста или стерильности особей, представляет не только теоретический интерес, но и имеет важное практическое значение. В основе управленческих решений, принимаемых в отношении допустимого уровня эксплуатации запаса северо-восточной арктической трески, лежат оценки величины биомассы половозрелых рыб<sup>2</sup>. Однако наличие пропускающих нерест и стерильных особей, доля которых меняется в разные годы, безусловно, отражается на репродуктивном потенциале популяции. Использование этой информации при оценке общего допустимого улова будет способствовать повышению эффективности управления промыслом.

Проблема возрастной стерильности и пропуска нереста у трески приобретает особую актуальность в периоды ее высокой численности, когда в популяции увеличивается доля старших особей и возрастает пищевая конкуренция. Основным фактором, вызывающим нарушения ритма размножения, служит, видимо, кормовая обеспеченность. Проведенные нами ранее исследования показали, что частота пропуска нереста у трески меняется год от года и связана с условиями откорма. Пропускают нерест повторно нерестующие особи, у которых жирность в ноябре – декабре ниже 4,5 % [6–8]. Причины развития возрастной стерильности у баренцевоморской трески в настоящее время не ясны. Считается, что основная роль в развитии возрастной патологии репродуктивной системы у рыб принадлежит нарушениям гормональной регуляции полового цикла [4]. Факторы среды, влияющие на этот процесс, должны стать предметом дальнейшего изучения.

### Благодарности

Выражаем благодарность М. Ю. Калашниковой, А. А. Бессонову и В. И. Попову, участвовавших в сборе материала, а также сотрудникам лаборатории донных рыб, определявших возраст трески.

### Библиографический список

1. Кошелев Б. В. Некоторые особенности половых циклов у рыб с синхронным и асинхронным ростом ооцитов в водоемах различных широт // Закономерности динамики численности рыб Белого моря и его бассейна : сб. статей. М. : Наука, 1966. С. 79–90.
2. Шатуновский М. И. Роль исследований обмена веществ в решении некоторых вопросов динамики численности рыб // Экологическая физиология рыб : тезисы докл. Всесоюз. конф. по экол. физиологии рыб, 24–26 января 1973 г. М., 1973. С. 14–16.
3. Федоров К. Е. Черный палтус Баренцева моря (размножение и биологические основы рациональной эксплуатации) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.10. Л., 1973. 22 с.
4. Христофоров О. Л. Изменения в состоянии гонад и гипофиза сайки *Boreogadus saida*, связанные со старением // Гормональная регуляция полового цикла рыб в связи с задачами воспроизводства рыбных запасов : Труды ВНИРО. 1975. Т. 111. С. 160–171.
5. Роскин Г. И., Левинсон Л. Б. Микроскопическая техника. М. : Сов. наука, 1957. 467 с.
6. Филина Е. А. Особенности созревания гонад северо-восточной арктической трески в зависимости от показателей откорма // Исследования межвидовых взаимоотношений гидробионтов Баренцева и Норвежского морей : сб. науч. тр. Мурманск : ПИНРО, 2006. С. 223–234.
7. Методическое пособие по выявлению в морских условиях самок баренцевоморской трески, пропускающих нерест / сост. Е. А. Филина, Н. А. Багрянцева. Мурманск : ПИНРО, 2008. 22 с.
8. Филина Е. А. Исследования пропуска нереста у северо-восточной арктической трески // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов : материалы 2-й науч. конф. с участием стран СНГ, Петрозаводск, 11–14 сентября 2007 г. Петрозаводск : Ин-т биол. КарНЦ РАН, 2007. С. 159–160.

### References

1. Koshelev B. V. Nekotorye osobennosti polovykh tsiklov u ryb s sinhronnym i asinhronnym rostom ootsitov v vodoemah razlichnykh shirot [Some aspects of fish sex cycles with synchronous and asynchronous growth of oocytes in waters of various latitudes] // Zakonomernosti dinamiki chislennosti ryb Belogo morya i ego basseyna : sb. statey. M. : Nauka, 1966. P. 79–90.

---

<sup>2</sup> ICES. Report of the Arctic Fisheries Working Group (AFWG), 23–29 April 2015. Germany : Hamburg, 2015. ICES CM 2015/ACOM:05.



