

АКВАКУЛЬТУРА

УДК 639.371:597.552.51

М.С. Мякишев¹, М.А. Иванова¹, В.А. Киселев², О.В. Зеленников^{3*}¹ Сахалинский филиал Главрыбвода,

693006, г. Южно-Сахалинск, ул. Емельянова, 43Б;

² ООО «Салмо», 693006, г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 253А;³ Санкт-Петербургский государственный университет,
199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7/9ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ
ВОСПРОИЗВОДСТВА СИМЫ *ONCORHYNCHUS MASOU*
НА РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДАХ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

В течение рыбоводного цикла 2016–2017 гг. выращивали молодь сима при двух различных температурных режимах — на Анивском и Охотском лососевых рыбоводных заводах (ЛРЗ). Анализировали также данные по выращиванию молоди сима на всех рыбоводных заводах Сахалинской области в период с 1995 по 2017 г. Установили, что периоды кормления рыб и динамика их роста в разных условиях существенно различались. При выращивании на наиболее холодноводных заводах — Анивском, Лесном, Соколовском и Урожайном, на которых температура воды в зимние месяцы опускалась до 0,2–0,3 °С, кормить мальков начинали в апреле-мае; на Рейдовом ЛРЗ при температуре в зимние месяцы не ниже 2,0 °С — в феврале, а на самом тепловодном Охотском ЛРЗ при температуре не ниже 6,5 °С — в январе. В соответствии с условиями выращивания в зимние месяцы темп роста мальков был выше на более тепловодных заводах, на которых для выращивания молоди используют грунтовые воды, а в мае-июле — уже на сравнительно холодноводных предприятиях в связи с естественным прогревом речной воды. При этом отмечены случаи, когда на холодноводных заводах в июне-июле выпускали рыб, набравших на 500–700 градусо-дней меньше, но при этом в среднем более крупных, чем на сравнительно тепловодных ЛРЗ. Можно полагать, что в связи с наиболее ранним (наряду с горбушей) нерестом, но продолжительным периодом речного развития сима оказывается единственным видом из рода тихоокеанских лососей, молодь которой можно успешно выращивать при любом температурном режиме, а следовательно, на любом рыбоводном заводе. На более холодноводных заводах лучший результат дает закладка икры в конце августа — сентябре. На более тепловодных заводах время закладки икры не имеет значения.

Ключевые слова: сима, Сахалинская область, рыбоводные заводы, темпы роста мальков, температурный режим.

DOI: 10.26428/1606-9919-2019-198-195-208.

* Мякишев Максим Сергеевич, заведующий лабораторией, e-mail: lab_vbr@mail.ru; Иванова Марина Александровна, главный рыбовод, e-mail: marinka_050585a@mail.ru; Киселев Виктор Александрович, главный рыбовод, e-mail: Kiselevva@icloud.com; Зеленников Олег Владимирович, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: oleg_zelennikov@rambler.ru.

Myakishev Maxim S., head of laboratory, Sakhalin branch of Glavrybvod, 693006, Emelyanov Str. 43B, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, e-mail: lab_vbr@mail.ru; Ivanova Marina A., main fish farmer, Sakhalin branch of Glavrybvod, 693006, Emelyanov Str. 43B, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, e-mail: marinka_050585a@mail.ru; Kiselev Viktor A., main fish farmer, Salmo LLC, Komsomolskaya Str. 253F, Yuzhno-Sakhalinsk, 693006, Russia, e-mail: Kiselevva@icloud.com; Zelennikov Oleg V., Ph.D., assistant professor, St. Petersburg State University, University Embankment 7/9, Sankt-Petersburg, 199034, Russia, e-mail: oleg_zelennikov@rambler.ru.

Myakishev M.S., Ivanova M.A., Kiselev V.A., Zelennikov O.V. Experimental analysis of modern state of reproduction for cherry salmon *Oncorhynchus masou* at the fish farms of Sakhalin region // Izv. TINRO. — 2019. — Vol. 198. — P. 195–208.

Growing of cherry salmon juveniles under two different temperature regimes at the salmon farms Anivsky and Okhotsky in the fish-rearing cycle of 2016–2017 is analyzed. Data on cherry salmon growing for other fish farms of Sakhalin region collected in 1995–2017 are considered, as well. The periods of fish feeding and dynamics of their growth varied significantly in dependence on temperature conditions. The feeding started in April-May at the cold-water fish farms (Anivsky, Lesnoy, Sokolovsky, Urozhainiy) where the water temperature lowered in winter to 0.2–0.3 °C, but in February at Reidovo fish farm where the water temperature were not lower than 2 °C and in January at the most warm-water Okhotsky fish farm with the temperature never lower than 6.5 °C. In accordance with growing conditions, the growth rate of juveniles was high in winter month at the warm-water fish farms, where the ground water was used for rearing, but increased since May-June at the cold-water fish farms using natural heating of the river water. However, several cases were noted when the fish that accumulated less than 500–700 degree-days released from cold-water fish farms in June-July were larger than those from warm-water fish farms. Thus, cherry salmon is the only species among pacific salmon species whose juveniles can be successfully grown at any temperature regime and consequently at any fish farm. This ability is reasoned by earlier spawning (along with pink salmon) and long period of development in rivers. At cold-water fish farms, the best results for cherry salmon growing could be achieved with the eggs planting in late August-September, whereas the time of eggs planting is not significant for warm-water fish farms.

Key words: cherry salmon, Sakhalin region, fish farm, growth rate of juveniles, temperature regime.

Введение

Тихоокеанский лосось сима *Oncorhynchus masou* для Сахалинской области имеет особое значение. В силу своей малочисленности и протяженного нерестового хода [Иванков и др., 1984; Макеев и др., 1990] сима мало привлекательна для промышленного лова, однако благодаря ряду биологических особенностей, в первую очередь активному питанию в пресной воде [Двинин, 1956], стала самым популярным объектом для любительского и спортивного лова [Антонов, 2007].

История искусственного воспроизводства сими на рыбоводных заводах в Сахалинской области оказывается крайне неоднозначной для оценки. С одной стороны, практика воспроизводства молоди сими здесь насчитывает уже почти 70 лет, о чем есть сведения в отчетах по рыбоводству Сахалинского филиала Главрыбвода. С другой стороны, обо всей этой работе в научной литературе нам известны лишь единичные сообщения [Вавилова, 1957; Беньковская, 1981], а сама многолетняя практика в настоящее время определяется как «экспериментальные попытки» [Живоглядова, Макеев, 2017].

С учетом этих обстоятельств, при выполнении работы мы сформулировали две цели. Во-первых, суммировать и проанализировать данные по воспроизводству сими на всех рыбоводных заводах Сахалинской области. Во-вторых, вырастить молодь сими при различных температурных режимах и определить наиболее подходящие для нее термические условия.

Материалы и методы

Для выполнения работы мы собрали фактические данные со всех рыбоводных заводов Сахалинской области, на которых воспроизводили молодь сими, начиная с 1995 г. В связи с этим следует отметить два обстоятельства. Во-первых, в 1990-е гг. все сахалинские рыбоводные заводы были перестроены в современном виде, приобретая новые технические характеристики. Очевидно, что данные, полученные при выращивании молоди в старых питомниках, оказываются малоинформативными для совершенствования современной биотехники ее выращивания. Во-вторых, «экспериментальное выращивание» применительно к молоди сими оказалось синонимом понятия «необязательное выращивание». Объективно удалось использовать не все данные, так как в отдельные годы не сохранились сведения даже о сроках выпуска молоди или ее размерно-массовых характеристиках.

