

АКВАКУЛЬТУРА

УДК 639.371.1

Г.В. Запорожец, О.М. Запорожец, Ж.Х. Зорбиди*

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 683000, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18

**ВОСПРОИЗВОДСТВО КЕТЫ И КИЖУЧА
НА ВИЛЮЙСКОМ ЛОСОСЕВОМ РЫБОВОДНОМ ЗАВОДЕ
(ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)**

Проведён анализ воспроизводства молоди лососей на Вилюйском ЛРЗ, который показал низкую эффективность этой деятельности. Коэффициент возврата производителей кеты от выпусков 1993–2004 гг. составил в среднем 0,04 %, а кратность воспроизводства — 0,3, при этом зависимость коэффициента возврата от количества выпускаемой молоди отрицательна. Аналогичные показатели для кижуча достигли значений соответственно 0,11 % и 1,4. Отмечено омоложение возврата у заводских производителей как кеты, так и кижуча по сравнению с особями естественного происхождения.

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, искусственное воспроизводство, возвраты, эффективность.

Zaporozhets G.V., Zaporozhets O.M., Zorbidi Zh.H. Farming of chum and coho salmon at the Viluysky Salmon Hatchery (southeastern Kamchatka) // Izv. TINRO. — 2012. — Vol. 169. — P. 162–175.

Farming of salmon juveniles at the Viluysky Salmon Hatchery is investigated. Its efficiency is evaluated as low, so far as the mean coefficients of return and multiplicity in 1993–2004 were 0.04 % and 0.3 for the chum salmon and 0.11 % and 1.4 for the coho salmon. The returns depend negatively on the juveniles releases, possibly because of predators in Lake Bolshoi Viluy, more abundant in the periods of high releases. Both chum and coho salmon of artificial breeding return in younger age, as compared with the age at return for their wild populations.

Key words: pacific salmon, fish-farming, return, farming efficiency.

Введение

Искусственное воспроизводство лососей возникло в качестве компенсации убывающих ресурсов в связи с их чрезмерной эксплуатацией и деградацией естественной среды обитания, а также в расчёте на увеличение существующих запасов (Kobayashi, 1980; Fuss, 1995; Lichatowich, 1999; Taylor, 1999). По этим же причинам строили лососевые рыболовные заводы (ЛРЗ) на Камчатке ещё в начале

* Запорожец Галина Васильевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: zaporozhets.g.v@kamniro.ru; Запорожец Олег Михайлович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: zaporozhets.o.m@kamniro.ru; Зорбиди Жанна Харитоновна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: zorbidi.z.h@kamniro.ru.

XX века (Кузнецов, 1928); современные ЛРЗ, на которых воспроизводят молодь тихоокеанских лососей, появились в конце того же века (Запорожец, Запорожец, 2011). Финансирование 5 существующих камчатских ЛРЗ осуществляется из государственного бюджета, поэтому оценка результатов деятельности каждого из них — задача весьма важная и актуальная (Запорожец, Запорожец, 2004).

Целью настоящей работы является анализ эффективности воспроизводства кеты и кижуча на одном из камчатских ЛРЗ — Вилюйском.

Материалы и методы

В работе использованы материалы отчётов Вилюйского ЛРЗ (ВЛРЗ) и Дирекции камчатских ЛРЗ по воспроизводству молоди лососей, данные биологического анализа производителей, вернувшихся в оз. Большой Вилюй, одноимённую реку и в р. Паратунка (донорская популяция кеты) в 1995–2011 гг. (15491 экз. кеты и 1951 экз. кижуча).

Идентификация происхождения заводских производителей кижуча в 2007 г. проведена по метке на отолитах сотрудниками ВНИРО, в 2008–2010 гг. — сотрудниками КамчатНИРО.

Для оценки эффективности воспроизводства лососей использовали показатель его кратности (отношение количества вернувшихся потомков к численности родительского поколения) и коэффициент возврата (отношение количества вернувшихся производителей к численности выпущенной молоди, в процентах).

Результаты исследований обработаны с помощью прикладных программ STATISTICA и Excel. Статистические диаграммы размаха включают средние значения, стандартную ошибку средней и 95 %-ный доверительный интервал ($-1,96 \cdot \text{ст. ош.}$). Математическое моделирование зависимости коэффициента возврата кеты от численности выпуска молоди проводили, используя модуль “Нелинейное оценивание” программы STATISTICA (StatSoft, Inc. (2003)). Для моделирования задавали функцию оценки вида $Y = aX^b$ и произвольную функцию потерь $(OBS - PRED)^2$, добиваясь близкого к нормальному распределения остатков; метод оценивания — квазиьютоновский.

Результаты и их обсуждение

Вилюйский лососевый рыболовный завод построен в 1989–1992 гг. акционерным обществом “Согжой” без предварительных специальных (ихтиологических, гидробиологических и пр.) изысканий на берегу оз. Большой Вилюй в юго-восточной части п-ова Камчатка (рис. 1) после почти полного уничтожения местной популяции кеты нерациональным промыслом, в том числе нелегальным. Расстояние от ВЛРЗ до ближайшего населённого пункта (г. Вилюйск) 25 км.

Озеро Большой Вилюй — солоноватый водоём (солёностью от 0 до 30 ‰) лагунного типа площадью 6,2 км² и глубиной до 6,5 м, соединяющийся 50–100-метровой протокой с Авачинским заливом. В озеро впадает р. Большой Вилюй (длина — 23 км) и несколько ключей, в том числе — ключ Сахарный, вытекающий из оз. Пресного. Близ устьевой протоки оз. Большой Вилюй соединяется с оз. Малый Вилюй, в которое впадает одноимённая река длиной 15 км (Ресурсы ..., 1966; Мешкова и др., 2004; Введенская, 2010).

Протоку, соединяющую озёра с Авачинским заливом, практически ежегодно замывает во время осенних штормов, и озёрная акватория становится бессточной, иногда до 5 мес (Введенская, Мешкова, 2004; Горин, 2008).