2. Shatunovskiy M. I. Rol issledovaniy obmena veschestv v reshenii nekotorykh voprosov dinamiki chislennosti ryb [Role of estimated metabolism in solution of some issues on fish abundance dynamics] // *Ekologicheskaya fiziologiya ryb : tezisy dokl. Vsesoyuz. konf. po ekol. fiziologii ryb, 24–26 yanvarya 1973 g. M., 1973. P. 14–16.*

3. Fedorov K. E. Chernyi paltus Barentseva morya (razmnozhenie i biologicheskie osnovy ratsionalnoy ekspluatatsii) [The Barents Sea Greenland halibut (reproduction and biological grounds of sustainable exploitation)] : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk : 03.00.10. L., 1973. 22 p.

4. Hristoforov O. L. Izmeneniya v sostoyanii gonad i gipofiza sayki Boreogadus saida, svyazannye so stareniem [Aging-related changes in gonads and hypophysis of Arctic cod Boreogadus saida] // *Gormonalnaya regulyatsiya polovogo tsikla ryb v svyazi s zadachami vosproizvodstva rybnih zapasov : Trudy VNIRO. 1975. V. 111. P. 160–171.*

5. Roskin G. I., Levinson L. B. Mikroskopicheskaya tehnika [Microscopic methods]. M. : Sov. nauka, 1957. 467 p.

6. Filina E. A. Osobennosti sozrevaniya gonad severo-vostochnoy arkticheskoy treski v zavisimosti ot pokazateley otkorma [Aspects of gonads maturation of North-Eastern Arctic cod subject to feeding indices] // *Issledovaniya mezhdvidovyh vzaimootnosheniy gidrobiontov Barentseva i Norvezhskogo morey : sb. nauch. tr. Murmansk : PINRO, 2006. P. 223–234.*

7. Metodicheskoe posobie po vyiavlenniyu v morskikh usloviyakh samok barentsevomorskoy treski, propuskayuschih nerest [Guidance on determining under marine conditions of the Barents Sea cod females that skip spawning] / sost. E. A. Filina, N. A. Bagryantseva. Murmansk : PINRO, 2008. 22 p.

8. Filina E. A. Issledovaniya propuska neresta u severo-vostochnoy arkticheskoy treski [Studies of North-Eastern Arctic cod skipping spawning] // *Sovremennye problemy fiziologii i biohimii vodnykh organizmov : materialy 2-y nauch. konf. s uchastiem stran SNG, Petrozavodsk, 11–14 sentyabrya 2007 g. Petrozavodsk : In-t biol. KarNTs RAN, 2007. P. 159–160.*

#### Сведения об авторах

**Филина Елена Алексеевна** – ул. Академика Книповича, 6, г. Мурманск, Россия, 183038; Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича (ПИНРО), науч. сотрудник; e-mail: [filina@pinro.ru](mailto:filina@pinro.ru)

**Filina E. A.** – 6, Academician Knipovich Str., Murmansk, Russia, 183038; Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (PINRO), Research Scientist; e-mail: [filina@pinro.ru](mailto:filina@pinro.ru)

**Макеенко Галина Анатольевна** – ул. Академика Книповича, 6, г. Мурманск, Россия, 183038; Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича (ПИНРО), мл. науч. сотрудник; e-mail: [makeenko@pinro.ru](mailto:makeenko@pinro.ru)

**Makeenko G. A.** – 6, Academician Knipovich Str., Murmansk, Russia, 183038; Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (PINRO), Junior Research Scientist; e-mail: [makeenko@pinro.ru](mailto:makeenko@pinro.ru)

E. A. Filina, G. A. Makeenko

### **Occurrence of sterile North-East Arctic cod individual**

Based on histological analysis, cod individuals of older age groups that completely lost their reproductive capacity due to age-related gonads' degeneration have been considered. Such individuals have been found among both females and males. It has been revealed that in the gonads of sterile fish the replacement of gametes with connective tissue is taking place. According to the obtained data, the portion of sterile fish in samples among females of more than 100 cm has reached 2.2 %. The analysed sterile individuals are characterized by the drastically low gonadosomatic index while hepatosomatic index is mostly above the average. The reasons of age related sterility of the Barents Sea cod have not been discovered yet. The main role of age related fish reproductive condition is considered to be linked to hormonal regulation distortion of sexual cycle. Studying the distortion in the cod reproduction resulting in spawning skips or fish sterility is believed to be significant not only in theory, but in practice as well. Mature females' biomass is usually applied as reproductive potential indicator. However, the reproductive disorder leading to spawning skips affects reproductive abilities of the species that should be taken into account while estimating total allowable catches. In order to monitor abundance of sterile individuals of the Barents Sea cod, it has been proposed to add its maturity scale with VII stage for fish without reproductive capacity.

**Key words:** cod, the Barents Sea, oocytes, sterile gonads, maturity scale.