В течение цикла 2016–2017 гг. вырастили молодь симы на одном из самых холодно-водных и самом тепловодном заводах в Сахалинской области — Анивском и Охотском. На первом из них температура воды при выращивании молоди симы с 12,0–13,0 °С в конце августа понижается до 0,3–0,7 °С к первой половине ноября, варьирует в этом диапазоне до начала апреля и затем постепенно повышается в соответствии с естественным прогревом речной воды. На Охотском ЛРЗ, где в значительном объеме используют грунтовые воды, температура воды не опускается ниже 6,0 °С (рис. 1).

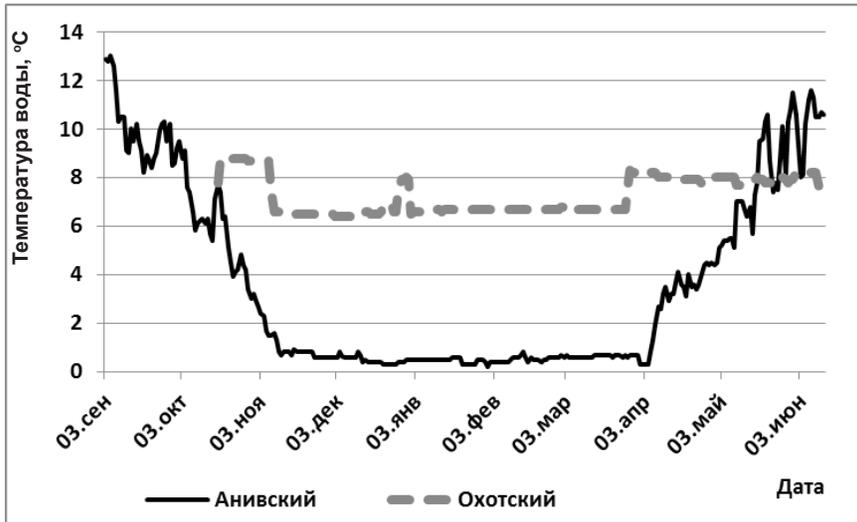


Рис. 1. Температура воды при выращивании молоди симы на Анивском и Охотском ЛРЗ в 2016–2017 гг.

Fig. 1. Water temperature during cultivation of juvenile cherry salmon at Anivsky and Okhotsky fish farms in 2016–2017

Производителей симы отлавливали в р. Быстрой непосредственно рядом с Анивским ЛРЗ в период с 18 августа по 2 сентября. Часть из них к началу отлова уже прошла вверх по реке, но с паводковыми водами была снесена обратно на рыбозаградительные щиты. Остальных рыб отловили около забойки завода при их миграции вверх по реке. Всего было заготовлено 244 самки и 114 самцов.

Непосредственно после вылова рыб поштучно перевозили в изотермических ящиках с водой в цех Анивского ЛРЗ, где размещали в пластиковых прямооточных ваннах площадью 14,5 м², объемом 10,1 м³ и содержали при плотности посадки 12 шт./м², проточности 300 л/мин и концентрации кислорода 8,3–9,1 мг/л. Температура воды в первые 4 сут выдерживания понизилась с 21,5 до 12,8 °С и затем варьировала в диапазоне от 12,4 до 13,8 °С. Сбор икры провели 2 сентября. Всего было собрано и заложено на инкубацию 328 тыс. шт. икринок; самцов при оплодотворении икры использовали многократно. Оплодотворенную икру инкубировали в аппарате Аткинса.

Противопаразитарную профилактическую обработку икры проводили на следующие сутки после закладки и далее через каждые 10 сут в растворе формалина при концентрации 1 : 800 и времени экспозиции 30 мин. Во избежание заиливания икры регулярно осуществляли слив воды. Противопаразитарную обработку рыб после вылупления не проводили ввиду отсутствия показаний. Незадолго до вылупления, 17 октября, 4,5 тыс. шт. икры перевезли на Охотский ЛРЗ, где разместили в аппарате вертикального типа «Стеллаж».

В течение всего периода выращивания от вылупления зародышей до выпуска молоди через каждые 15 сут на обоих заводах брали по 100 шт. рыб на биологические анализы, в ходе которых измеряли, взвешивали и определяли у них массу желтка. После резорбции желточного мешка измерение и взвешивание молоди проводили прижизненно, используя в качестве анестетиков эфирное масло гвоздики и 2-фенокситонол. Для гистоморфологического анализа ткани рыб фиксировали в жидкости Буэна; обработку осуществляли по общепринятой методике [Микодина и др., 2009].

Полученные данные обрабатывали статистически. Тесноту связи между различными параметрами при выращивании рыб оценивали с помощью рангового коэффициента корреляции Спирмена и коэффициента парной корреляции Пирсона.

Результаты и их обсуждение

При наиболее низкой температуре молодь симы в Сахалинской области выращивали на Лесном и Соколовском ЛРЗ. В результате с первого из них выпускали мальков с наименьшей массой тела — в среднем 705,3 мг (табл. 1). На Соколовском заводе масса выпускаемых рыб была несколько больше — 998,5 мг, но достигнута она была более длительным, в среднем на 38 сут, их содержанием на заводе.

Чуть более тепловодным оказался Анивский ЛРЗ. Икру на инкубацию на этом предприятии закладывали, как и на Соколовском ЛРЗ, в среднем 28 августа, а выпускали на 20 сут раньше. Однако несмотря на более короткий период выращивания, молодь набирала большую сумму градусо-дней и была крупнее (табл. 1). Следует отметить, что на Анивском ЛРЗ молодь симы воспроизводили практически ежегодно, значительно чаще, чем на остальных предприятиях (табл. 1), что дало возможность установить некоторые закономерности. Чем позже начинали инкубировать икру, тем меньше продолжался период выращивания ($y = -1,276x + 55617$; $r = 0,85$), что, казалось бы, естественно. Но при сокращении периода выращивания выпускали более крупную молодь ($y = 33,787x - 1E + 0,6$; $r = 0,70$).

Практически при таком же температурном режиме, как на Анивском ЛРЗ, содержали молодь симы на Урожайном заводе, с той лишь разницей, что на этом предприятии рыб выращивали более продолжительное время и выпускали с большей навеской — в среднем 1772,2 мг (табл. 1). В целом на всех 4 заводах при выращивании молоди симы применяли режим, при котором температура воды в зимние месяцы опускалась до 0,3 °С. В результате период инкубации на разных предприятиях в среднем продолжался 45,5–58,6 сут, а период от вылупления до начала кормления — 237,7–245,0 сут.

На Рейдовом ЛРЗ, в отличие от всех предыдущих предприятий, для выращивания молоди в значительном количестве используют грунтовые воды, и температура воды в зимние месяцы не опускается ниже 2 °С. Икру симы на инкубацию на этом предприятии закладывали на полмесяца позже — в среднем 13 сентября. В результате продолжительность инкубации оказалась значительно больше — в среднем 73,0 сут, а период от начала инкубации до начала кормления, напротив, значительно меньше — 162,2 сут. В конечном итоге на Рейдовом ЛРЗ молодь набирала сумму градусо-дней больше, чем на остальных предприятиях, в среднем 1749,4, и выпускали ее в конце июня с наибольшей массой — 2217,9 мг (табл. 1).