Нарушение свободного водообмена в лагуне приводит к снижению концентрации растворённого кислорода и увеличению — сероводорода (в результате разложения обильной высшей водной растительности), что вызывает заморы рыб (Фишман, Бооль, 1934; Остроумов, 1985; Введенская, 2010). В свою очередь, бурное размножение водорослей, по-видимому, обусловлено имеющимися в озе-



Рис. 1. Район расположения Вилуйского ЛРЗ (ВЛРЗ) в акватории Авачинского залива

Fig. 1. Scheme of the Avachinsky Bay and the Viluysky Salmon Hatchery (VLPZ) location

ре термальными проявлениями. По данным А.П. Горшкова (1967), через значительную часть дна озера в летне-осенний период происходит разгрузка глубинных термальных вод, создающая аномальное распределение температуры (у дна она выше, чем на поверхности). Кроме того, в самой глубокой северо-западной части лагуны (в полукилometре от завода) имеется “мёртвая зона” — малоподвижная водная линза с максимальной солёностью и высокой концентрацией сероводорода, губительной для гидробионтов (Введенская, 2010).

В бассейне оз. Большой Вилуей нагуливаются 15 видов морских, проходных и полупроходных рыб, среди которых преобладают трёхиглая колюшка, звёздчатая камбала и озёрная сельдь. Суммарная численность камбалы и сельди достигает 1 млн экз. Доля тихоокеанских лососей (горбуши, кижуча, кеты и нерки) относительно невелика (Мешкова, Смирнов, 2003). По неопубликованным данным А.Г. Остроумова (1984), в 1950–1980-е гг. заходы лососей на нерест достигали: горбуши — 15 тыс. экз., кижуча — 10, кеты — 6, нерки — 5 тыс. экз. В 1990–2000 гг. в результате эпизодических облётов авианаблюдателями КамчатНИРО на нерестилищах в бассейне Большого Вилуя было учтено: горбуши — 0,15–15,0 тыс. экз., кижуча — 0,04–1,35, кеты — 0,08–0,30, нерки — 0–0,75 тыс. экз. Статистики промысловых уловов отдельно по этому водному бассейну не вели до начала 1990-х гг. (вылов колхозов по участкам не дифференцировали). В последующий период квоты на отлов тихоокеанских лососей выделяли

только Дирекции камчатских ЛРЗ, по данным отчётности которой численность изымаемых, а также учтённых производителей не превышала для кеты — 0,9 тыс. экз., а для кижуча — 2,5 тыс. экз.

В первоначальный период, до конца 1990-х гг., ВЛРЗ представлял собой довольно примитивное сооружение, включающее производственный цех из металлоконструкций с 5 прямоточными бетонными бассейнами, ключевые водозаборы с самотёчными водоводами и открытые бассейны на берегу озера для подращивания молоди. На инкубацию икру размещали на рамках в инкубаторах, установленных непосредственно в бетонных бассейнах производственного цеха. Выдерживание эмбрионов и дальнейшее подращивание молоди проводили в тех же бассейнах. Температура изменялась от 3 °С (зимой) до 5 °С (к лету). Основным объектом выращивания на ВЛРЗ в тот период являлась молодь кеты, которую выпускали массой 0,4–0,8 г в количестве 0,2–1,0 млн экз. в оз. Большой Вилюй.

Основная задача завода в тот период — восстановление популяции кеты оз. Большой Вилюй. Практически с самого начала работы завода, в связи с отсутствием необходимого количества производителей, нерестующих в притоках озера, рыб для закладки икры на инкубацию отлавливали в другом водном бассейне Авачинского залива — на р. Паратунка, расположенной в 30 км севернее.

В 1994 г. ВЛРЗ передали на баланс Камчатрыбвода. К середине 1990-х гг. производственный цех и жилой дом пришли в аварийное состояние и стали малопригодными для дальнейшей эксплуатации, воды необходимой температуры для выращивания рыб не хватало, и было принято решение о реконструкции завода, которую провели в 1999–2003 гг. Инкубационный цех нового корпуса (рис. 2) оснащён инкубаторами системы Аткинса. Пластиковые выростные бассейны лоткового типа расположены в производственном цехе на двух уровнях, вода поступает сначала в верхние бассейны, а затем переливается в нижние без



очистки. Молодь выпускают через рыбоходы в ручей и озеро.

Рис. 2. Новый корпус Вилюйского ЛРЗ. Слева на переднем плане виден цех для выдерживания производителей и рыбоучётное заграждение

Fig. 2. New building of the Vilyuysky Salmon Hatchery. In the foreground, left: the hall for captured spawners and the fence for counting of adults

По проекту водоснабжение должно осуществляться из трёх групп источников: подземных скважин, поверхностных ручьёв и озёрного водозабора. Тем не менее и после реконструкции технологической воды по-прежнему не хватает, поскольку дебит скважин оказался вдвое ниже планового; мутная вода ручьёв по дренажным трубам попадает в отделение водоподготовки и забивает фильтры. Насосную станцию озёрного водозабора постоянно затопляет в половодье, потому она не работает.

Кета

Для закладки икры на инкубацию небольшое количество производителей кеты отлавливали в оз. Большой Вилюй начиная с 1996 г., когда зарегистрировали первый возврат. Но поскольку ВЛРЗ был не в состоянии обеспечить плановую закладку икры от своего возврата, в качестве донорской популяции продолжали использовать паратунскую кету, причём доля последней была очень высока, кроме рыбоводных сезонов 2002–2003 и 2006–2008 гг. Некоторые результаты деятельности ВЛРЗ по воспроизводству кеты представлены в табл. 1.

Выпуски молоди достигли почти 5 млн экз. (2004 г.). Однако возвраты после реконструкции стали ниже — 0,03 % (3 производителя от каждой 1000 выпущенных особей), чем до неё — 0,05 %. Причем наблюдалась отрицательная зависимость коэффициента возврата от количества выпускаемой молоди, которую можно удовлетворительно аппроксимировать кривой вида $Y = aX^b$ (рис. 3).

