

**МОРФОЛОГИЯ ГОНАД И СТРУКТУРА ПОЛОВЫХ КЛЕТОК  
ПОЛОВОЗРЕЛЫХ САМЦОВ ГОРБУШИ *ONCORHYNCHUS  
GORBUSCHA* (WALBAUM) РАЗНОГО ВОЗРАСТА И РАЗМЕРА**

**Б.П. Смирнов, Е.В. Микодина, С.В. Пьянова, Е.В. Ганжа, Е.Д. Павлов,  
Т.Г. Точилина**

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и  
океанографии, ул. Верхняя Красносельская, 17, Москва, 107140, Россия.*

*E-mail: p-a-v@nxt.ru*

Изучено состояние семенников у сеголеток и годовиков горбуши из водоёмов Дальневосточного бассейна. Выявлено преждевременное созревание сеголеток и годовиков горбуши при цитологическом сходстве строения половых желёз. Половые железы изученных особей представлены клетками поздних стадий сперматогенеза – сперматоцитами, сперматидами и сперматозоидами.

**GONAD MORPHOLOGY AND SEX CELLS STRUCTURE OF  
MATURE PINK SALMON *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA*  
(WALBAUM) MALES OF DIFFERENT AGE AND SIZE**

**B.P. Smirnov, E.V. Mikodina, S.V. Piyanova, E.V. Ganzha, E.D. Pavlov,  
T.G. Tochilina**

*Russian Federal Research Institute of Fisheries & Oceanography,  
17, V. Krasnoselskaya, Moscow, 107140, Russia. E-mail: p-a-v@nxt.ru*

The testis condition have been analyzed of underyearlings and yearlings of pink salmon from Far East water basin. There is testifying their untimely maturation. A cytological similarity is revealed in the gonad structure of underyearlings and yearlings of pink salmon. The gonads of studied fish are shown by cells of late stages of maturity – spermatocytes, spermatids and spermatozoa.

Известно, что молодь горбуши *Oncorhynchus gorbusha*, весной первого года жизни скатывается из рек, в пресной воде не задерживается и практически не питается. В прибрежье она обитает непродолжительное время, затем перемещается в открытые районы моря, и в сентябре–ноябре – в океан, где проводит менее года до начала нерестовой миграции.

Возрастной состав горбуши самый простой среди видов тихоокеанских лососей. Абсолютное большинство горбуши созревает в возрасте двух лет (1+), в возрасте 2+ зафиксировано только 2 особи горбуши (Anas, 1959; Turner et al., 1968). За

Таблица

**Биологические показатели исследованной горбуши**

Место вылова	№ рыбы	Дата вылова	Длина АС, см	Масса тела, г	Масса гонад, г	КЗ, %
П-ов Камчатка	годовики					
	№1	18.07.2007	50,5	1780	167,00	9,4
	№2		46,0	1190	91,00	7,6
	№3		47,5	1255	142,00	11,3
	№4		56,5	2434	174,00	7,2
О-в Итуруп	годовики					
	№1	20.07.2010	33,2	300	2,85	9,5
	№2		33,2	375	6,61	28,4
	сеголетки					
	№1	2.10.2009	27,8	276	35,80	13,0
	№2	8.10.2009	26,4	198	16,20	8,2

несколько десятилетий исследований в литературе описаны менее 10 особей горбуши, созревших сеголетками (Иванков и др., 1975; Ефанов, Кочнева, 1980; Иванков и др., 1987; Никифорова, 1996; Каев, 2002; Foster et. al., 1981). Все описанные сеголетки были отловлены в конце нерестового хода (в октябре–ноябре) и были самцами с гонадами на V стадии зрелости. Длина их тела по Смитту варьировала от 23,8 до 29,0 см, масса тела – от 120,2 до 245,0 г, на чешуе насчитывалось от 18 до 20 склеритов. Однако по опросным данным в водах островов Сахалин и Итуруп во время нерестового хода ежегодно отмечаются единичные мелкие особи горбуши. Данные по их возрасту и биологическим показателям единичны, сведения о состоянии воспроизводительной системы отсутствуют.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Преднерестовые годовики горбуши (4 экз.) были выловлены в июле 2007 г. в устье р. Большая Воровская (п-ов Камчатка). Материал для исследования на о-ве Итуруп был собран в сентябре–октябре 2009 г. и июле–августе 2010 г. на рыбоперерабатывающих заводах «Курильский» и «Рейдовое» (о-в Итуруп; ЗАО «Гидрострой») при изучении приловов во время промысла горбуши и кеты ставными неводами. Сеголетки горбуши выловлены ставными неводами, установленными вблизи устьев рек Рейдовая и Курилка, одна особь – у забойки ЛРЗ «Рейдовый». Всего поймано 9 экз. сеголеток и 3 экз. «мелкой» горбуши в возрасте 1+.

У рыб измеряли длину тела по Смитту (АС) и массу тела. Коэффициент зрелости (КЗ) рассчитывали по отношению массы гонад к массе рыбы. Биологические показатели изученной горбуши приведены в таблице. Чешую для последующего определения возраста отбирали на 2–4 ряда выше боковой линии между спинным и анальным плавниками в соответствии с методическим руководством (McLellan, 1987). Подсчёт количества склеритов вели только по наибольшему радиусу.

Половые железы 2-х сеголеток и 2-х годовиков горбуши или их фрагменты фиксировали в 4%-ном растворе формальдегида. Гистологический анализ проведён по стандартным методикам (Микодина и др., 2009). Фотографии срезов гонад сделаны с помощью РС с видеокамерой Leica при окуляре 10× и объективов 5, 10, 20, 40, 100×. Изображения обрабатывали в Photoshop CS3. Стадии зрелости гонад и периодизация сперматогенеза приведены по Мурза, Христофорову (1991).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

**Семенники преднерестовых годовиков горбуши (п-ов Камчатка).** Гонады самцов горбуши беловатого цвета без анатомических аномалий, визуально были отнесены к IV стадии зрелости.

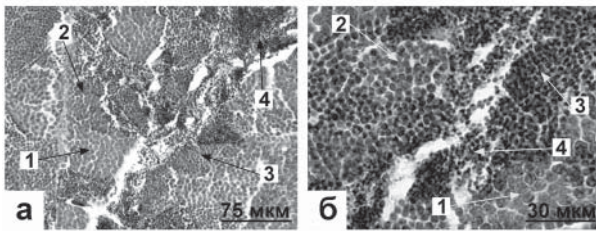


Рис. 1. Цитоморфология семенников преднерестовых годовиков горбуши (Камчатский край)

1) сперматозоиды I порядка; 2) сперматозоиды II порядка; 3) сперматиды; 4) сперматозоиды.

Семенники трёх из четырёх преднерестовых годовиков горбуши представлены сперматозоидами I и II порядков и сперматидами, что соответствует IV стадии зрелости (рис. 1 а, б). В семенниках четвертого годовика, кроме перечисленных половых клеток, также присутствуют сперматозоиды, что свидетельствует о более интенсивном развитии половых желёз у этой особи (IV стадия зрелости). Есть данные (Сакун, Персов, 1963), что в гонадах самцов горбуши даже при переходе в «текучее» состояние, наряду со зрелыми спермиями, встречается большое количество цист с клетками раннего состояния (сперматозоидами I и II порядков, сперматидами), что подтверждают наши исследования. Учитывая близость нереста, очевидно, что половые продукты у этих рыб окончательно созреют через 1–3 недели.

**Семенники годовиков горбуши (о-в Итуруп).** Семенники белого цвета, визуально относятся к III–IV стадиям зрелости. Гонады у самца № 2 крупней, чем у № 1, и имеют анатомические аномалии в строении – фенотипические отклонения, выражающиеся в перекрутах, нахлестах и перетяжках фрагментов половых желёз (рис. 2). Такие морфологические аномалии в строении половых желёз, как правило, обусловлены угнетённым состоянием организма особи, связанным с не-

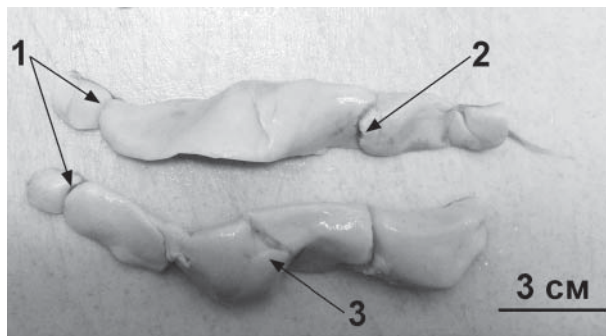


Рис. 2. Фенотипические отклонения семенника годовика горбуши № 2

1) перетяжки; 2) нахлест; 3) перекут.

благоприятными условиями окружающей среды (Микодина, 2002; Павлов, 2011; Павлов и др., 2010 а, б).

Изученные семенники годовиков горбуши представлены цистами с четырьмя типами половых клеток (рис. 3а), характеризующих различные периоды сперматогенеза. Единично присутствуют светлые активные сперматогонии типа А, характерные для периода размножения половых клеток (I – II стадия зрелости гонад). Сперматоциты I и II порядка в семенниках годовиков горбуши многочисленны, расположены в цистах, характеризуют период созревания половых клеток (III стадия зрелости гонад). Сперматиды немногочисленны, как правило, группируются в толще цист со сперматоцитами, отличаются от последних меньшими размерами. Эти клетки также формируются в период созревания (III стадия зрелости гонад). Сперматозоиды представлены единично, располагаются в просветах семенных канальцев, формирующихся между цистами с половыми клетками более ранней генерации (сперматоцитами и сперматидами). Сперматозоиды отличаются от других половых клеток самцов меньшими размерами, более продолговатой формой и наличием жгутика; их присутствие в гонадах символизирует начало периода спермиогенеза (IV стадия зрелости). На гистологических препаратах жгутик сперматозоида часто не идентифицируется, что может быть связано с технологией фиксации, либо гистологической методикой.

Основная масса половых клеток мужской генерации в гонадах годовиков горбуши представлена сперматоцитами. Следовательно, по количественному составу различных типов половых клеток можно заключить, что семенники годовиков горбуши находятся на III–IV стадиях зрелости.

Семенники у изученных самцов горбуши в возрасте 1 года имеют анатомические аномалии, выражающиеся в гипертрофии соединительной и жировой тканей, а также кровеносных сосудов (рис. 3б). Оболочка в некоторых местах гонады утолщена, что не является нормой для впервые нерестующих рыб. В гонадах самца № 2 такие аномалии выражены интенсивней и формируются преимущественно в местах локализации фенотипических отклонений. Это подтверждается данными литературы, свидетельствующими, что интенсивное формирование цитологических нарушений в гонаде часто приводит к закладке анатомических аномалий (Микодина, 2002; Павлов, 2011).

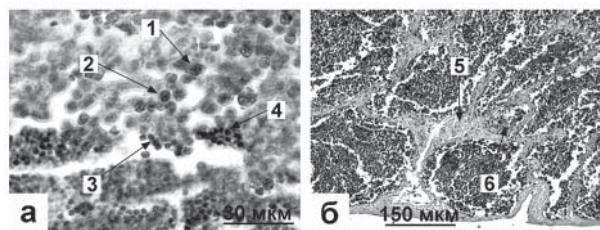


Рис. 3. Цитоморфология семенников годовиков горбуши (о-в Итуруп)

- 1) сперматоцит I порядка; 2) сперматоциты II порядка; 3) сперматиды; 4) сперматозоиды;
- 5) гипертрофированная соединительная ткань; 6) крупный кровеносный сосуд.

Таким образом, изученные особи могут принимать участие в нересте, но из-за обнаруженных аномалий в строении их гонад, конечная плодовитость может быть низкой.

**Семенники сеголеток горбуши (о-в Итуруп).** Семенники белого цвета, анатомические аномалии не обнаружены.

В семенниках сеголеток горбуши одновременно присутствуют сперматоциты I и II порядков, сперматиды и

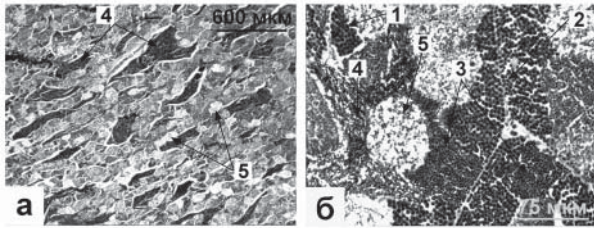


Рис. 4. Цитоморфология семенников сеголеток горбуши (о-в Итуруп)

- 1) сперматоциты I порядка, 2) сперматоциты II порядка, 3) сперматиды, 4) сперматозоиды, 5) семенные ампулы с остаточными сперматозоидами.

семенные ампулы с остаточными сперматозоидами (рис. 4а). В семенниках горбуши № 2 сперматоцитов больше, чем у № 1. В просветах семенных канальцев плотно расположены сперматозоиды. Семенные ампулы с остаточными сперматозоидами встречаются чаще (рис. 4б). Такое состояние половых желёз соответствует IV–V стадии зрелости. Цитологические аномалии в строении семенников сеголеток горбуши не обнаружены, следовательно естественный ход сперматогенеза данных особей не нарушен.

Таким образом, половые железы самцов горбуши в возрасте 0+ имеют незначительные цитологические отличия от семенников годовиков. В изученных семенниках двух возрастных групп горбуши, как правило, присутствуют сперматоциты, сперматиды, сперматозоиды. Известно, что с момента формирования в гонадах сперматоцитов сперматогенез у рыб протекает относительно быстро и без каких-либо длительных задержек заканчивается появлением сперматозоидов (Персов, 1975). Это подтверждается описанным нами состоянием половых желёз преднерестовых годовиков горбуши, выловленных в р. Большая Воровская (Камчатский край).

Половозрелых сеголеток горбуши вылавливали и ранее на о. Сахалин (Иванков и др., 1975, 1987; Ефанов, Кочнева, 1980). Так в половых железах сеголетка (7 мес) горбуши, выловленного в октябре в р. Большой Такой, также отмечали досрочное созревание половых продуктов. У выловленного самца отсутствовали признаки брачного наряда, но подвижность его спермы в воде и полостной жидкости не отличалась от таковой у лучших по этому признаку производителей горбуши. Однако проведённое оплодотворение этой спермой икры одной самки горбуши показало, что доля развивающейся икры сравнительно невелика (около 20%) (Иванков и др., 1975). Случаи поимки половозрелых сеголеток горбуши в р. Большой Такой, как правило, приходится на годы высокой численности вида в месте поимки (Ефанов, Кочнева, 1980). У сеголеток горбуши, выращенных в садках в малосолёной воде на Белом море в октябре на первом году жизни, также было обнаружено раннее половое созревание. В нитевидных семенниках присутствовали зрелые сперматозоиды (Оганесян, 1979).

сперматозоиды (рис. 4 а, б). Сперматоциты и сперматиды располагаются в цистах. Сперматозоиды многочисленны, вследствие спермиации они вышли в просветы семенных канальцев (рис. 4б). В гонадах самца № 1 сперматоциты II порядка немногочисленны, а сперматоциты I – встречаются единично. В основном семенники практически целиком заполнены сперматидами и сперматозоидами, в небольшом количестве локализованы се-



Половозрелых сеголеток отмечали и у других видов лососевых рыб. Так, доля половозрелых сеголеток атлантического лосося *Salmo salar* в реке Соумил (Новая Англия, США) достигала 74% (Letcher, Terrick, 1998). Явление раннего созревания атлантического лосося авторы связывали с быстрым ростом сеголеток. Причиной высокой скорости роста являлось изменение структуры ихтиофауны и температуры в реке, обусловленное сильными наводнениями в этой области.

Наблюдения других авторов с учётом большого количества сперматозоидов в гонадах сеголеток горбуши подтверждают наше мнение о близости нереста исследованных сеголеток горбуши, несмотря на то, что состояние их половых желёз не соответствует возрасту.

### ЛИТЕРАТУРА

- Ефанов В.Н., Кочнева З.П. 1980.** О вторичной поимке половозрелого самца горбуши в возрасте менее одного года // Биология моря. № 2. С. 88.
- Иванков В.Н., Митрофанов Ю.А., Бушуев В.П. 1975.** Случай созревания горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) в возрасте менее одного года // Вопр. ихтиологии. Т.15. Вып. 3 (92). С. 556–557.
- Иванков В.Н., Митрофанов Ю.А., Омельченко В.Т. 1987.** Половозрелость горбуши на первом году жизни // Биология моря. № 1. С.28–31.
- Каев А.М. 2002.** О поимке горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* и кеты *Oncorhynchus keta* редкого возраста // Биология моря. Т. 28, № 6. С.457–458.
- Микодина Е.В. 2002.** Методические рекомендации по изучению фенотипов семенников у дальневосточных лососей. М.: Изд-во ВНИРО. 94 с.
- Микодина Е.В., Седова М.А., Чмилевский Д.А., Микулин А.Е., Пьянова С.В., Полуэктова О.Г. 2009.** Гистология для ихтиологов: опыты и советы. М.: Изд-во ВНИРО. 112 с.
- Мурза И. Г., Христофоров О. Л. 1991.** Определение степени зрелости гонад и прогнозирование возраста достижения половой зрелости у атлантического лосося и кумжи. Л.: Изд-во ГосНИОРХ. 102 с.
- Никифорова Г.В. 1996.** О нахождении половозрелых сеголеток горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в водоемах юго-восточного Сахалина // Вопр. ихтиологии Т. 36, № 6. С. 840–841.
- Оганесян С.А. 1979.** Развитие половых желёз у горбуши в условиях садкового выращивания. Экологическая физиология и биохимия рыб. Т. 2. С. 147–148.
- Павлов Е.Д. 2011.** Состояние половых желёз лососевых рыб в условиях интродукции: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: Изд-во ВНИРО. 24 с.
- Павлов Е.Д., Микодина Е.В., Седова М.А., Емельянова Н.Г., Маркевич Г.Н. 2010.** Состояние гонад жилой нерки *Onchorhynchus nerka* из Толмачёвского водохранилища // Вопр. ихтиологии. Т. 50, № 3. С. 356–364.
- Павлов Е.Д., Нгуен Вьет Туи, Нгуен Ти Хуан Ту. 2010.** Состояние половых желёз молоди триплоидной форели *Oncorhynchus mykiss* в условиях южного Вьетнама после искусственной инверсии пола // Вопр. ихтиологии. Т. 50. № 5. С. 675–684.
- Персов Г.М. 1975.** Дифференцировка пола у рыб. Л.: Изд-во ЛГУ. 148 с.
- Сакун О.Ф., Персов Г.М. 1963.** Опытные работы по управлению процессом созревания горбуши // Труды ПИНРО. Вып. 15. С. 27–34.
- Anas R. A. 1959.** Three-year-old pink salmon // Can. J. Fish Aquat. Sci. V. 16, N. 1. P. 91–94.
- Foster R.W., Bagatell C., Fuss H.J. 1981.** Return of one-year-old pink salmon to a stream in Puget Sound // Prog. Fish-Culturist. V. 43, N 1. P. 31.
- Letcher B. H., Terrick T. D. 1998.** Maturation of male age-0 Atlantic salmon following a massive, localized flood // Journ. Fish Biol. V. 53. P. 1243–1252.

- McLellan S.E. 1987.** Guide for sampling structures used in age determination of Pacific salmon // Dept. Fish Ocean., Fisheries Res. Branch, Pacific Biol. Stat. Nanaimo. 27 p.
- Turner C.E., Bilton H. T. 1968.** Another pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in its third year // Can. Journ. Fish Aquat. Sci. V. 25, N 9. P. 1993–1996.