Вместе с тем если анализировать не средние, а подробные данные, то можно отметить, что связь между сроком выпуска молоди, ее массой и суммой набранных градусо-дней не является обязательной. Например, в 2003 г. на Рейдовом ЛРЗ молодь симы к 30 июня набрала 1802,7 градусо-дней и достигла массы 1393,9 мг, а в 2012 г. на Анивском ЛРЗ к 29 июня — значительно меньшую сумму тепла — 1114,9 градусо-дней, но значительно большую массу тела — 1709,5 мг. Этот факт не случаен, а отражает определенную закономерность и, обсуждая данные, мы рассмотрим его специально.

При выполнении экспериментальной работы в цикле 2016–2017 гг. параметры выращивания молоди симы на Анивском ЛРЗ несколько отличались от средних показателей для этого предприятия. Так, закладку икры на инкубацию провели через 5 сут, массовое вылупление зародышей наблюдали через 20 сут, а кормить мальков начали на 8 сут позже, чем в среднем в предыдущие годы (табл. 2). Вместе с тем в целом выращивание симы в этом рыбоводном цикле полностью соответствовало ее выращиванию на холодноводных заводах; вылупление зародышей произошло через 61 сут после начала инкубации, а кормить рыб начали в возрасте 253 сут. Мы видим (рис. 2), что в период с 30 декабря по 3 мая молодь заметно изменилась, приобретя характерную мальковую окраску, однако ее масса фактически осталась прежней, поскольку соматический рост компенсировался уменьшением массы желточного мешка. И только после начала корм-

ления — 3 мая — молодь начала заметно расти (рис. 2).

Выращивание рыб завершили 12 июля, когда при набранной сумме 1311,3 градусо-дня мальки в среднем весили 1590,5 мг (табл. 2). Семенники у всех мальков были представлены малодифференцированными половыми железами характерной треугольной или овальной формы с крупным кровеносным сосудом в районе мезорхия (рис. 3, а); половые клетки были представлены немногочисленными гониями. В яичниках уже присутствовал фонд ооцитов периода превителлогенеза разного размера (рис. 3, б), диаметром до 100–110 мкм. Для выпуска с завода рыб вывозили в верховья рек Быстрая, Пышма, Коневка на расстояние 3–12 км выше от расположения завода. Использовали емкость для транспортировки живой рыбы объемом 2 м³, в которой одновременно в течение 15–30 мин перевозили примерно по 75 тыс. шт.

На Охотском ЛРЗ, как и предполагали, повышенная температура воды ускорила рост молоди симы. Ее вылупление в среднем произошло в возрасте 53 сут, а кормить мальков начали уже 9 января, т.е. на 4 мес. раньше, чем на Анивском ЛРЗ. И в дальнейшем, вплоть до самого выпуска, масса рыб на тепловодном заводе была заметно больше, чем на холодноводном (см. рис. 2), в среднем к 12 июля составив 5671,8 мг (табл. 2).

Однако совсем иная картина выявляется, если мы начинаем анализировать не абсолютные значения массы тела, а динамику роста. Так, после начала кормления мальков на Охотском ЛРЗ темп их роста увеличился до 2,0–2,5 % в сутки и оставался таким до окончания периода выращивания в середине июля (рис. 4). В отличие от этого темп роста мальков симы на Анивском ЛРЗ до середины

Таблица 1

Характеристика выращивания молоди симы на рыбоводных заводах Сахалинской области, средние показатели за все годы (диапазон значений)

Table 1

Characteristics of juvenile cherry salmon cultivation at fish farms of Sakhalin region (range of values, averaged for all years)

Этап рыбоводного цикла	Лесной	Соколовский	Анивский	Урожайный	Рейдовый
Число рыбоводных циклов	3	5	17	8	6
Дата закладки	04.09 (30.08–11.09)	28.08 (24–31.08)	28.08 (19.08–09.09)	27.08 (23–30.08)	13.09 (07–25.09)
Дата вылупления	21.10 (15–29.10)	25.10 (19–31.10)	13.10 (30.09–06.11)	13.10 (05–21.10)	21.11 (12.11–10.12)
Градусо-дни	461,0 (435,7–508,4)	464,0 (451,8–470,4)	459,0 (415,5–499,0)	441,7 (403,0–475,8)	491,0 (469,3–514,4)
Возраст, сут	47,3 (47–48)	58,6 (56–63)	49,1 (40–59)	45,5 (37–51)	73,0 (64–79)
Масса рыб, мг	182,4 (162,5–219,6)	157,1 (152,0–168,7)	186,4 (162,2–220,0)	178,2 (162,9–185,1)	144,6 (130,0–158,1)
Дата подъема на плав	21.04 (06.03–30.04)	04.05 (19.04–14.05)	23.04 (30.03–04.05)	25.04 (09–29.04)	05.02 (29.01–12.03)
Начало кормления	25.04 (06.04–06.05)	05.05 (19.04–15.05)	25.04 (18.04–06.05)	25.04 (10–29.04)	23.02 (10.02–15.03)
Градусо-дни	773,4 (664,6–957,1)	704,7 (643,5–805,6)	734,5 (631,0–851,9)	778,4 (731,2–856,2)	942,4 (865,4–1027,0)
Возраст, сут	237,7 (210–270)	245,0 (238–260)	241,4 (229–253)	240,4 (228–247)	162,2 (153–171)
Масса рыб, мг	288,8 (267,7–308,0)	262,6 (260,0–269,0)	300,4 (254,4–336,7)	291,7 (268,5–308,3)	211,5 (172,7–248,2)
Дата выпуска	13.06 (11–15.06)	20.07 (06–31.07)	30.06 (18.06–13.07)	07.07 (18.06–24.07)	28.06 (24.06–01.07)
Градусо-дни	1089,1 (1028,8–1149,5)	1191,5 (953,5–1345,3)	1250,3 (1072,4–1646,9)	1336,5 (1181,6–1457,7)	1749,4 (1649,4–1802,7)
Возраст, сут	284,5 (278–291)	322,2 (308–336)	306,9 (284–340)	309,0 (287–325)	285,8 (272–296)
Масса рыб, мг	705,3 (437,6–973,1)	998,5 (465,6–1749,2)	1336,5 (764,4–1760,0)	1772,2 (1500,4–2134,4)	2217,9 (1018,9–3091,2)

Характеристика молоди симы во время проведения опытно-производственной работы
в 2016–2017 гг.

Table 2

Parameters of cherry salmon juveniles in the test cycle of growing in 2016–2017

Этап развития	Показатель	Анивский ЛРЗ	Охотский ЛРЗ
Закладка	Дата	02.09.2016	–
	Масса и диаметр икринок, мг/мм	170,0/6,5	–
Перевозка	Дата	17.10.2016	–
	Возраст, градусо-дни/сут	393,0/44	–
Массовое вылупление	Дата	02.11.2016	25.10.2016
	Возраст, градусо-дни/сут	471,2/61	471,2/53
	Масса рыб, мг	167,4 (117–251)	175,2 (126–215)
	Длина рыб АС, мм	21,0 (19–23)	16,9 (15–19)
	Масса желточного мешка, мг/%	97,5/58,2	134,4/76,7
Начало кормления	Дата	03.05.2017	09.01.2017
	Возраст, градусо-дни/сут	666,3/253	1002,2/129
	Масса рыб, мг	303,3 (247–422)	289,1 (203–471)
	Длина рыб АС, мм	34,6 (32–40)	32,2 (29–37)
	Масса желточного мешка, мг/%	9,2/3,0	13,6/4,7
Прирост, мг	От подъема на плав до выпуска	1287,2	5382,7
Выпуск	Дата	12.07.2017	12.07.2017
	Возраст, градусо-дни/сут	1311,3/324	2345,4/324
	Масса рыб, мг	1590,5 (901–2432)	5671,8 (2398–11347)
	Длина рыб АС, мм	52,6 (44–68)	77,8 (60–93)

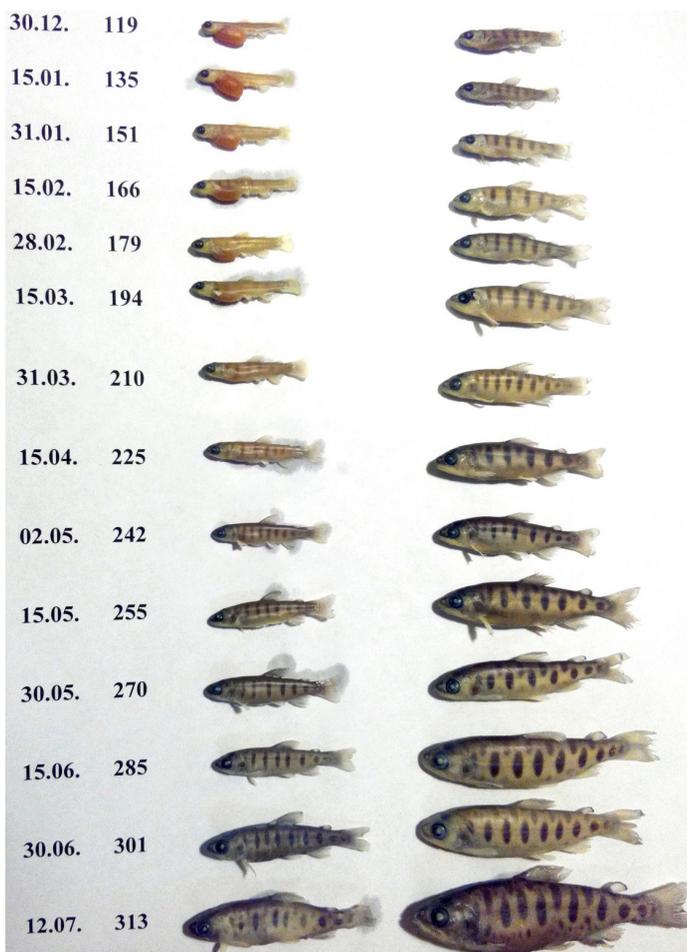


Рис. 2. Дата проведения анализа (1-я колонка), возраст рыб (2-я колонка) и внешний вид молоди симы, выращенной на Анивском (3-я колонка) и Охотском ЛРЗ (4-я колонка) в рыбоводном цикле 2016–2017 гг.

Fig. 2. Date of analysis (1st column), age of fish (2nd column), and appearance of cherry salmon juveniles grown at Anivsky (3rd column) and Okhotsky (4th column) fish farms in 2016–2017

Рис. 3. Характерное состояние семенников (а) и яичников (б) у симы 12 июля 2017 г. перед выпуском с Анивского ЛРЗ. В яичнике можно видеть ооциты периода превителлогенеза разного размера. Шкала = 0,05 мм

Fig. 3. Typical condition of the testes (a) and ovaries (b) of cherry salmon on July 12, 2017 before their release from Anivsky fish farm. Previtellogenic oocytes of various sizes could be seen in the ovaries. Scale bar 0.05 mm

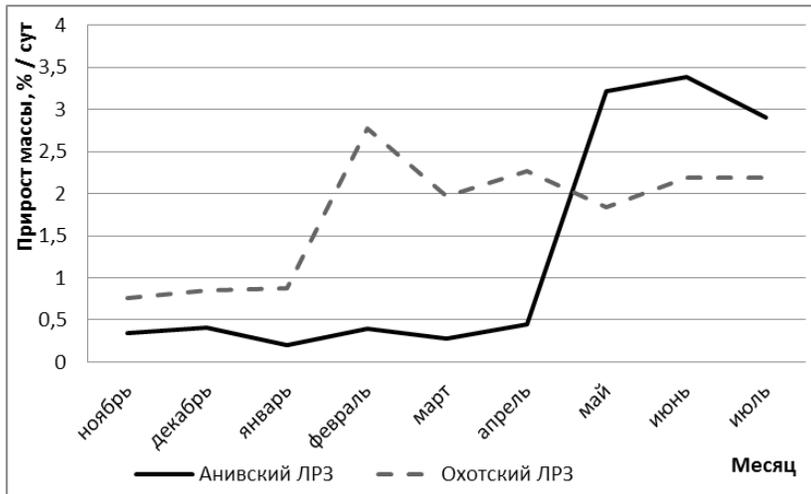
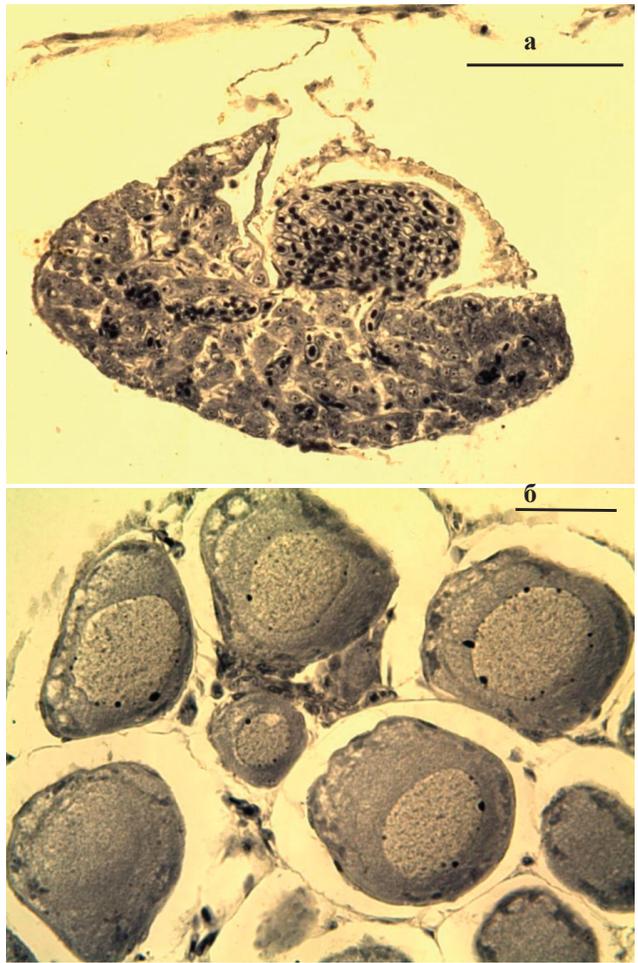


Рис. 4. Темп роста молоди симы при выращивании на Анивском и Охотском ЛРЗ в рыбноводном цикле 2016–2017 гг.

Fig. 4. Growth rate of cherry salmon juveniles grown at Anivsky and Okhotsky fish farm in 2016–2017

апреля не превышал 0,5 % в сутки, а затем в связи с естественным прогревом речной воды и началом кормления увеличился до 3,0–3,5 % в сутки (рис. 4). Таким образом, в мае-июле молодь симы на холодноводном Анивском ЛРЗ росла более быстрыми темпами.

Как свидетельствуют полученные данные, молодь сима за единственным исключением выращивали на сравнительно холодноводных, так называемых «горбушовых» заводах, что, казалось бы, логично, ведь нерест производителей сима и горбуши происходит в сходные сроки. Вместе с тем уже давно было указано на нецелесообразность выращивания молоди сима в таких условиях [Беньковская, 1981]. Причина этой нецелесообразности заключается в том, что зародышам сима не хватает запаса желточного мешка до периода повышения температуры воды до значений, достаточных для начала эффективного кормления (не ниже 4 °С). В результате наблюдали истощение мальков. Однако эта проблема полностью решается при закладке икры на инкубацию в конце августа — сентябре. Данные свидетельствуют, что чем позже начинали инкубировать икру, тем более эффективно молодь переходила на экзогенное питание и, в конечном итоге, достигала большей массы тела за менее продолжительный период выращивания. Более того, на холодноводном, например, Анивском ЛРЗ молодь могла набрать значительно меньшую сумму градусо-дней, но при этом иметь большую массу тела, чем на более тепловодном Рейдовом ЛРЗ. Этот эффект объясняется тем, что на сравнительно холодноводных (по итогам полного года) заводах именно в мае-июне температура воды за счет естественного прогрева речной воды значительно повышается. На более тепловодных в течение года предприятиях, где активно используют грунтовые воды, температура воды в зимние месяцы оказывается более комфортной для развития молоди. Однако, с другой стороны, грунтовые воды замедляют прогрев речной воды в весенние и летние месяцы. Таким образом, в мае-июле именно на холодноводных предприятиях наблюдается наиболее высокий темп роста рыб.

Примечательным в связи с темпом роста оказалось состояние ооцитов у молоди сима на Анивском ЛРЗ. Как известно, у молоди лососевых рыб в природных условиях формируется интенсивно окрашивающаяся при гистологической обработке циркум-нуклеарная зона, состоящая из плотно расположенных органоидов [Персов, 1975; Коломыцев и др., 2018]. При температуре выше 10 °С темп обменных процессов повышается и окрашенные участки не проявляются, что ранее было показано, например, на радужной форели [Зеленников, 1999; Зеленников, Голод, 2019].

Полученные данные позволяют нам прийти к выводу, что мальков сима можно эффективно выращивать практически при любом температурном режиме. С одной стороны, — на сравнительно холодноводных заводах, поскольку сима наряду с горбушей нерестится раньше других видов тихоокеанских лососей, правда, в отличие от горбуши [Aglar et al., 2001; Дорофеева и др., 2006] обладает значительно более выраженным хомингом. С другой стороны, — на тепловодных заводах, поскольку это вид с длительным периодом речного развития и его молодь можно кормить на заводе длительное время и выпускать в разном возрасте, до сих пор научно не определенном.

Анализируя полученные данные с учетом сведений, накопленных в литературе, отметим, что сима, наряду с остальными видами тихоокеанских лососей, — один из самых изучаемых видов рыб. В литературе накоплено много постоянно пополняющихся данных по морфологии [Мосягина, Зеленников, 2006; Колобов, 2014], физиологии [Nakano et al., 2006; Пушина, Вараксин, 2011], биологии [Inoue, Nakano, 1998; Кузищин и др., 2009; Миронова, 2011; и др.], популяционной организации этого вида [Иванков и др., 2003; Груздева и др., 2013; Kitanishi, Jamamoto, 2015; Животовский и др., 2017] и др. Среди накопленных данных есть сведения, имеющие прямое отношение к заводскому воспроизводству молоди [Tamate, Maekawa, 2002; Zhang et al., 2013; Kaneko et al., 2015], в том числе с анализом отдельных процессов ее выращивания [Takami, Sato, 1998; Azuma, 2001; Flood et al., 2011; Yamamoto et al., 2016]. Однако несмотря на большой объем разноплановых данных, биотехника воспроизводства сима, которую можно было бы применить на российских рыбноводных заводах, ни в Сахалинской области, ни в Приморском крае [Марковцев, Курганский, 2016] по-прежнему не разработана. Среди прочих причин это объясняется и тем, что сима в отличие от всех остальных видов обитает только на азиатском континенте, где в массе воспроизводят

кету и горбушу, уделяя лишь символическое внимание воспроизводству лососей с длительным периодом речного развития. А масштабное воспроизводство таких рыб, организованное в западных штатах США [Запорожец, Запорожец, 2011], не затрагивает симу и касается только нерки, кижуча и чавычи. Данные же, возможно, накопленные японскими рыбоводами и исследователями, в доступном виде не опубликованы.

К настоящему времени у рыбоводов не возникает трудностей при выращивании молоди в течение одного цикла до массы 1–3 г. На этом этапе воспроизводство симы не отличается от воспроизводства других видов, например кеты. Более сложен вопрос о продолжительности выращивания молоди, которая чрезвычайно различается. Мальков выпускали от возраста 0+ и массы около 1 г, которые, впрочем, быстро переходят с искусственного вскармливания на самостоятельное питание [Живоглядова, Макеев, 2017] и к тому же не одомашниваются [Обухов и др., 2010], до выпуска в возрасте 1+ при массе до 20–50 г [Рухлов, 1980; Погодин и др., 2019]. Сроки выпуска молоди с сахалинских заводов не имеют научного обоснования и регулируются необходимостью освободить производственные мощности для подготовки завода к новому циклу. Однако по вопросу продолжительности воспроизводства молоди в литературе накоплено много сведений японскими исследователями, хотя многие из них опубликованы на японском языке и доступны только в виде аннотаций. По совокупности доступных данных [Irvin et al., 1996; Hayano et al., 1998; Miyakoshi et al., 1998; Takami et al., 1998; Miyakoshi, Saitoh, 2011; и др.] можно заключить, что наиболее продуктивен и экономически оправдан выпуск крупных сеголеток от 4 г и более или годовиков.

И наконец, самый сложный вопрос при воспроизводстве симы — это работа с производителями. Как известно, отличительной особенностью биологии этого вида является ее чрезвычайно протяженный нерестовый ход, например в Приморском крае с мая по октябрь [Иванков и др., 1984]. Именно эта особенность симы в первую очередь не позволяет применить для воспроизводства ее молоди приемы, отработанные на других видах.

Например, в районе действия Анивского завода сима отмечается с конца мая по конец июня. Однако по производственным условиям завода забоечный пункт монтируется только в конце июля, и большинство рыб беспрепятственно проходит выше расположения предприятия. В результате для воспроизводства из года в год удастся использовать лишь производителей самого конца нерестового хода, которые либо мигрируют последними, либо отбрасываются паводковыми водами в конце августа — начале сентября на рыбозаградительные щиты.

Таким образом, для всех рыбоводных заводов, расположенных за единичным исключением недалеко от устьев базовых рек, при желании работать с симой безальтернативной является ранняя заготовка и длительное выдерживание производителей в прудах или бассейнах. Ведь неэффективность их выдерживания в русловых речных садках, применяемых на сахалинских ЛРЗ, в связи со значительной гибелью рыб, была показана еще в 1950-е гг. [Вавилова, 1957] и затем много раз отмечалась в отчетах по рыбоводству.

Заключение

По совокупности полученных данных мы можем отметить два обстоятельства. С одной стороны, сима фактически оказывается единственным видом из рода тихоокеанских лососей, молодь которой можно успешно выращивать при любом температурном режиме, а следовательно, на любом рыбоводном заводе. На более холодноводных заводах лучший результат дает закладка икры в конце августа — сентябре. На более тепловодных заводах, на которых условия воспроизводства позволяют начать кормление рыб в зимние месяцы, время закладки икры не имеет значения. При этом в осенне-зимний период темп роста мальков оказывается выше на более тепловодных заводах, использующих для выращивания рыб грунтовые воды, а поздней весной и летом — на сравнительно холодноводных заводах, в связи с естественным прогревом речной воды.

С другой стороны, сима оказывается самым сложным видом в плане работы с производителями. Их длительное выдерживание будет сопровождаться гибелью [Погодин и др., 2019], и насущной необходимостью становится определение тех условий развития, при которых эта гибель будет минимальной.

Благодарности

Авторы выражают благодарность рыбоводам Охотского рыбоводного завода В.В. Аношкину, И.А. Келяшову за помощь в выращивании рыб.

Финансирование работы

Эта работа выполнялась в порядке личной инициативы без дополнительного спонсорского финансирования и была поддержана руководством Сахалинского филиала «Главрыбвод».

Соблюдение этических стандартов

Фиксацию рыб проводили в соответствии с правилами Европейской Конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (Страсбург, 18 марта 1986 г.).

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Информация о вкладе авторов

М.С. Мякишев осуществлял руководство работой, делал все биологические анализы и фиксации; М.А. Иванова и В.А. Киселев организовали и провели экспериментальное выращивание молоди соответственно на Анивском и Охотском ЛРЗ. О.В. Зеленников проводил гистологическую обработку тканей и написал статью.

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.
- Вавилова А.И.** Выдерживание производителей сими в естественных садках // Рыб. пром-сть. — 1957. — Т. 30. — С. 14–20.
- Груздева М.А., Малюгина 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.
- Двинин П.А.** Отличительные черты биологии сими (*Oncorhynchus masu* Brevoort) Сахалина // Вопр. ихтиол. — 1956. — Вып. 7. — С. 33–35.
- Дорофеева Е.А., Алексеев А.П., Зеленников О.В., Зеленков В.М.** Дальневосточная горбуша в бассейне Белого моря (к 50-летию начала интродукции) // Рыб. хоз-во. — 2006. — № 6. — С. 71–74.
- 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.
- Животовский Л.А., Рубцова Г.А., Никитин В.Д. и др.** Генетическая дифференциация и вопросы сохранения популяций сими *Oncorhynchus masou* Brevoort, 1856 (Pisces: Salmonidae) // Биол. моря. — 2017. — Т. 43, № 1. — С. 70–78.
- Запорожец Г.В., Запорожец О.М.** Лососеводство в зарубежных странах Северотихоокеанского региона // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2011. — Вып. 22. — С. 28–48.
- Зеленников О.В.** Гаметогенез радужной форели *Parasalmo mykiss*, выращенной в системе с оборотным водоснабжением от вылупления до полового созревания при оптимальной температуре // Вопр. ихтиол. — 1999. — Т. 39, № 1. — С. 89–97.

Зеленников О.В., Голод В.М. Гаметогенез радужной форели *Parasalmo mykiss*, выращенной от вылупления до полового созревания при температуре около 20 °С // *Вопр. ихтиол.* — 2019. — Т. 59, № 1. — С. 68–79. DOI: 10.1134/S0042875219010193.

Иванков В.Н., Борисовец Е.Э., Рутенко О.А. Эколого-географическая дивергенция и межпопуляционная изменчивость симы *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.

Колобов В.А. Ультраструктура хлоридных клеток жаберного эпителия молоди симы *Oncorhynchus masou* (Salmonidae) при изменении солености воды // *Вопр. ихтиол.* — 2014. — Т. 54, вып. 5. — С. 620–623. DOI: 10.7868/S0042875214040043.

Коломыцев В.С., Лапшина А.Е., Зеленников О.В. Состояние яичников у молоди кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792) осенней и летней рас при выращивании на рыбоводных заводах Сахалинской области // *Биол. моря.* — 2018. — Т. 44, № 1. — С. 36–40.

Кузищин К.В., Малютин А.М., Груздева М.А. и др. Экология размножения симы *Oncorhynchus masou* в бассейне реки Коль (западная Камчатка) // *Вопр. ихтиол.* — 2009. — Т. 49, вып. 4. — С. 470–482.

Макеев С.С., Белолов В.Ф., Никифоров С.Н. Биология симы в пресноводный период жизни // *Рыб. хоз-во.* — 1990. — № 10. — С. 42–43.

Марковцев В.Г., Курганский Г.Н. Культивирование симы на государственных лососевых заводах Приморья // *Бюл. № 11 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке.* — Владивосток : ТИНРО-центр, 2016. — С. 140–143.

Микодина Е.В., Седова М.А., Чмилевский Д.А. и др. Гистология для ихтиологов: Опыт и советы : моногр. — М. : ВНИРО, 2009. — 112 с.

Миронова Т.Н. Биология и численность анадромной симы *Oncorhynchus masou* реки Тумнин (материковое побережье Татарского пролива) в 2007–2008 гг. // *Вопр. рыб-ва.* — 2011. — Т. 12, № 1(45). — С. 7–19.

Мосягина М.В., Зеленников О.В. О роли стероидсекреторных клеток в регуляции развития гонад у молоди тихоокеанских лососей // *Вопр. ихтиол.* — 2006. — Т. 46, № 2. — С. 272–277.

Обухов Д.К., Обухова Е.В., Пушина Е.В., Королева Т.В. Сравнительный анализ структурно-функциональной организации головного мозга лососевых рыб. Сообщение II. Строение и развитие головного мозга симы *Oncorhynchus masu* Brev. // *Вестн. СПбГУ. Сер. 3. Биология.* — 2010. — № 4. — С. 13–22.

Персов Г.М. Дифференцировка пола у рыб : моногр. — Л. : ЛГУ, 1975. — 148 с.

Погодин В.П., Борзов С.И., Мякишев М.С. и др. Опыт двухлетнего выращивания молоди симы *Oncorhynchus masou* на рыбоводном заводе острова Итуруп // *Изв. ТИНРО.* — 2019. — Т. 196. — С. 182–192. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-196-182-192.

Пушина Е.В., Варакин А.А. Сероводород-, парвальбумин- и ГАМК-продуцирующие системы в головном мозгу лосося-симы // *Нейрофизиология.* — 2011. — Т. 43, № 2. — С. 109–122.

Рухлов Ф.Н. Разведение тихоокеанских лососей в Японии // *Состояние и перспективы развития марикультуры на Дальневосточном бассейне : мат-лы 4-го бассейнового семинара.* — Владивосток, 1980. — С. 68–76.

Agler B.A., Hagen P.T., Scott J.R. et al. Wandering pink salmon: 1999 and 2000 thermal mark recoveries in Southeast Alaska // *NPAFC Tech. Rep.* — 2001. — № 3. — P. 47–49.

Azuma T. Can water-flow induce an excellent growth of fish; effects of water flow on the growth of juvenile masu salmon, *Oncorhynchus masou* // *World Aquacult.* — 2001. — Vol. 32, № 4. — P. 26–29.

Flood M.J., Noble C., Kagaya R. et al. Examining the daily feeding rhythms of amago *Oncorhynchus masou masou* using self-feeding systems // *Aquaculture.* — 2011. — Vol. 318, № 1. — P. 244–247. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2011.05.007.

Hayano H., Miyakoshi Y., Fujiwara M. et al. Mark-recapture estimation of masu salmon (*Oncorhynchus masou*) smolt numbers in the Masuho River, northern Hokkaido // *NPAFC Bull.* — 1998. — № 1. — P. 506.

Inoue M., Nakano S. Effects of woody debris on the habitat of juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in northern Japanese streams // *Freshwater Biol.* — 1998. — Vol. 40, Iss. 1 — P. 1–16. DOI: 10.1046/j.1365-2427.1998.00346.x.

Irvine J.R., Miyakoshi Y., Hayano H. et al. Assessment of hatchery origin and wild masu salmon (*Oncorhynchus masou*) smolts in the Masuho River, 1995 // *Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery.* — 1996. — Vol. 50. — P. 1–16.

Kaneko N., Iijima A., Shimomura T. et al. Profiles of circulating insulin-like growth factor-I during smoltification of masu salmon reared under different conditions // *Fish. Sci.* — 2015. — Vol. 81, Iss. 4. — P. 643–652. DOI: 10.1007/s12562-015-0870-y.

Kitanishi S., Yamamoto T. Comparison of genetic structure between juvenile and adult masu salmon indicates relatively low reproductive success of dispersers // *Environ. Biol. Fish.* — 2015. — Vol. 98, Iss. 1. — P. 405–411. DOI: 10.1007/s10641-014-0271-6.

Miyakoshi Y., Hayano H., Fujiwara M. et al. Assessment of hatchery origin and wild masu salmon (*Oncorhynchus masou*) smolts in the Masuhoro River, 1996 // *Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery.* — 1998. — Vol. 52. — P. 1–10.

Miyakoshi Y., Saitoh S. Effects of smolts size and timing of migration on recovery rate of wild masu salmon *Oncorhynchus masou* // *Fish. Sci.* — 2011. — Vol. 77, Iss. 6. — P. 939–944. DOI: 10.1007/s12562-011-0397-9.

Nakano N., Kawabe R., Yamashita N. et al. Color vision, spectral sensitivity, accommodation, and visual acuity in juvenile masu salmon *Oncorhynchus masou masou* // *Fish. Sci.* — 2006. — Vol. 72, Iss. 2. — P. 239–249.

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.

Takami T., Sato H. Influence of high water temperature on feeding responses and thermal death of juvenile masu salmon under aquarium settings // *Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery.* — 1998. — Vol. 52. — P. 79–82.

Tamate T., Maekawa K. Individual growth and phase differentiation of lacustrine masu salmon, *Oncorhynchus masou*, under artificial rearing conditions // *Ichthyol. Res.* — 2002. — Vol. 49, Iss. 4. — P. 397–400. DOI: 10.1007/s102280200061.

Yamamoto T., Murashita K., Matsunari H. et al. Amago salmon *Oncorhynchus masou ishikawae* juveniles selectively bred for growth on a low fishmeal diet exhibit a good response to the low fishmeal diet due largely to an increased feed intake with a particular preference for the diet // *Aquaculture.* — 2016. — Vol. 465. — P. 380–386. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2016.09.030.

Zhang Y.-Y., Jia Z.-Y., Shi L.-Y., Bai Q.-L. Effect of photoperiod on growth performance of masu salmon, *Oncorhynchus masou masou* (Brevoort, 1856) // *J. Appl. Ichthyol.* — 2013. — Vol. 29, Iss. 2. — P. 460–462. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2012.02051.x.

References

Antonov, A.A., Biology and reproduction of masu salmon in southern Sakhalin, in *Bull. N 2 realizatsii "Kontseptsii dal'nevostochnoi basseinovoi programmy izucheniya tikhookeanskikh 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 konferentsiya 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, pp. 5–6.

Vavilova, A.I., Exposure of masu salmon spawners in the natural pens, *Rybn. Prom-st.*, 1957, vol. 30, pp. 14–20.

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.

Dvinin, P.A., The distinctive features of the biology of masu salmon (*Oncorhynchus masou* Brevoort) from Sakhalin, *Vopr. Ikhtiol.*, 1956, vol. 7, pp. 33–35.

Dorofeeva, E.A., Alekseyev, A.P., Zelennikov, O.V., and Zelenkov, V.M., Far Eastern hunchback salmon in the White Sea basin, *Rybn. Khoz.*, 2006, no. 6, pp. 71–74.

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.

Zhivotovskiy, L.A., Rubtsova, G.A., Nikitin, V.D., Prokhorov, A.P., Shaikhaev, E.G., Kotkin, K.S., Gwo, J.-C., and Afanasiev, K.I., Genetic differentiation and the problems of conservation of masu salmon (*Oncorhynchus masou* Brevoort, 1856 (Pisces: Salmonidae)) populations, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2017, vol. 43, no. 1, pp. 83–91.

Zaporozhets, G.V. and Zaporozhets, O.M., Salmon hatcheries in the foreign countries of North Pacific region, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2011, vol. 22, pp. 28–48.

Zelennikov, O.V., Gametogenesis in rainbow trout *Parasalmo mykiss* cultivated in the system with circulating water supply from hatching to sexual maturation at optimal temperature, *J. Ichthyol.*, 1999, vol. 39, no. 1, pp. 84–92.

Zelennikov, O.V. and Golod, V.M., Gametogenesis of rainbow trout *Parasalmo mykiss* cultivated from hatching to sexual maturity at a temperature of approximately 20°C, *J. Ichthyol.*, 2019, vol. 59, no. 1, pp. 78–89. doi 10.1134/S0032945219010181

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 prokhnodnykh ryb Dal'negu Vostoka* (Biology of Anadromous Fishes in the Far East), Vladivostok: Dal'nevost. Gos. Univ., 1984, pp. 10–36.

Kolobov, V.A., Ultrastructure of chloride cells in branchial epithelium of juvenile masu salmon *Oncorhynchus masou* (Salmonidae) at different salinities, *J. Ichthyol.*, 2014, vol. 54, no. 8, pp. 611–614. doi 10.1134/S0032945214040043

Kolomytsev, V.S., Lapshina, A.E., and Zelennikov, O.V., The condition of ovaries in hatchery-reared juvenile summer- and fall-run chum salmon, *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792), in Sakhalin Oblast, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2018, vol. 44, no. 1, pp. 36–41.

Kuzishchin, K.V., Maljutina, A.M., Gruzdeva, M.A., Savvaitova, K.A., and Pavlov, D.S., Reproduction ecology of masu salmon *Oncorhynchus masou* in the Kol basin (Western Kamchatka), *J. Ichthyol.*, 2009, vol. 49, no. 4, pp. 441–453.

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, pp. 42–43.

Markovtsev, V.G. and Kurgansky, G.N., Cultivation of masu salmon at the state-managed salmon hatcheries of Primorsky Krai, in *Byulleten N 11 izucheniya Tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bulletin No. 11 for the Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2016, pp. 140–143.

Mikodina, E.V., Sedova, M.A., Chmilevskii, D.A., Mikulin, A.E., P'yanova, S.V., and Poluektova, O.G., *Gistologiya dlya ikhtologov: Opyt i sovety* (Histology for Ichthyologists: Experience and Advice), Moscow: VNIRO, 2009.

Mironova, T.N., Biology and abundance of anadromous cherry salmon *Oncorhynchus masou* in the Tumnin River (coastal area of Tatar Strait) in 2007–2008, *Vopr. Rybolov.*, 2011, vol. 12, no. 1(45), pp. 7–19.

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.

Obukhov, D.K., Obukhova, E.V., Pushchina, E.V., and Koroleva, T.V., Comparative analysis of structure functional organization of salmon brain. Report 2. Structure and development of *Oncorhynchus masu* Brev. Brain, *Vestn. S.-Peterb. Univ., Ser. 3: Biol.*, 2010, no. 4, pp. 13–22.

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

Pogodin, V.P., Borzov, S.I., Myakishev, M.S., Varaksin, I.A., and Zelennikov, O.V., Experience of two-year rearing of cherry salmon *Oncorhynchus masou* juveniles at fish farm on Iturup Island, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2019, vol. 196, pp. 182–192. doi 10.26428/1606-9919-2019-196-182-192

Pushchina, E.V. and Varaksin, A.A., Hydrogen sulfide-, parvalbumin- and GABA-producing systems in the brain of masu salmon, *Neirofiziologiya*, 2011, vol. 43, no. 2, pp. 109–122.

Rukhlov, F.N., Pacific salmon farming in Japan, in *Mater. 4-go basseinovogo seminaru "Sostoyaniye i perspektivy razvitiya marikul'tury na Dal'nevostochnom basseine"* (Proc. 4th Basin Seminar "Status and Prospects of Development of Mariculture in the Far Eastern Basin"), Vladivostok, 1980, pp. 68–76.

Agler, B.A., Hagen, P.T., Scott, J.R., Cashen, J.W., and Mortensen, D., Wandering pink salmon: 1999 and 2000 thermal mark recoveries in Southeast Alaska, *NPAFC Tech. Rep.*, 2001, no. 3, pp. 47–49.

Azuma, T., Can water-flow induce an excellent growth of fish; effects of water flow on the growth of juvenile masu salmon, *Oncorhynchus masou*, *World Aquacult.*, 2001, vol. 32, no. 4, pp. 26–29.

Flood, M.J., Noble, C., Kagaya, R., Damsgard, B., Purser, G.J., and Tabata, M., Examining the daily feeding rhythms of amago *Oncorhynchus masou masou* using self-feeding systems, *Aquaculture*, 2011, vol. 318, no. 1, pp. 244–247. doi 10.1016/j.aquaculture.2011.05.007

Hayano, H., Miyakoshi, Y., Fujiwara, M., Sugiwaka, K., Miyamoto, M., Nagata, M., and Irvine, J.R., Mark-recapture estimation of masu salmon (*Oncorhynchus masou*) smolt numbers in the Masuhoro River, northern Hokkaido, *NPAFC Bull.*, 1998, no. 1, pp. 506.

Inoue, M. and Nakano, S., Effects of woody debris on the habitat of juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in northern Japanese streams, *Freshwater Biol.*, 1998, vol. 40, no. 1, pp. 1–16. doi 10.1046/j.1365-2427.1998.00346.x

Irvine, J.R., Miyakoshi, Y., Hayano, H., Fujiwara, M., Sugiwaka, K., Miyamoto, M., and Nagata, M., Assessment of hatchery origin and wild masu salmon (*Oncorhynchus masou*) smolts in the Masuhoro River, 1995, *Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery*, 1996, vol. 50, pp. 1–16.

Kaneko, N., Iijima, A., Shimomura, T., Nakajima, T., Shimura, H., Omori, H., Urabe, H., Hara, A., and Shimizu, M., Profiles of circulating insulin-like growth factor-I during smoltification of masu salmon reared under different conditions, *Fish. Sci.*, 2015, vol. 81, no. 4, pp. 643–652. doi 10.1007/s12562-015-0870-y

Kitanishi, S. and Yamamoto, T., Comparison of genetic structure between juvenile and adult masu salmon indicates relatively low reproductive success of dispersers, *Environ. Biol. Fish.*, 2015, vol. 98, no. 1, pp. 405–411. doi 10.1007/s10641-014-0271-6

Miyakoshi, Y., Hayano, H., Fujiwara, M., Sugiwaka, K., and Irvine, J.R., Assessment of hatchery origin and wild masu salmon (*Oncorhynchus masou*) smolts in the Masuhoro River, 1996, *Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery*, 1998, vol. 52, pp. 1–10.

Miyakoshi, Y. and Saitoh, S., Effects of smolts size and timing of migration on recovery rate of wild masu salmon *Oncorhynchus masou*, *Fish. Sci.*, 2011, vol. 77, no. 6, pp. 939–944. doi 10.1007/s12562-011-0397-9

Nakano, N., Kawabe, R., Yamashita, N., Hiraishi, T., Yamamoto, K., and Nashimoto, K., Color vision, spectral sensitivity, accommodation, and visual acuity in juvenile masu salmon *Oncorhynchus masou masou*, *Fish. Sci.*, 2006, vol. 72, no. 2, pp. 239–249.

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.

Takami, T. and Sato, H., Influence of high water temperature on feeding responses and thermal death of juvenile masu salmon under aquarium settings, *Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery*, 1998, vol. 52, pp. 79–82.

Tamate, T. and Maekawa, K., Individual growth and phase differentiation of lacustrine masu salmon, *Oncorhynchus masou*, under artificial rearing conditions, *Ichthyol. Res.*, 2002, vol. 49, no. 4, pp. 397–400. doi 10.1007/s102280200061

Yamamoto, T., Murashita, K., Matsunari, H., Oku, H., Furuita, H., Okamoto, H., Amano, S., Suzuki, N., Amago salmon *Oncorhynchus masou ishikawae* juveniles selectively bred for growth on a low fishmeal diet exhibit a good response to the low fishmeal diet due largely to an increased feed intake with a particular preference for the diet, *Aquaculture*, 2016, vol. 465, pp. 380–386. doi 10.1016/j.aquaculture.2016.09.030

Zhang, Y.-Y., Jia, Z.-Y., Shi, L.-Y., and Bai, Q.-L., Effect of photoperiod on growth performance of masu salmon, *Oncorhynchus masou masou* (Brevoort, 1856), *J. Appl. Ichthyol.*, 2013, vol. 29, no. 2, pp. 460–462. doi 10.1111/j.1439-0426.2012.02051.x

Поступила в редакцию 20.05.2019 г.

После доработки 29.05.2019 г.

Принята к публикации 26.07.2019 г.