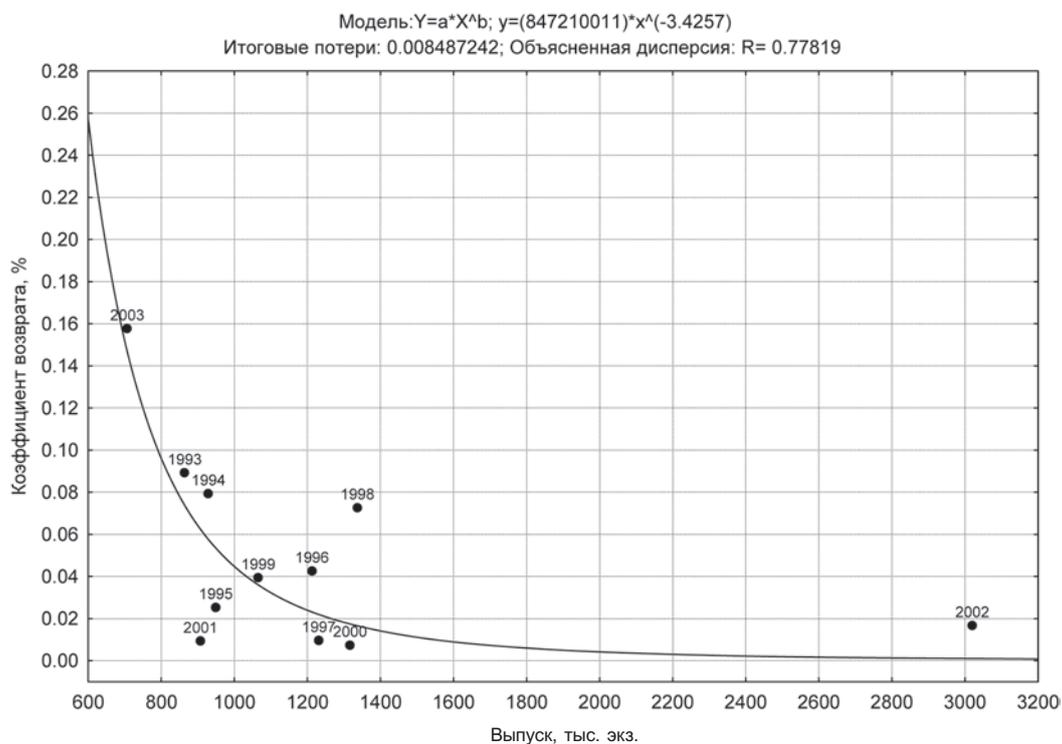


Рис. 3. Зависимость коэффициента возврата кеты к Вилюйскому ЛРЗ от количества выпускаемой молоди. Метки у точек — годы выпуска

Fig. 3. Dependence of the coefficient of chum salmon return on the juveniles releases for the Viluysky Salmon Hatchery. The years of release are labeled

Отметим, что максимальное значение коэффициента возврата (0,16 %) получено от минимального выпуска 2003 г., когда для воспроизводства использовали только производителей, отловленных в оз. Большой Вилюй. Для этого поколения выпуска характерна и самая высокая кратность воспроизводства — 1,4, в то время как в среднем этот показатель равен 0,3. Таким образом, работа завода не поддерживала стабильной численности стада кеты, происходило постоянное его уменьшение. Для сравнения уместно привести средний показатель кратности воспроизводства донорской (паратунской) популяции в естественных условиях — 6,6, что во много раз выше заводского. Проанализировать последующие возвраты кеты в оз. Большой Вилюй от выпуска потомства местных производителей в 2007 и 2008 гг. не представляется возможным, поскольку учёт их был прекращён заводом после 2007 г.

Столь низкие возвраты кеты к ВЛРЗ, возможно, связаны отчасти с нарушением хоминга (и увеличением стрейнга) из-за перевозок икры для инкубации из бассейна другой реки — Паратунки. Отрицательных последствий таких перемещений известно достаточно (Bugert et al., 1997; Семенченко, 2000; Hedrick et al., 2000; Кудерский, 2001; Артамонова и др., 2002; Салменкова, 2008).

Вследствие транспортировки икры из донорской популяции полученная из неё молодь, эволюционно приспособленная к воде с иным химическим составом и другой температурой, выпущенная в лиман Большого Вилюя, с большим трудом адаптировалась к очень специфическим местным биогеохимическим условиям (высокой солёности, температуре, концентрации сероводорода и микрофлоре). При этом выживаемость её могла значительно снижаться. Есть примеры подобных действий в бассейне р. Колумбия, когда миллионы заводских мальков выпускали в другую реку и все они погибали из-за отсутствия иммунитета к местным патогенам (Williams et al., 2003).

Другая причина небольших возвратов — значительная гибель мальков вскоре после выпуска из-за обилия разнообразных хищных рыб в оз. Большой Вилюй (озёрной сельди, звёздчатой камбалы, гольца, кунджи и кижуча), пожирающих недостаточно жизнестойкую выпущенную молодь. Количество заводских особей в желудках этих хищников достигало 40 экз. на 1 особь. Элиминация молоди кеты в отдельные годы составляла 36 % (Смирнов и др., 2004).

Дальнейшая гибель заводских рыб может быть связана с тем, что в период высоких приливов в устьевой протоке лагуны образуется мощное течение, препятствующее их скату в океан, порой в течение нескольких дней. Когда это приходится на пик покатной миграции, образуются большие скопления молоди и создаются напряжённые конкурентные отношения (Смирнов и др., 2003), на фоне которых вполне возможна высокая выедаемость заводских покатников хищниками.

Поскольку ВЛРЗ использовал в качестве донорской популяцию паратунской кеты, мы сравнили некоторые ха-

Таблица 1

Table 1

Деятельность Вилюйского ЛРЗ по разведению кеты в 1997–2008 гг. (данные Севвострыбвода)

The Vilyuysky Salmon Hatchery activities on chum salmon rearing in 1997–2008

Показатель	1997–1998		1998–1999		1999–2000		2000–2001		2001–2002		2002–2003		2003–2004		2004–2005		2005–2006		2006–2007		2007–2008	
	1997	1998	1998	1999	1999	2000	2000	2001	2001	2002	2002	2003	2003	2004	2004	2005	2005	2006	2006	2007	2007	2008
Заложено икры на инкубацию, тыс. экз.	1724	1280	1478	1478	1040	1040	3433	842	5730	4010	1473	719	681									
Отход за инкубацию, %	11,0	10,1	8,2	8,2	9,8	9,8	8,5	10,7	8,8	7,8	3,6	9,8	11,3									
Средняя температура воды при инкубации, °С	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7	3,6	4,1	3,9	4,3	4,5	4,5	4,6									
Плотность посадки при подращивании, тыс. экз./м ²	11,9	8,5	10,5	10,5	9,8	9,8	8,8	5,1	12–8	11–7	9,5	9–8	10,3									
Средняя температура воды при подращивании, °С	3,5	3,6	3,8	3,8	3,6	3,6	3,9	4,0	4,1	4,1	4,0	4,3	4,4									
Отход за период подращивания, %	12,6	7,2	2,7	2,7	1,4	1,4	3,8	5,6	5,2	5,0	4,8	2,5	1,3									
Средняя масса молоди перед выпуском, г	0,9	1,2	0,8	0,8	0,7	0,7	1,0	1,2	1,0	1,1	1,1	1,4	1,5									
Выпущено молоди, тыс. экз.	1337	1065	1317	1317	907	907	3020	707	4889	3485	1340	627	589									

рактические характеристики производителей, возвратившихся в оз. Большой Вилюй и на нерестилища Паратунки (диких) в период с 1996 по 2007 г. Оказалось, что первые в среднем моложе вторых (соответственно $3,77 \pm 0,01$ и $3,91 \pm 0,01$ года, $p < 0,0001$) и меньше по массе (соответственно $3,34 \pm 0,02$ и $3,87 \pm 0,03$ кг, $p < 0,0001$), причём эти различия более выражены для самцов, чем для самок (рис. 4).

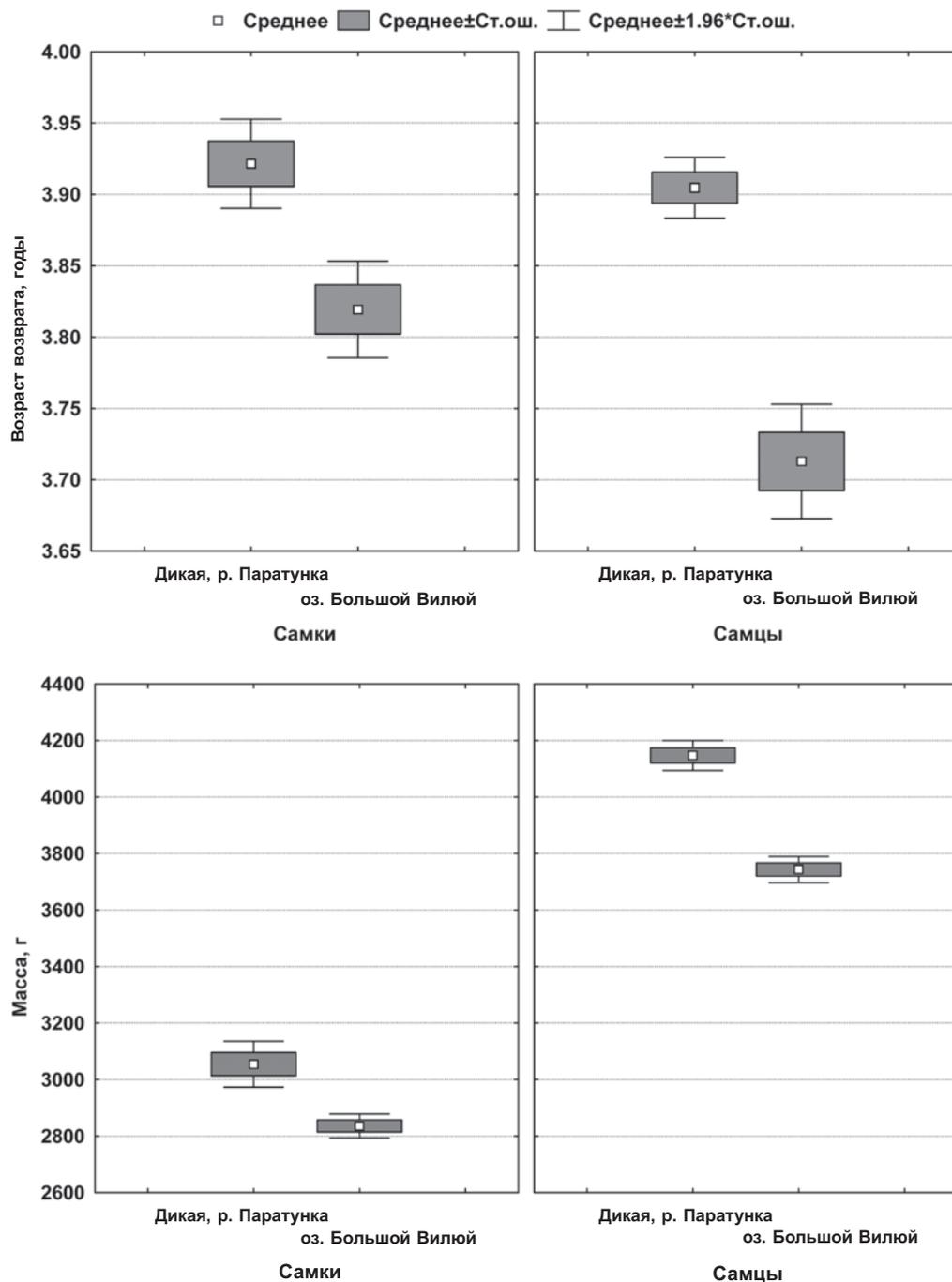


Рис. 4. Возраст возврата и масса производителей кеты оз. Большой Вилюй и р. Паратунка (естественный нерест донорской популяции) в период 1996–2007 гг.
 Fig. 4. Age and weight at return for chum salmon spawners in Lake Bolshoi Viluy (the fish of artificial breeding) and the Paratunka River (the population of natural spawning) in 1996–2007

Уменьшение возраста созревания кеты ВЛРЗ связано с акселерацией развития молоди на ранних этапах её онтогенеза за счёт искусственных кормов и в среднем несколько более высокой температуры воды, чем на естественных нерестилищах. Подобное омоложение характерно и для других заводских стад камчатских ЛРЗ (Запорожец, Запорожец, 2011).

За полтора десятка лет работы ВЛРЗ заводское стадо кеты так и не было создано. Невозможность восстановления запасов кеты оз. Большой Вилюй методами искусственного воспроизводства послужила одной из основных причин прекращения этой работы, с 2008 г. (несмотря на очередной выпуск молоди) возвраты кеты к заводу перестали учитывать, а его деятельность переориентировали на воспроизводство кижуча.

Кижуч

Икру кижуча закладывают на инкубацию от производителей из р. Большой Вилюй и одноимённого озера. До 2004 г. молодь подращивали до массы 0,5–1,3 г, выпуская сеголетками. Возвраты при этом не учитывали. Затем часть молоди стали оставлять на второй год и выпускать годовиками. В 2008 г. завод перепрофилировали на воспроизводство двухлеток кижуча, изменили и производственную мощность — 1 млн экз. молоди. Но технологической воды хватает лишь на выпуск не более 0,5 млн экз. годовиков массой 8–15 г (табл. 2).

Поскольку на ВЛРЗ функционирует двухуровневая система размещения бассейнов, при которой вода в ёмкости нижнего уровня поступает без очистки после её использования на верхнем, среда обитания рыб там неблагоприятна. Вследствие этого выращиваемую молодь нередко поражает бактериальная жабберная болезнь, нарушается функция почек, что может являться причиной повышенной смертности молоди как на самом заводе, так и после её выпуска (Устименко, 2006; Гаврюсева, 2007).

Возвращающихся производителей начали учитывать с 2005 г., суммарные подходы в 2005–2011 гг. составили 8,2 тыс. экз., однако по результатам идентификации меток на отолитах среди этих рыб, отловленных для воспроизводства, в 2007 г. обнаружено 20 % особей естественного происхождения, в 2008 г. — 33, в 2009 г. — 69, в 2010 г. — 37 % (в среднем — около 40 %). С учётом приведённых данных средневзвешенный коэффициент возврата к ВЛРЗ от поколений выпуска 2001–2007 гг. составил 0,11 % (11 производителей от каждой 1000 выпущенных особей). Вклад продукции этого завода в промысел лососей практически нулевой — из-за отсутствия в ближайшей (озёрной и морской) акватории рыбопромышленных участков.

Основной причиной перепрофилирования завода на двухлетнее выращивание кижуча было предположение, что выпуск крупной молоди позволит ускорить её смолтификацию и скат в море, выводя за счёт этого из-под пресса многочисленных хищников, концентрирующихся в лагуне Большого Вилюя, и в конечном итоге увеличить эффективность воспроизводства, подняв возврат до 3–10 % (Леман и др., 2006). Учитывая, что сначала ВЛРЗ выпускал сеголеток, мы вычислили средневзвешенный показатель возврата для поколений выпуска 2001–2004 гг. Он был равен 0,18 %. Для поколений 2005–2007 гг., в которых присутствовала заметная доля годовиков, коэффициент возврата, как минимум, не увеличился, составив 0,09 %.

Вероятными причинами невысоких возвратов заводского кижуча можно назвать несколько факторов: неудовлетворительное качество (по бактериологическим показателям) воды, поступающей на ВЛРЗ (Устименко, 2006; Гаврюсева, 2007); использование двухуровневой системы размещения бассейнов, далее ухудшающей пригодность среды обитания рыб; гибель сеголеток от многочисленных хищников (так же, как и кеты) после выпуска; длительность перехода на есте-

Деятельность Вилуйского ЛРЗ по разведению кижуча в 1997–2010 гг. (по данным Севвострыбвода)

Table 2

Показатель	1997–1998		2000–2001		2001–2002		2002–2003		2003–2004		2004–2005		2005–2006		2006–2007		2007–2008		2008–2009		2009–2010	
Заложено икры на инкубацию, тыс. экз.	131	114	114	368	358	780	1239	1228	1220	940	568	639										
Отход за период инкубации, %	14,8	10,5	10,5	5,8	12,9	6,3	10,7	8,8	10,5	10,2	8,4	13,5										
Средняя температура воды при инкубации, °С	3,3	3,2	3,2	3,5	3,6	4,03	3,9	4,4	4,2	4,5	4,4	4,3										
Плотность посадки при подращивании, тыс. экз./ м ²	6,8	1,5	1,5	2,0	4,4	5-4	11-6	7-5	8,5	6,1	2,6	5,1										
Средняя температура воды при подращивании, °С	3,7	3,8	3,8	4,5	4,1	4,3	4,2	4,3	4,3	4,5	4,5	4,4										
Отход за период подращивания, %	4,7	1,8	1,8	45,9*	7,5	9,2	2,8	1,8	1,5	1,3	3,1	4,7										
Масса сеголеток перед выпуском, г	1,0	0,5	0,5	1,3	1,3	1,0	1,3	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5										
Выпущено сеголеток, тыс. экз.	106	98	98	188	237	452	878	898	878	367	11,6	13,5										
Масса годовиков перед выпуском, г						15,5	8,3	11,3	14,1	14,5	11,6	13,5										
Выпущено годовиков, тыс. экз.						48,1	166	186	240	186	410	466										

* Массовая гибель молоди вследствие прекращения подачи воды в бассейны.

ственное питание в озере двухлеток (1–3 нед), которых поедают голец и камбала как у завода, так и позже (Леман и др., 2006).

Средняя кратность воспроизводства кижуча на ВЛРЗ в 2001–2007 гг. составила величину 1,4. Привести подобные данные для местной популяции в естественных условиях не представляется возможным из-за отсутствия регулярного учёта заполнения нерестилищ. В популяциях кижуча рек Авача и Паратунка этот показатель равен 4–6.

Исследование возрастной структуры кижуча из оз. Большой Вилуй показывает, что большинство производителей возвращается на нерест через 3 года после выклева. Доля остальных возрастных классов невелика и лишь иногда достигает 30 % (рис. 5).

Относительная численность годовиков и двухлеток (1+) в скате имеет колебательный характер, причём на известном нам временном отрезке (2000–2011 гг.) линейный тренд этой динамики в целом отрицателен (рис. 6).

Отсюда можно сделать вывод, что после изменения стратегии воспроизводства кижуча на ВЛРЗ (переход с выпуска сеголеток на двухлетнее выращивание) увеличения доли годовиков в скате в море явно не намечается, как планировалось (Леман и др., 2006).

Более того, отдельное рассмотрение динамики пресноводного возраста диких и заводских рыб (на основе результатов идентификации по отолитным меткам производителей, вернувшихся в 2007–2010 гг.) выявило постепенное увеличение возраста ската в море, особенно явное у рыб искусственного происхождения (рис. 7).

В то же время в среднем за период 2007–2010 гг. кижуч заводского происхождения приходил на нерест раньше дикого (со-

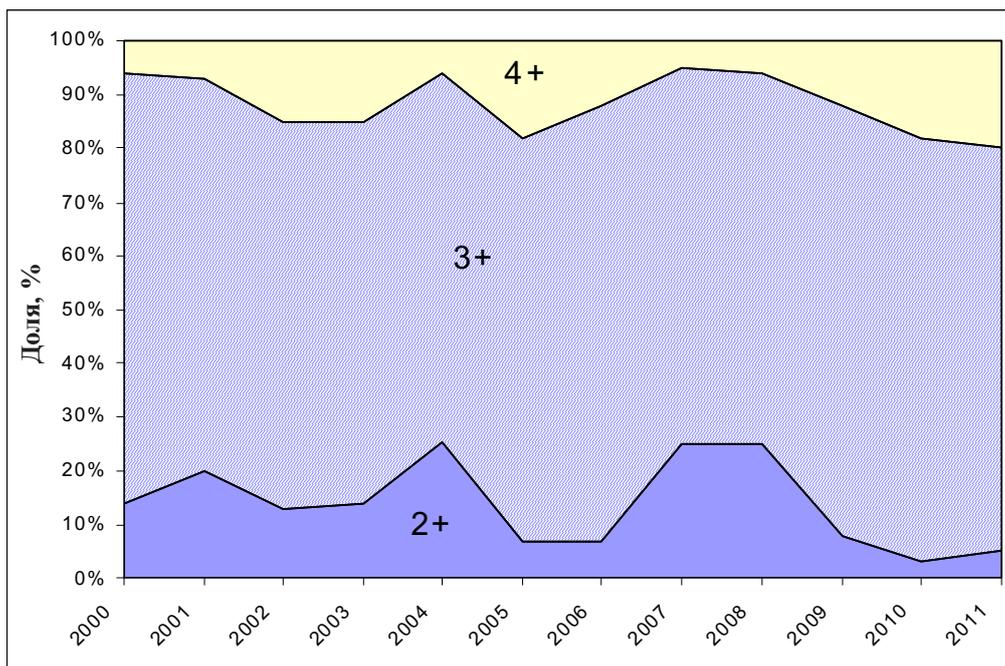


Рис. 5. Структура общего возраста производителей кижуча в оз. Большой Вилюй в 2000–2011 гг.

Fig. 5. Age structure of coho salmon spawners in Lake Bolshoi Viluy in 2000–2011

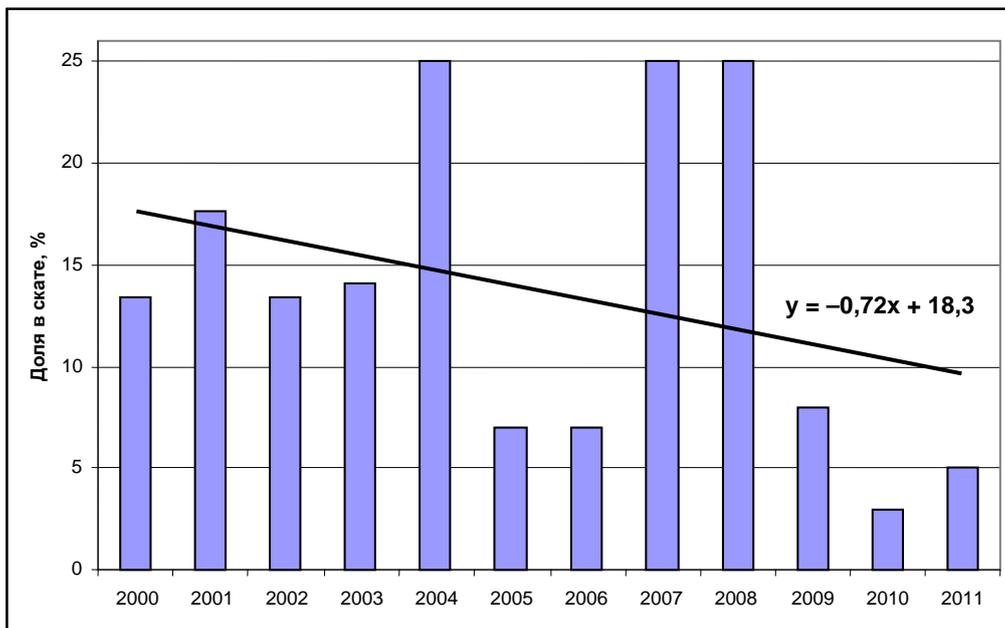


Рис. 6. Доля производителей кижуча, вернувшихся в оз. Большой Вилюй в 2000–2011 гг., имеющих пресноводный возраст 1+

Fig. 6. Portion of coho salmon spawners with the freshwater age 1+ in Lake Bolshoi Viluy in 2000–2011

ответственно $2,85 \pm 0,03$ г. и $3,02 \pm 0,02$ г., $p = 0,00001$), причём омоложение у самцов выражено лучше, чем у самок (рис. 8). Это характерно и для кеты ВЛРЗ, как описано выше. В целом более молодые самцы искусственного происхождения мельче, чем естественного ($p < 0,0001$) (рис. 8).

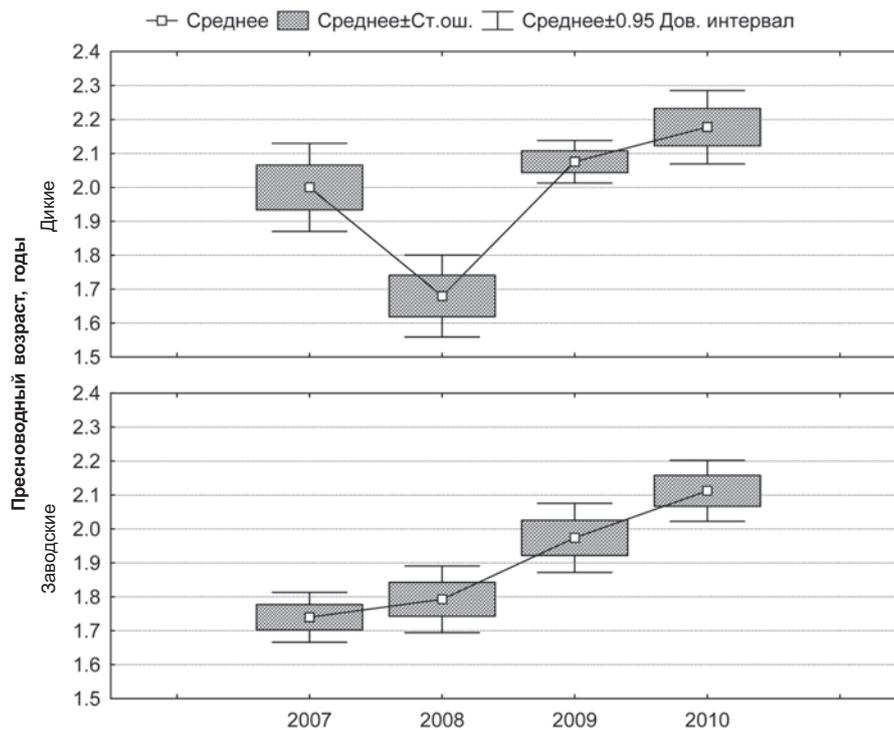


Рис. 7. Динамика пресноводного возраста производителей кижуча в оз. Большой Вилуей отдельно для диких и заводских рыб в 2007–2010 гг.

Fig. 7. Dynamics of the freshwater age for coho salmon spawners in Lake Bolshoi Viluy in 2007–2010, separately for artificial and wild fish

При переходе ВЛРЗ с выпуска сеголеток на двухлетнее выращивание кижуча существенно изменилось количество используемых кормов. Кормовые коэффициенты (отношение съеденного корма к приросту массы) у молоди разного возраста различаются заметно ($1,0 \pm 0,1$ — у сеголеток и $1,6 \pm 0,1$ — у годовиков, $p < 0,002$). Следовательно, чтобы вырастить 0,5 млн сеголеток до массы 1,5 г, надо израсходовать 0,75 т корма, а столько же годовиков до массы 15 г — 12 т корма (стоимостью около 130 р. за 1 кг). Отметим, что по данным Дирекции ЛРЗ в 2001–2003 гг. затраты на содержание 1 сеголетки составляли около 4 р., а в 2009–2010 гг. средняя цена 1 экз. (сеголетки и годовика) увеличилась до 73 р.

При планировании перехода на двухлетнее выращивание кижуча были взяты за ориентир результаты воспроизводства этого объекта на рыбоводных заводах Северной Америки в период 1970-х — начала 1980-х гг., когда выпуски молоди росли и достигли в США 190 млн экз., увеличивались и возвраты (Mahnken et al., 1998). Затем ситуация кардинально изменилась: возвраты сократились, поэтому выпуски уменьшились до 40 млн экз. (NPAFC: [http://www.npafc.org/...](http://www.npafc.org/)); в Британской Колумбии коэффициенты возврата также снизились с 37 % (в 1975 г., до начала широкомасштабного искусственного воспроизводства) до 1 % и ниже (в 1990–2000-е гг.) (Sheng, 2010).

Таким образом, воспроизводство кижуча (как и кеты) в настоящее время на ВЛРЗ неэффективно. Вероятно, для улучшения работы завода можно внести ряд технологических изменений: значительно увеличить количество подаваемой воды и установить качественные фильтры; ликвидировать двухуровневую систему размещения бассейнов; осуществить подбор кормов, соответствующих физиологическим потребностям кижуча, выращиваемого в местной специфической биогеохимической ситуации, добиваясь выпуска здоровой и полноценной молоди, способной противостоять хищникам и быстро откочевывать в естественные местообитания.

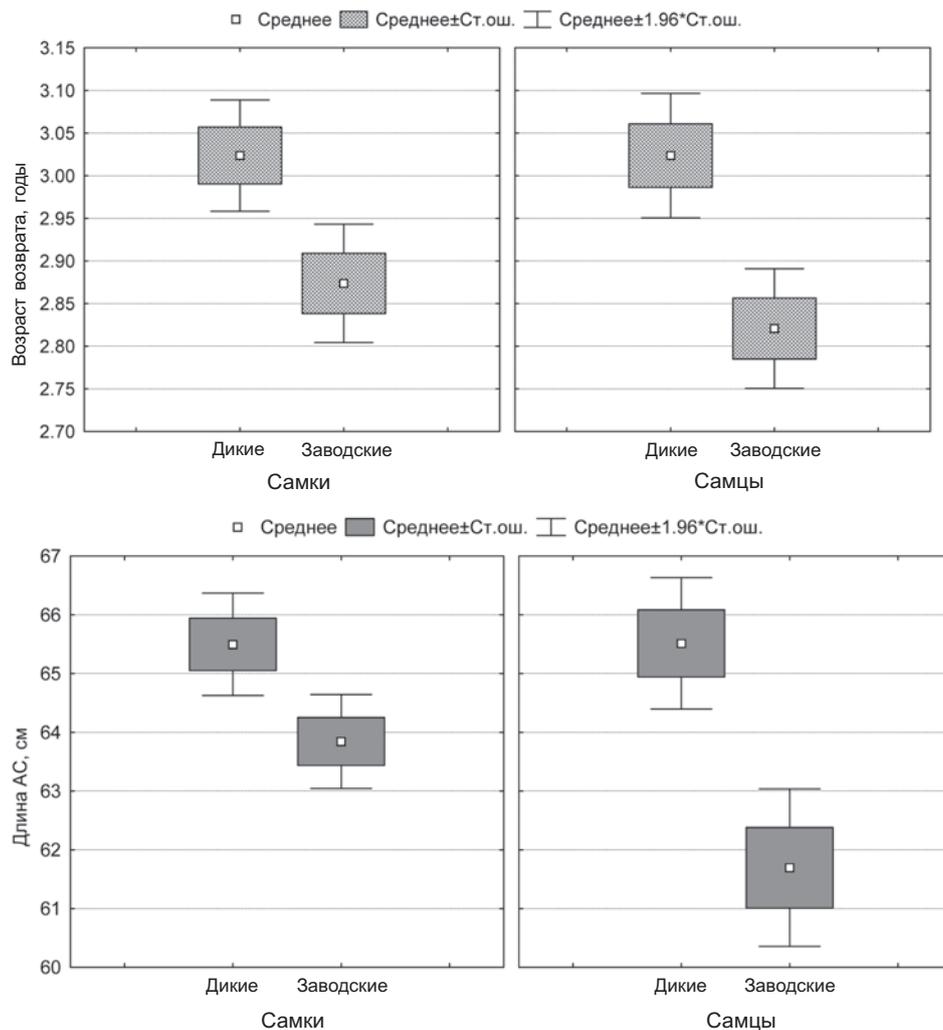


Рис. 8. Возраст возврата и размеры производителей кижуча разного происхождения, подошедших в бассейн оз. Большой Вилуй в 2007–2010 гг.

Fig. 8. Age and length at return for coho salmon of different origin in the basin of Lake Bolshoi Viluy in 2007–2010

Конкретные технологические решения (основанные на результатах анализа возврата производителей), в том числе необходимость двухлетнего выращивания, могут быть выработаны в процессе экспериментов, проводимых под руководством и при непосредственном участии профильных научных учреждений.

В противном случае для поддержания местных популяций эффективнее направить усилия и финансовые средства на охрану нерестилищ.

Заклучение

Анализ воспроизводства молоди лососей на ВЛРЗ, построенном без предварительных изысканий, показал весьма низкую эффективность этой деятельности. Коэффициент возврата производителей кеты от выпусков 1993–2004 гг. составил в среднем 0,04 %, а кратность воспроизводства — 0,3. При этом зависимость коэффициента возврата от количества выпускаемой молоди отрицательна. Аналогичные показатели для кижуча достигли значений соответственно 0,11 % и 1,4.

Отмечено омоложение возврата и уменьшение размеров (особенно самцов) у заводских производителей как кеты, так и кижуча по сравнению с особями естественного происхождения.

В то же время изменение длительности выращивания кижуча до двух лет не привело к росту доли годовиков в скате (для вывода молоди из-под прессы хищников), более того, обнаружено увеличение пресноводного возраста производителей, вернувшихся в 2007–2010 гг.

Список литературы

- Артамонова В.С., Махров А.А., Крылова С.С. и др.** Выпуск молоди семги в «чужие» реки и эффективность работы рыбоводных заводов // *Вопр. рыб-ва.* — 2002. — Т. 3, № 3. — С. 463–473.
- Введенская Т.Л.** “Мертвая” зона в озере Большой Вилюй (восточная Камчатка) // *Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : мат-лы 11-й Междунар. науч. конф.* — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2010. — С. 28–31.
- Введенская Т.Л., Мешкова М.Г.** Проточность озера Большой Вилюй // *Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : мат-лы 5-й Междунар. науч. конф.* — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2004. — С. 26–28.
- Гаврюсева Т.В.** Патоморфологические изменения при алиментарном токсикозе у молоди тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* на Камчатке // *Исследование водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана.* — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2007. — Вып. 9. — С. 170–184.
- Горин С.Л.** Гидролого-экологические условия в озере Большой Вилюй (эстуарий реки Большой Вилюй, восточная Камчатка) // *Современное состояние водных биоресурсов : мат-лы науч. конф., посвящ. 70-летию С.М. Коновалова.* — Владивосток : ТИНРО-центр, 2008. — С. 499–501.
- Горшков А.П.** Термопроявление на озере Большой Вилюй // *Вопр. географии Камчатки.* — 1967. — Вып. 5. — С. 140–143.
- Запорожец Г.В., Запорожец О.М.** Лососевые рыболовные заводы Дальнего Востока в экосистемах Северной Пацифики : монография. — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2011. — 268 с.
- Запорожец О.М., Запорожец Г.В.** Анализ эффективности работы камчатских лососевых рыболовных заводов // *Вопр. рыб-ва.* — 2004. — Т. 5, № 2(18). — С. 328–361.
- Кудерский Л.А.** Акклиматизация рыб в водоемах России: состояние и пути развития // *Вопр. рыб-ва.* — 2001. — № 1(5). — С. 6–85.
- Кузнецов И.И.** Рыболовные заводы на о. Сахалине и Камчатке и перспективы их деятельности // *Бюл. рыб. хоз-ва.* — 1928. — № 9. — С. 15–17.
- Леман В.Н., Смирнов Б.П., Метальникова К.В. и др.** Рыбоводно-биологическое обоснование репрофилирования Вилюйского лососевого рыболовного завода на двухлетнее выращивание кижуча. — М. : ВНИРО, 2006. — 89 с.
- Мешкова М.Г., Смирнов Б.П.** Ихтиофауна озера Большой Вилюй // *Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : мат-лы 4-й Междунар. науч. конф.* — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2003. — С. 71–76.
- Мешкова М.Г., Смирнов Б.П., Введенская Т.Л., Зорбиди Ж.Х.** Особенности биологии кижуча *Oncorhynchus kisutch* Walbaum (Salmonidae) озера Большой Вилюй // *Исследование водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана.* — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2004. — Вып. 7. — С. 171–180.
- Остроумов А.Г.** Нерестовые озера Камчатки // *Вопр. географии Камчатки.* — 1985. — Вып. 9. — С. 47–56.
- Остроумов А.Г.** Нерестовый фонд лососей рек юго-восточной Камчатки от р. Авачи до р. Три Сестры : отчёт о НИР / КамчатНИРО. № 4774; Инв. № 0285.0 037952. — Петропавловск-Камчатский, 1984. — 67 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность.** Т. 20 : Камчатка : монография. — Л. : Гидрометеорол. изд-во, 1966. — 260 с.
- Салменкова Е.А.** Популяционно-генетические процессы при интродукции рыб // *Генетика.* — 2008. — Т. 44, № 7. — С. 874–884.
- Семенченко А.Ю.** Проблемы взаимодействия природных и заводских популяций лососей в Приморье // *Вопросы взаимодействия естественных и искусственных популяций лососей : сб. науч. докл. рос.-амер. конф. по сохранению лососевых.* — Хабаровск : ХОТИНРО, 2000. — С. 110–113.
- Смирнов Б.П., Мешкова М.Г., Введенская Т.Л.** Оценка величины выедания заводской молоди кеты в озере Большой Вилюй // *Исследование водных биологических*

ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2004. — Вып. 7. — С. 246–250.

Смирнов Б.П., Седова М.А., Метальникова К.Л. и др. Совершенствование методов выращивания и оценка выживаемости молоди кеты и кижуча в условиях Виллюйского ЛРЗ : метод. пособие. — М. : РООИ “Центр ПИ КОД”, 2003. — 157 с.

Устименко Е.А. Признаки бактериальной жаберной болезни у молоди кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) на Виллюйском рыбноводном заводе (Камчатка) // Вопр. рыб-ва. — 2006. — Т. 7, № 3(27). — С. 436–445.

Фишман О.А., Бооль В.Б. Гидрохимическое обследование оз. Б. Виллюй в связи с замором рыбы в 1934 г. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 1934. — 4 с.

Bugert R.M., Mendel G.W., Seidel P.R. Adult Returns of Subyearling and Yearling Fall Chinook Salmon Released from a Snake River Hatchery or Transported Downstream // N. Am. J. Fish. Man. — 1997. — Vol. 17. — P. 638–651.

Fuss H.J. Hatcheries are a tool: they are as good or as bad as the management goals that guide them. Olympia, Washington : Wash. Dep. of Fish and Wildlife Hatch. Program, 1995. — 19 p.

Hedrick P.W., Hedgecock D., Hamelberg S., Croci S.J. The impact of supplementation in winter-run chinook salmon on effective population size // J. Hered. — 2000. — Vol. 91, № 2. — P. 112–116.

Kobayashi T. Salmon propagation in Japan // Salmon Ranching. — L. : Acad. Press, 1980. — P. 91–107.

Lichatowich J. Salmon without rivers: A history of the Pacific salmon crisis. — Washington : Island Press, 1999. — 317 p.

Mahnken C., