

АКВАКУЛЬТУРА

УДК 639.371:597.552.51

В.П. Погодин¹, С.И. Борзов², М.С. Мякишев³, И.А. Вараксин²,
О.В. Зеленников^{4*}

¹ ООО «Каниф», 694740, г. Невельск, ул. Советская, 26;

² ЗАО «Курильский рыбац», 694530, Курильский район, с. Рейдово;

³ Сахалинский филиал ФГБУ «Главрыбвод»,
693006, г. Южно-Сахалинск, ул. Емельянова, 43-Б;

⁴ Санкт-Петербургский государственный университет,
199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7/9

**ОПЫТ ДВУХЛЕТНЕГО ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ СИМЫ
ONCORHYNCHUS MASOU НА РЫБОВОДНОМ ЗАВОДЕ
ОСТРОВА ИТУРУП**

Анализировали опыт двухлетнего выращивания молоди сима в двух рыбоводных циклах на Рейдовом лососевом рыбоводном заводе о. Итуруп. Опробовали различные варианты заготовки производителей, кормления молоди, профилактической обработки, выпуска. Отметили, что использование в качестве корма фарша горбуши в рационе 2 % от массы тела в течение второго года выращивания способствовало значительному снижению отхода молоди и ее ускоренному росту. Доля самок, проходных и карликовых самцов в двухлетнем возрасте составила соответственно 42,1; 36,3 и 21,6 %. Масса самок, проходных и большинства карликовых самцов оказалась сходной, но среди последних выявилась группа быстрорастущих особей. В яичниках у всех рыб перед выпуском уже была сформирована генерация сходных по размеру ооцитов, находящихся на завершающем этапе периода превителлогенеза, диаметр которых у каждой особи различался в 2–4 раза.

Ключевые слова: сима, Итуруп, рыбоводный завод, ооциты, карликовые самцы.
DOI: 10.26428/1606-9919-2019-196-182-192.

Pogodin V.P., Borzov S.I., Myakishev M.S., Varaksin I.A., Zelennikov O.V. Experience of two-year rearing of cherry salmon *Oncorhynchus masou* juveniles at fish farm on Iturup Island // *Izv. TINRO.* — 2019. — Vol. 196. — P. 182–192.

Results of cherry salmon juveniles rearing at Reidovo fish farm on Iturup Island during two annual cycles of cultivation are analyzed. Different variants of the breeders selection, feeding, preventive treatment, and release were tested. The breeders were caught in the river mouth and near the fish farm. Mass mortality of young fish in the first and second years was

* Погодин Виктор Петрович, заместитель генерального директора, e-mail: v_pogodin@mail.ru; Борзов Сергей Иванович, заведующий производством, e-mail: s_borzov@mail.ru; Мякишев Максим Сергеевич, заведующий лабораторией, e-mail: lab_vbr@mail.ru; Вараксин Иван Александрович, заместитель генерального директора, e-mail: varaksin.ivan-varaksin@yandex.ru; Зеленников Олег Владимирович, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: oleg_zelennikov@mail.ru.

Pogodin Victor P., deputy director, e-mail: v_pogodin@mail.ru; Borzov Sergey I., production director, e-mail: s_borzov@mail.ru; Myakishev Maxim S., head of laboratory, e-mail: lab_vbr@mail.ru; Varaksin Ivan A., deputy director, e-mail: varaksin.ivan-varaksin@yandex.ru; Zelennikov Oleg V., Ph.D., assistant professor, e-mail: oleg_zelennikov@mail.ru.

avoided by decreasing of their density and other preventive measures. Minced fish was used as a food for them that is less expensive in compare with a combined fodder. The best diet for the second year of rearing was the minced pink salmon with the daily ration of 2 % of the juveniles body weight; it provided a significant decrease of mortality and enhanced their growth. After 2-year rearing, percentage of females, anadromous males, and dwarf males was 42.1, 36.3, and 21.6 %, respectively. Their weights were similar, though a group of fast-growing males was found among the dwarfs. The mass of ovaries varied from 13 to 46 mg in close dependence on females' body weight ($r = 0.81$). Before the release, the ovaries of all females contained oocytes of similar size (varied in 2–4 times) at the final stage of previtellogenesis. Number of the oocytes per transverse section varied from 4.7 to 32.3, on average for 5 cuts and their diameter varied from 164.3 to 279.2 μm and did not correlate with the females body weight. The mass of dwarf males' testes varied from 14 to 488 mg in dependence on their body weight ($r = 0.78$). The elder oocytes of females would mature in a year, and majority of dwarf males would reach the maturity in autumn of the current year.

Key words: cherry salmon, Iturup Island, fish farm, oocyte, dwarf male.

Введение

Тихоокеанский лосось сима *Oncorhynchus masou* наиболее существенно отличается от других видов своего рода и в связи с этим вызывает большой исследовательский интерес. Например, сима занимает самый узкий ареал, в пределах которого, тем не менее, характеризуется наиболее значительным морфологическим разнообразием [Семенченко, 1989; Kato, 1991; Иванков и др., 2003; Бугаев, 2014]. Производители этого вида заходят в реки задолго до нереста и в течение продолжительного периода, например на юге ареала с мая по октябрь [Иванков и др., 1984; Макеев и др., 1990], имеют гонады, далекие от дефинитивного состояния [Крыхтин, 1962]. Эти обстоятельства снижают промысловую привлекательность сими. К тому же значительная часть молоди достигает полового созревания в виде карликовых самцов [Семенченко, 1989; Груздева и др., 2013]. Однако, с другой стороны, сима заходит в реки, не имея выраженных преднерестовых изменений, и единственная среди видов своего рода активно питается в пресной воде, являясь в Сахалинской области самым популярным объектом для любительского и спортивного лова [Антонов, 2007]. О высокой доле любительского вылова в общей структуре улова сими свидетельствуют и данные японских авторов [Miyakoshi et al., 2004]. С учетом всех обстоятельств сима до настоящего времени остается не освоенной отечественным рыбоводством [Марковцев и др., 2011], а в Сахалинской области попытки ее воспроизводства так и остались на уровне эксперимента [Живоглядова, Макеев, 2017].

Вместе с тем практика воспроизводства сими на рыбоводных заводах Сахалинской области имеет уже почти 70-летнюю историю. Однако выращивание ее молоди, кроме нашего опыта, осуществлялось исключительно на сравнительно холодноводных, так называемых «горбушовых» заводах, на которых температура воды в зимние месяцы понижается до 0,2–0,5 °C. И очевидно, именно это обстоятельство определяет многолетний экспериментальный характер работы с симой, поскольку уже была установлена нецелесообразность ее воспроизводства при таком режиме [Беньковская, 1981].

Рейдовый лососевый рыбоводный завод (ЛРЗ «Рейдовый»), на котором проводили работу, является сравнительно тепловодным предприятием. Температура воды на нем в зимние месяцы не опускается ниже 1 °C, а при использовании грунтовой воды может поддерживаться выше 4 °C. Отметим также, что ЛРЗ «Рейдовый» является одним из наиболее крупных предприятий на Дальнем Востоке России: в год здесь выращивают более 70 млн мальков. Однако, как и практически все лососевые рыбоводные заводы в Сахалинской области, ЛРЗ «Рейдовый» является весьма специализированным предприятием для воспроизводства молоди горбуши и кеты, масса которых перед выпуском в среднем составляет соответственно около 300–400 и 800–2000 мг.

Целью нашей работы была отработка биотехники выращивания на таком предприятии значительно более крупной молоди лосося с длительным периодом речного развития, сими. При современной мировой тенденции, связанной с увеличением доли

искусственно выращенной рыбы для любительского и спортивного лова, биотехника воспроизводства симы может оказаться востребованной специалистами как федеральных рыбоводных заводов, так и частных предприятий.

Материалы и методы

Молодь симы выращивали в течение двух рыбоводных циклов в 2001–2003 и 2002–2004 гг. В первом цикле использовали 15 самок и 9 самцов, отловленных у забоечного пункта завода с помощью стационарной ловушки. Икру получали по мере созревания рыб 14, 18, 25 сентября и 2 октября. Всего было собрано 25540 икринок, которых разместили для инкубации в аппараты Аткинса.

Во втором цикле использовали производителей симы, отловленных в два этапа. На первом этапе, в период с 8 по 13 июня, отлов производили жаберной сетью в устье р. Рейдовой с 20 до 23 час. Рыб из сетей выпутывали сразу после попадания, затем помещали в изотермический контейнер объемом 40 л (по 3–6 экз.), перевозили на завод, где помещали в ванны с площадью дна 12 м² по 3–6 экз. Расстояние от места отлова до завода составило 9 км; время перевозки — 15 мин. Всего таким образом выловили 54 экз.; из них отход за период выдерживания в июне-августе составил 20,4 %. На втором этапе, в период с 13 августа по 2 сентября, рыб при помощи стационарной ловушки отлавливали около забоечного пункта завода. Всего в августе выловили 72 экз.; общий отход при их выдерживании составил 11 %. Всего от 67 самок и 34 самцов было заложено на инкубацию 148030 икринок в пяти партиях: 27 августа, 2, 3, 12 и 17 сентября.

Икра при «набухании» имела диаметр от 5,6 до 6,6 мм и массу от 122 до 178 мг. Для выклева зародышей всех партий размещали на трубчатом субстрате в тех же ваннах, в которых ранее выдерживали производителей. В период выдерживания зародышей и личинок ванны закрывали черной пленкой.

Молодь кормили гранулированным кормом производства «Alleraqua», который вносили с помощью автоматического кормораздатчика «Peletter» в рациионе 2 % от массы тела. После достижения молодью средней массы 2 г рыб кормили только по рабочим дням.

В течение второго года выращивания кормление молодежи симы в двух циклах существенно различалось. В первом цикле рыб кормили гранулированным кормом при рациионе 0,4 % от массы тела, а также фаршем горбуши при рациионе 2,0 % от массы тела.

Во втором цикле использовали только гранулированный корм «Alleraqua». В июне-августе рыб кормили 4 раза в сутки при рациионе 1,5 % от массы тела. Начиная с сентября рыб кормили 2 раза в день — приблизительно в 10 и 17 час. Рациион с 1,3–1,5 % в течение сентября-декабря был понижен до 0,9 %, а в январе-феврале — до 0,4 %. В марте-мае рыб кормили гранулированным кормом «Аллер 514 Макровитал», утром и вечером при рациионе 0,9 % от массы тела. Корм вносили вручную по всей площади ванны.

Для профилактической обработки использовали четыре разных режима: малахитовый зеленый в концентрации 1 : 300000, в течение 30 мин; формалин (40 %) в течение 20 мин в концентрации 1 : 4000; раствор поваренной соли в концентрации 1 %; слабый раствор йода.

Плотность посадки мальков варьировала от 1,7 до 2,2 тыс. экз./м² в течение обоих циклов и до 1,4 тыс. экз./м² после выпуска годовиков. Уровень воды изменялся от 0,4 до 0,6 м. Расход воды варьировал в диапазоне от 0,64 до 1,0 л/мин с понижением до 0,15–0,42 л/мин в зимние месяцы. Содержание O₂ изменялось от 9,0 до 12,6 мг/л.

В первом цикле всех рыб выращивали в течение полных двух лет. Во втором цикле подопытную партию разделили. Часть рыб (63,0 тыс. экз.) выпустили 12 октября 2003 г. в возрасте 1+, остальных (41,2 тыс. экз.) вырастили до двух лет. Годовиков симы перевозили в пластиковых емкостях по 500 л на расстояние 2 км от завода и выпускали в р. Аргунь. Двухлеток симы выпустили непосредственно с завода в р. Рейдовую в ночное время — 30 июня в первом и 17 июля во втором цикле. Для приобретения молодью защитной окраски перед выпуском, рыб в течение одной недели выдерживали в каналах питомника.

Перед выпуском двухлеток во втором цикле помимо стандартного биологического анализа у 342 особей определили пол и массу гонад. В ходе анализа яичники 36 особей зафиксировали в жидкости Буэна и позднее в лабораторных условиях обработали гистологически по общепринятой методике. Серийные поперечные срезы обоих яичников у всех рыб окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну.

Полученные данные обрабатывали статистически. Тесноту связи между массой рыб и различными параметрами состояния гонад оценивали с помощью коэффициента парной корреляции Пирсона.

Результаты и их обсуждение

Начальные этапы эмбрионального развития молоди симы на ЛРЗ «Рейдовом» проходили при температуре 7–8 °С. Затем температура воды постепенно понижалась до 4–6 °С в декабре-январе и повышалась в среднем до 9–10 °С в июне-августе. При таком температурном режиме у молоди симы в первом цикле вылупление началось через 77–83 сут в разных партиях, а подъем на плав — через 150–161 сут. Еще через 10 сут при остаточной массе желтка в среднем 4,8 мг, температуре воды 5,6 °С и сумме градусо-дней 855,9–987,1 молодь начали кормить (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика эмбрионально-личиночного периода в развитии у молоди симы в сезоны 2001–2003 и 2002–2004 гг.

Table 1

Characteristics of the embryonic-larvae period in ontogenesis of cherry salmon for the 2-year periods of 2001–2003 and 2002–2004

Параметр		2001–2003 гг.	2002–2004 гг.
Закладка	Дата	14.09–02.10.2001	27.08–17.09.2002
Начало пигментации глазных бокалов	Дата	30.10–21.11.2001	26.09–16.10.2002?
	Масса икринок, мг	146–170	121–171
	Сутки/градусо-дни	47–51/319,3–333,9	27–29/206,9–240,0
Начало вылупления	Дата	29.11–23.12.2001	29.10–26.11.2002
	Сутки/градусо-дни	77–83/454,0–484,7	62–69/466,2–487,8
	Масса рыб, мг	131,1 (100,0–167,0)	149,8 (124,0–180,0)
	Масса желтка, мг	94,2 (64,0–115,0)	82,9 (62,0–104,0)
Подъем на плав	Дата	21–28.02.2002	29.01.2003
	Сутки/градусо-дни	150–161/798,9–892,4	133–154/755,5–945,8
	Масса рыб, мг	146,9 (116,0–184,0)	218,0 (142,0–269,0)
	Масса желтка, мг	10,1 (1,0–34,0)	20,1 (6,0–37,0)
Начало кормления	Дата	11.03.2002	10.02.2003
	Сутки/градусо-дни	160–178/855,9–987,1	145–166/824,7–1015,0
	Масса рыб, мг	172,7 (124,0–246,0)	216,2 (193,3–32,4)
	Масса желтка, мг	4,8 (0,0–18,0)	9,2 (7,6–10,9)

Во втором цикле икру на инкубацию закладывали в среднем на 15 сут раньше и начальные этапы эмбрионального развития проходили при несколько более высокой температуре воды. В результате все ключевые этапы последующего развития: пигментация глазных бокалов, вылупление, поднятие на плав и кормление — начинались при такой же сумме градусо-дней, но на 12–16 сут раньше, чем у молоди в первом цикле. В конечном итоге в первом цикле масса молоди к 1 июля за 291 сут выращивания достигла в среднем 1018,4 мг, а во втором цикле к 30 июня, но за 308 сут — 1427,1 мг. Следует отметить, что именно во второй половине июня — начале июля молодь симы выпускают с лососевых рыбодоводных заводов Сахалинской области. Эти сроки не имеют научного обоснования и определяются до настоящего времени необходимостью профилактической обработки производственных площадей перед новым рыбодоводным циклом.

В дальнейшем темп роста молоди симы в двух циклах заметно различался. Так, в первом цикле за полный год выращивания с 1 июля по 9 декабря и 30 июня следу-

ющего года масса молоди с навески в среднем 1018,4 мг увеличилась соответственно до 5380,6 и 19967,1 мг, т.е. в 5,3 и почти в 20,0 раза (табл. 2). В отличие от этого, во втором цикле в период с 30 июня по 28 ноября и 17 июля следующего года масса рыб увеличилась значительно меньше — с 1427,1 мг до 3748,1 и 11035,1 мг, т.е. в 2,6 и 7,7 раза. Отметим, что различная динамика роста молоди симы в двух циклах выращивания не была связана с разными температурными условиями. Так, в течение 200, 400 и 600 сут выращивания молодь набирала сходную сумму градусо-дней — в первом цикле соответственно 1112,1, 2551,7 и 3530,2, во втором — 1104,1, 2556,4 и 3601,2.

Таблица 2
Динамика роста массы тела молоди симы в сезоны 2001–2003 и 2002–2004 гг.

Table 2
Growth dynamics of young cherry salmon in the 2-year periods of 2001–2003 and 2002–2004

2001–2003 гг.		2002–2004 гг.	
Возраст, сут/дата	Масса рыб, мг	Возраст, сут/дата	Масса рыб, мг
211–229/30.04.02	519,0	225–246/30.04.03	544,2
273–290/01.07.02	1018,4	285–306/30.06.03	1427,1
332–350/29.08.02	2833,5	347–368/01.09.03	3353,7
–	–	389–411/12.10.03	3542,0
434–452/09.12.02	5380,6	440–461/01.12.03	3748,2
456–474/31.12.02	6347,0	470–491/31.12.03	4467,5
486–504/30.01.03	7186,0	501–52/31.01.04	5713,5
518–536/03.03.03	7513,8	558–579/28.02.04	6254,6
546–564/31.03.03	8327,4	589–610/31.03.04	6510,0
576–594/30.04.03	9410,9	619–640/30.04.04	8300,0
607–625/01.06.03	12446,0	650–671/31.05.04	8446,6
637–655/30.06.03	19967,1	697–718/17.07.04	11035,1

Вместе с тем в двух циклах в течение второго года выращивания были применены различные схемы кормления молоди. В первом цикле в течение всего периода выращивания рыб кормили преимущественно фаршем горбуши, тогда как во втором цикле применяли только гранулированный корм, полагая, что при массовом выращивании крупной молоди в обычных для сахалинских заводов бетонных каналах использование рыбного фарша может быть затруднительно. Уменьшение рациона было связано с опасением формирования большого числа карликовых самцов в генерации молоди, возможность которого не исключали.

Отход молоди в первом цикле был незначительным и составил чуть более 12 % в течение двух лет. Повышение отхода наблюдали дважды — при переходе на внешнее питание и при переходе на зимовку второго года выращивания. В случае, если плотность посадки молоди составляла 20–25 тыс. экз. на ванну, наблюдается еще один пик отхода — при достижении молодь массой в среднем 1 г; при рассадке рыб отход уменьшился. При кормлении молоди симы рыбным фаршем в качестве дополнения к гранулированным кормам отход в этот период удалось сократить с 0,80 до 0,01 % за декаду. В зимнее время отход молоди был незначительным (до 0,1 % в месяц).

Ситуация с гибелью молоди во втором цикле была качественно иной. В течение первого года выращивания общий отход молоди был незначительным, составив 9,9 %. Однако при выращивании рыб в течение второго года в период с января по апрель число погибших рыб заметно увеличилось с пиком в начале марта до 1,8 % в сутки. В итоге общая гибель молоди за два года выращивания во втором цикле составила 29,5 %. При этом из общего числа погибших рыб 11,8 % пришлось на период в 4 мес., с января по апрель второго года выращивания. В качестве возможных причин гибели молоди могло быть паразитарное воздействие и использование корма, обедненного витаминами, например, в результате длительного хранения. С учетом этих предположений провели антипаразитарную обработку, в ходе которой в разных ваннах использовали сразу четыре профилактических раствора, а также доставили свежую партию корма. В

результате проведения этих мероприятий отход снизился до 0,1 % в сутки независимо от применяемого препарата.

Интересно отметить, что темп роста молоди во втором цикле на фоне значительной гибели подопытных рыб оставался весьма высоким. Так, масса рыб в период с января по апрель в среднем увеличилась почти в два раза — с 4467,5 до 8300,0 г.

Размерная структура молоди при выпуске имела нормальное распределение, при этом в первом цикле масса 54 % всех особей распределялась в диапазоне от 17 до 20 г. Однако масса 10 % всех рыб заметно отличалась от массы большинства (рис. 1, а). Мы не проводили анализ половой структуры молоди и предположили, что все наиболее крупные особи, массой более 25 г, были представлены карликовыми самцами, растущими более быстрым темпом [Takami et al., 1998]. Это предположение подтвердилось при анализе размерной и половой структуры молоди во втором цикле выращивания. Так, в выборке из 342 рыб присутствовали 144 самки (42,1 %), 123 проходных самца (36,0 %) и 75 карликовых самцов (21,9 %), гонады которых находились в III стадии зрелости.

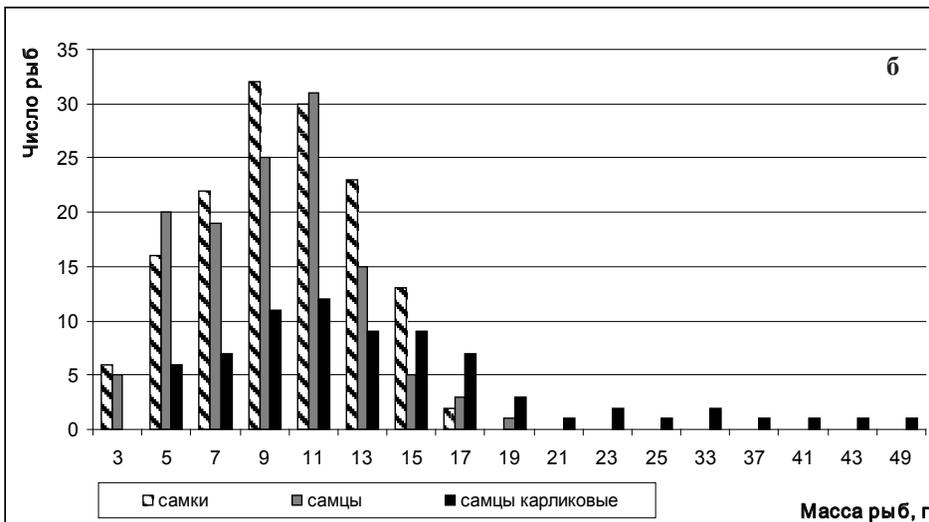
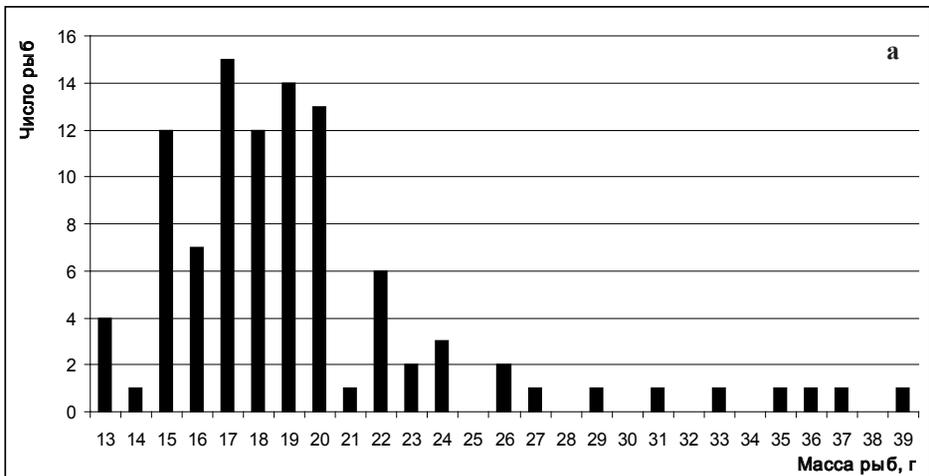


Рис. 1. Масса молоди симы перед ее выпуском с ЛРЗ «Рейдовый» в возрасте 1+ в 2003 (а) и 2004 (б) гг.

Fig. 1. Body weight of young cherry salmon before its release from Reidovo fish farm at the age of 1+ in 2003 (a) and 2004 (б)

Масса самок составляла в среднем $10,6 \pm 0,3$ г (от 3,5 до 18,8 г), и значительная часть из них (43,0 %) принадлежала к размерной группе от 9,0 до 13,0 г (рис. 1, б). Масса яичников у разных особей варьировала в диапазоне от 13 до 46 мг и была тесно

связана с массой самок ($y = 2,05x + 8,684$; $r = 0,81$), как это характерно и для других видов лососевых рыб [Зеленников, 1997]. Старшую генерацию половых клеток в яичниках всех рыб составляли ооциты завершающего этапа периода превителлогенеза. В цитоплазме ооцитов уже не встречались элементы циркумнуклеарного комплекса, но присутствовали желточные ядра, свидетельствующие о скором начале вакуолизации цитоплазмы. Отметим, что практически все ооциты периода превителлогенеза находились на одинаковом этапе развития — по классификации Г.М. Персова [1975] на 4-й ступени, но при этом у каждой особи в 2–4 раза различались по размерам (рис. 2). Отметим также, что число ооцитов периода превителлогенеза (в среднем на поперечный срез $15,8 \pm 0,9$) у разных особей широко варьировало — от 4,7 до 32,3. Ооциты подсчитывали на пяти поперечных срезах, которые брали, пропуская 20 серийных срезов (для того чтобы одну и ту же клетку не подсчитывать дважды). Затем находили среднее арифметическое числа ооцитов на поперечный срез у каждой самки и далее значение этого показателя для всех рыб. Так же широко — от 164,3 до 279,2 мкм — варьировала у разных самок и величина диаметра ооцитов, в среднем составляя $215,8 \pm 4,0$ мкм (диаметр ооцитов находили для каждой особи как среднее арифметическое 10 ооцитов). При этом изменения обеих этих величин — число ооцитов и их диаметр — были слабо связаны с массой самок — соответственно $r = 0,31$ и $r = 0,15$.

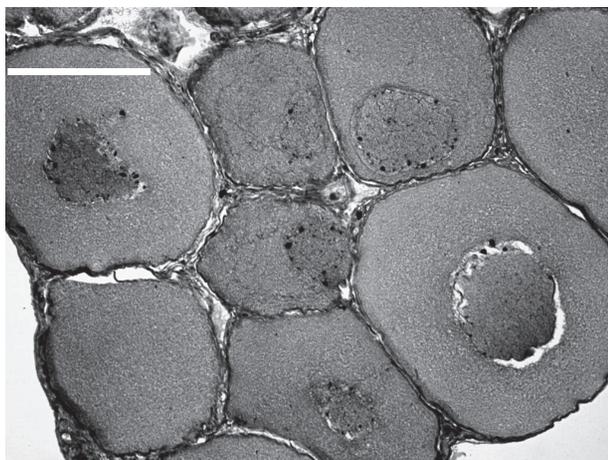


Рис. 2. Характерное состояние яичников у самок симы перед выпуском с ЛРЗ «Рейдовый» в возрасте 1+. Основу репродуктивного фонда составляют ооциты завершающего этапа периода превителлогенеза, размер которых различается в 2–4 раза. Шкала = 0,1 мм

Fig. 2. Typical condition of cherry salmon ovaries before its release from Reidovo fish farm at the age of 1+. Oocytes of the final stage of previtellogenesis prevail, their size varies in 2–4 times. Scale bar 0.1 mm

Масса будущих проходных самцов — $10,2 \pm 0,4$ г (3,3–19,1 г) — была практически такой же, как масса самок, при этом 45,5 % всех особей также принадлежали к размерной группе от 9 до 13 г (см. рис. 1, б). Масса семенников у проходных самцов варьировала преимущественно от 1,0 до 10,0 мг (как исключение 13,0 мг у трех и 20,0 мг у одной особи).

Масса карликовых самцов (в среднем $15,5 \pm 1,1$ г) варьировала в наиболее широком диапазоне — от 5,5 до 49,6 г, при этом значительная часть рыб также была представлена в размерном диапазоне от 9,0 до 13,0 г (рис. 1, б). Вместе с тем у десяти особей масса была значительно больше, и в целом все рыбы крупнее 20 г были представлены только карликовыми самцами. Масса семенников у карликовых самцов изменялась в широких пределах — от 14,0 до 488,0 мг — и тоже тесно коррелировала с массой рыб ($y = 7,514x + 11,5$; $r = 0,78$). При этом коэффициент корреляции мог быть еще выше, если бы не присутствие отдельных особей, имеющих наиболее крупные семенники, например, при массе 15,6 г — 411,0 мг. Можно полагать, что такие особи должны были достичь полового созревания уже в текущем году.

Обсуждая полученные данные, отметим, что практика двухлетнего выращивания молоди симы на рыболовных заводах в Сахалинской области нам не известна. Однако на рыболовных заводах в Приморском крае (Российская Федерация) [Марковцев и др., 2011] и Японии [Morita et al., 2006] такая работа проводилась. Вместе с тем накопленный опыт оказалось невозможно использовать в практической работе, поскольку основные элементы биотехники не опубликованы. К тому же сама биотехника воспроизводства симы на рыболовных заводах в настоящее время не может считаться разработанной,

а практика разведения этого вида признана низко результативной [Марковцев, 2014; Живоглядова, Макеев, 2017]. Самым сложным процессом оказывается кормление, поскольку заводская молодь при длительном выращивании отличается от дикой и в массе признается нежизнеспособной [Валова, 2006].

Среди данных, полученных при изучении молоди симы, есть сведения о высокой выживаемости сеголеток [Kasugai et al., 1997; Крупяно, Скирин, 2001]. В связи с этим наиболее рациональным может быть осенний выпуск годовиков массой в среднем 4–5 г на пике их активного питания и быстрого роста. О высоком темпе роста годовиков симы осенью и прекращении их роста зимой свидетельствуют данные и японских исследователей [Kobayashi et al., 2007].

В яичниках всех самок независимо от размера присутствовали ооциты сходного состояния — на завершающем этапе периода превителлогенеза. Такое состояние ооцитов старшей и уже фактически единственной генерации, отмеченное нами и ранее для заводской [Мосягина, Зеленников, 2006] и природной симы [Зеленников, 2003], представляется обычным для этого вида, особи которого в данном регионе проводят в море только один год [Иванков и др., 2003]. При этом отсутствие связи между диаметром ооцитов и размерами рыб представляется естественным для особей, достигающих полового созревания одновременно. Ранее отсутствие такой связи было отмечено у самок горбуши [Зеленников, Федоров, 2005].

Отдельно следует рассмотреть вопрос о развитии карликовых самцов и их численности. С одной стороны, представляется очевидным, что увеличение их доли снижает продуктивность рыбоводной работы. Однако с другой стороны, карликовых самцов, которых легче отловить заранее и сохранить в заводских условиях, можно эффективно использовать в рыбоводном процессе. Тем более что в естественных популяциях симы в процессе нереста карликовые самцы фактически занимают высокое положение в семейной иерархии, не воспринимаясь проходными самцами как конкуренты, а их потомство отличается даже более высоким темпом роста [Yamamoto, Edo, 2002]. Число карликовых самцов у двухлеток симы составило 21,9 % от общего числа рыб и 37,9 % от числа самцов. Эти данные сравнить не с чем, поскольку аналогичные сведения в научной литературе нам не известны. И хотя показано, что на увеличение численности карликовых самцов можно повлиять, например, изменяя продолжительность освещенности [Aida, Amano, 1995], мы не можем согласиться с утверждением об увеличении доли карликовых самцов при заводском выращивании молоди [Живоглядова, Макеев, 2017], как и вообще отметить большую долю этих рыб. По имеющимся в литературе данным [Никифоров, Игнатъев, 2008] доля карликовых самцов в естественных популяциях оказывается выше той, которую выявили мы.

Заключение

При работе с симой результативными оказались разные приемы — как заготовки производителей, что может быть актуальным с учетом протяженного нерестового хода рыб этого вида, так и кормления, профилактической обработки и выпуска. Выращивая молодь симы, можно избежать ее массовой гибели и на первом, и на втором году жизни, своевременно уменьшая плотность посадки мальков и проводя профилактическую обработку. Удачным оказалось использование для кормления симы рыбного фарша, который к тому же является менее затратным для предприятия по сравнению с импортными комбинированными кормами. Например, использование в качестве корма фарша горбуши в рационе 2 % от массы тела в течение второго года выращивания способствовало значительному снижению отхода молоди и ее ускоренному росту. Мы можем отметить, что не подтвердилось опасение, не имевшее, впрочем, под собой научного обоснования, об увеличении доли карликовых самцов при длительном выращивании рыб на заводах. Доли самок, проходных и карликовых самцов в двухлетнем возрасте составили соответственно 42,1; 36,3 и 21,6 %. Состояние гонад карликовых самцов свидетельствовало о том, что большинство из них достигнет половой зрелости осенью текущего года, а состояние ооцитов старшей генерации у самок — о том, что все они станут половозрелыми через год.

Список литературы

- Антонов А.А.** Биология и воспроизводство сими южного Сахалина // Бюл. № 2 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток : ТИНРО-центр, 2007. — С. 124–127.
- Беньковская М.Л.** Особенности инкубации икры сими на горбушом рыбоводном заводе // Биологические ресурсы шельфа, их рациональное использование и охрана : тез. докл. регион. конф. мол. ученых и специалистов Дальнего Востока. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1981. — С. 5–6.
- Бугаев В.Ф.** К вопросу о продолжительности морского периода жизни западнокамчатской сими *Oncorhynchus masou* // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : тез. докл. 15-й междунар. науч. конф., посвящ. 80-летию со дня основания Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2014. — С. 126–132.
- Валова В.Н.** Оценка состояния пищеварительной системы и крови у молоди сими, выращиваемой в условиях Рязановского ЭПРЗ // Бюл. № 1 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток : ТИНРО-центр, 2006. — С. 177–180.
- Груздева М.А., Малютина А.М., Кузищин К.В. и др.** Закономерности формирования жизненной стратегии у сими *Oncorhynchus masou* реки Коль (Западная Камчатка) в связи с процессами роста и полового созревания // Вопр. ихтиол. — 2013. — Т. 53, вып. 5. — С. 587–602.
- Живоглядова Л.А., Макеев С.С.** Питание молоди сими *Oncorhynchus masou* в базовой реке Анивского рыбоводного завода (южный Сахалин) после выпуска заводской молоди // Изв. ТИНРО. — 2017. — Т. 188. — С. 212–223.
- Зеленников О.В.** Влияние закисления воды на становление и развитие воспроизводительной системы рыб в раннем онтогенезе : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — СПб. : ГосНИОРХ, 1997. — 19 с.
- Зеленников О.В.** Сравнительный анализ состояния яичников у молоди тихоокеанских лососей в связи с проблемой становления моноциклии // Вопр. ихтиол. — 2003. — Т. 43, вып. 4. — С. 490–498.
- Зеленников О.В., Федоров К.Е.** Ранний гаметогенез горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* при ее естественном и заводском воспроизводстве на островах Сахалин и Итуруп // Вопр. ихтиол. — 2005. — Т. 45, вып. 5. — С. 653–664.
- Иванков В.Н., Борисовец Е.Э., Рутенко О.А.** Эколого-географическая дивергенция и межпопуляционная изменчивость сими *Oncorhynchus masou* (на примере популяций Приморья и Сахалина) // Биол. моря. — 2003. — Т. 29, № 1. — С. 23–29.
- Иванков В.Н., Падецкий С.Н., Карпенко С.Н., Лукьянов П.Е.** Биология проходных рыб южного Приморья // Биология проходных рыб Дальнего Востока. — Владивосток : ДВГУ, 1984. — С. 10–36.
- Крупяно Н.И., Скирин В.И.** Проблемы и перспективы искусственного воспроизводства сими на рыбопроизводных заводах Приморья // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. — Владивосток : Дальнаука, 2001. — Вып. 1. — С. 350–358.
- Крыхтин М.Л.** Материалы о речном периоде жизни молоди сими // Изв. ТИНРО. — 1962. — Т. 48. — С. 84–132.
- Макеев С.С., Беловолов В.Ф., Никифоров С.Н.** Биология сими в пресноводный период жизни // Рыб. хоз-во. — 1990. — № 10. — С. 42–43.
- Марковцев В.Г.** Состояние разведения сими в странах бассейна Японского моря // Бюл. № 9 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2014. — С. 121–126.
- Марковцев В.Г., Крупяно Н.И., Горячев С.А.** Сима как объект культивирования на лососевых заводах // Бюл. № 6 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2011. — С. 124–129.
- Мосягина М.В., Зеленников О.В.** О роли стероидсекреторных клеток в регуляции развития гонад у молоди тихоокеанских лососей // Вопр. ихтиол. — 2006. — Т. 46, вып. 2. — С. 272–277.
- Никифоров С.Н., Игнатъев Ю.И.** Биология молоди сими *Oncorhynchus masou* (Brevoort) (Salmonidae) в водотоках южной части Сахалина // Тр. СахНИРО. — 2008. — Т. 10. — С. 57–76.
- Персов Г.М.** Дифференцировка пола у рыб : моногр. — Л. : ЛГУ, 1975. — 148 с.
- Семенченко А.Ю.** Приморская сима : моногр. — Владивосток : ДВО АН СССР, 1989. — 192 с.

Aida K., Amano M. Salmon GnRH gene expression following photoperiod manipulation in precocious male Masu salmon // Proc. of the Fifth Intern. Symp. on the Reproductive Physiology of Fish / eds F.W. Goetz, P. Thomas. — Austin : University of Texas, 1995. — P. 161–163.

Kasugai K., Naito K., Misaka N. et al. Individual growth of released masu salmon, *Oncorhynchus masou*, in sea water // Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery. — 1997. — Vol. 51. — P. 53–56.

Kato F. Life histories of masu and amago salmon (*Oncorhynchus masou* and *Oncorhynchus rhodurus*) // Pacific Salmon Life Histories / eds C. Groot and L. Margolis. — Vancouver : UBC Press, 1991. — P. 447–522.

Kobayashi M., Shimoda K., Takeuchi K. Winter behavior of juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in the stream of southwestern Hokkaido // Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery. — 2007. — Vol. 61. — P. 19–29.

Miyakoshi Y., Koyama T., Aoyama T. et al. Estimates of numbers of masu salmon caught by recreational fishermen in the coastal area off Iburi, Hokkaido, Japan // Fish. Sci. — 2004. — Vol. 70, Iss. 1. — P. 87–93.

Morita K., Saito T., Miyakoshi Y. et al. A review of Pacific salmon hatchery programmes on Hokkaido Island, Japan // ICES J. Mar. Sci. — 2006. — Vol. 63, Iss. 7. — P. 1353–1363. DOI: 10.1016/j.icesjms.2006.03.024.

Takami T., Aoyama T., Nagata M. et al. Individual growth and life-history divergence of juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in a northern Japan stream // Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery. — 1998. — Vol. 52. — P. 21–29.

Yamamoto T., Edo K. Reproductive behaviors related to life history forms in male masu salmon, *Oncorhynchus masou* Brevoort, in Lake Toya, Japan // J. Freshwater Ecol. — 2002. — Vol. 17, № 2. — P. 275–281. DOI: 10.1080/02705060.2002.9663896.

References

Antonov, A.A., Biology and breeding of masu salmon in southern Sakhalin, in *Bull. N 2 realizatsii "Kontseptsii dal'nevostochnoi basseinovoï programmy izucheniya tikhoookeanskikh lososei"* (Bull. No. 2 Implementation "Concept of the Far Eastern Basin Program for the Study of Pacific Salmon"), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2007, pp. 124–127.

Ben'kovskaya, M.L., Features of incubation of masu salmon eggs at a pink salmon hatchery, in *Regional'naya konf. molodykh uchenykh i spetsialistov Dal'nego Vostoka "Biologicheskie resursy shel'fa, ikh ratsional'noe ispol'zovanie i okhrana"*, *Tezisy dokladov* (Proc. Reg. Conf. Young Sci. Experts Far East "Biological Resources of the Shelf, Their Rational Use and Conservation"), Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr, Akad. Nauk SSSR, 1981, vol. 5–6.

Bugaev, V.F., On the duration of marine life history phase in the masu salmon *Oncorhynchus masou* of West Kamchatka, in *Sokhranenie bioraznobraziya Kamchatki i prilegayushchikh morei, 15-aya Mezhdunar. nauchn. konf. posvyashchennaya 80-letiyu so dnya osnovaniya Kronotskogo gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika, Tezisy dokladov* (Conservation of Biodiversity of Kamchatka and the Adjacent Seas, Proc. 15th Int. Sci. Conf. Commem. 80th Anniv. Foundation Kronotsky State Nature Biosphere Reserve), Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress, 2014, vol. 126–132.

Valova, V.N., Assessment of condition of the digestive system and blood in juvenile masu salmon reared at the Ryazanovka Experimental Commercial Fish Hatchery, *Byull. N 1 realizatsii "Kontseptsii dal'nevostochnoi basseinovoï programmy izucheniya tikhoookeanskikh lososei"* (Bull. No. 1 Implementation "Concept of the Far Eastern Basin Program for the Study of Pacific Salmon"), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2006, vol. 177–180.

Gruzdeva, M.A., Malyutina, A.M., Kuzishchin, K.V., Belova, N.V., P'yanova, S.V., and Pavlov, D.S., Regularities of the life history strategy adoption in masu salmon *Oncorhynchus masou* from the Kol River (Western Kamchatka) in regard to the processes of growth and sexual maturation, *J. Ichthyol.*, 2013, vol. 53, no. 8, pp. 585–599.

Zhivoglyadova, L.A. and Makeev, S.S., Feeding of young masu salmon *Oncorhynchus masou* in the base river of the Aniva hatchery (southern Sakhalin) after release of the hatchery juveniles, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2017, vol. 188, pp. 212–223.

Zelennikov, O.V., Influence of water acidification on formation and development of fish reproductive system in early ontogenesis, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, St. Petersburg: GosNIORKh, 1997.

Zelennikov, O.V., Comparative analysis of the state of ovaries in juvenile pacific salmon as related to the problem of monocyclicity formation, *J. Ichthyol.*, 2003, vol. 43, no. 6, pp. 445–453.

Zelennikov, O.V. and Fedorov, K.E., Early gametogenesis of the pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* under natural and fish hatchery reproduction in Sakhalin and Iturup islands, *J. Ichthyol.*, 2005, vol. 45, no. 85, pp. 621–632.

Ivankov, V.N., Borisovets, E.E., and Rutenko, O.A., Ecological and geographical divergence and interpopulation variability of the masu salmon *Oncorhynchus masou* as illustrated by populations from Primorye and Sakhalin, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2003, vol. 29, no. 1, pp. 12–17.

Ivankov, V.N., Padetsky, S.N., Karpenko, S.N., and Lukyanov, P.E., Biology of anadromous fishes in southern Primorsky Krai, in *Biologiya prokhodnykh ryb Dal'nego Vostoka* (Biology of Anadromous Fishes in the Far East), Vladivostok: Dal'nevost. Gos. Univ., 1984, pp. 10–36.

Krupyanko, N.I. and Skirin, V.I., Problems and prospects of artificial reproduction of masu salmon at fish hatcheries of Primorsky Krai, *Chteniya pamyati Vladimira Yakovlevicha Levanidova* (Readings Commemorating Vladimir Yakovlevich Levanidov), Vladivostok: Dal'nauka, 2001, vol. 1, pp. 350–358.

Krykhtin, M.L., Materials on the riverine period in the life history of juvenile masu salmon, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1962, vol. 48, pp. 84–132.

Makeev, S.S., Belovolov, V.F., and Nikiforov, S.N., Biology of masu salmon in the freshwater life history phase, *Rybn. Khoz.*, 1990, no. 10, vol. 42–43.

Markovtsev, V.G., The status of masu salmon cultivation in the countries of the Sea of Japan basin, in *Byull. N 9 izucheniya tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bull. No. 9 Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2014, pp. 121–126.

Markovtsev, V.G., Krupyanko, N.I., and Goryachev, S.A., Masu salmon as an object of cultivation at salmon hatcheries, in *Byull. N 6 izucheniya tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bull. No. 6 Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2011, pp. 124–129.

Mosyagina, M.V. and Zelennikov, O.V., On the role of steroid-secreting cells in the regulation of gonad development in juvenile Pacific salmon, *J. Ichthyol.*, 2006, vol. 46, no. 3, pp. 265–270.

Nikiforov, S.N. and Ignat'ev, Yu.I., Biology of the juvenile *Oncorhynchus masou* (Brevoort) (Salmonidae) in watercourses of southern Sakhalin, *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2008, vol. 10, pp. 57–76.

Persov, G.M., *Differentsirovka pola u ryb* (Sex Differentiation in Fish), Leningrad: Leningrad. Gos. Univ., 1975.

Semenchenko, A.Yu., *Primorskaya sima* (Masu Salmon of Primorsky Krai), Vladivostok: Dal'nevost. Otd. Akad. Nauk SSSR, 1989.

Aida, K. and Amano, M., Salmon GnRH gene expression following photoperiod manipulation in precocious male Masu salmon, in *Reproductive Physiology of Fish, Proc. Fifth Int. Symp.*, Goetz, F.W. and Thomas, P., Eds., Austin: Univ. of Texas, 1995, pp. 161–163.

Kasugai, K., Naito, K., Misaka, N., Kudo, S., and Aoyama, T., Individual growth of released masu salmon, *Oncorhynchus masou*, in sea water, *Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery*, 1997, vol. 51, pp. 53–56.

Kato, F., Life histories of masu and amago salmon (*Oncorhynchus masou* and *Oncorhynchus rhodurus*), in *Pacific Salmon Life Histories*, Groot, C. and Margolis, L., Eds., Vancouver: UBC Press, 1991, pp. 447–522.

Kobayashi, M., Shimoda, K., and Takeuchi, K., Winter behavior of juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in the stream of southwestern Hokkaido, *Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery*, 2007, vol. 61, pp. 19–29.

Miyakoshi, Y., Koyama, T., Aoyama, T., Sakakibara, S., and Kitada, S., Estimates of numbers of masu salmon caught by recreational fishermen in the coastal area off Iburi, Hokkaido, Japan, *Fish. Sci.*, 2004, vol. 70, no. 1, pp. 87–93.

Morita, K., Saito, T., Miyakoshi, Y., Fukuwaka, M., Nagasawa, T., and Kaeriyama, M., A review of Pacific salmon hatchery programmes on Hokkaido Island, Japan, *ICES J. Mar. Sci.*, 2006, vol. 63, no. 7, pp. 1353–1363. doi 10.1016/j.icesjms.2006.03.024

Takami, T., Aoyama, T., Nagata, M., Miyamoto, M., Ohkubo, S., and Kawamura, H., Individual growth and life-history divergence of juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in a northern Japan stream, *Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery*, 1998, vol. 52, pp. 21–29.

Yamamoto, T. and Edo, K., Reproductive behaviors related to life history forms in male masu salmon, *Oncorhynchus masou* Brevoort, in Lake Toya, Japan, *J. Freshwater Ecol.*, 2002, vol. 17, no. 2, pp. 275–281. doi 10.1080/02705060.2002.9663896

Поступила в редакцию 10.12.2018 г.

После доработки 15.01.2019 г.

Принята к публикации 15.01.2019 г.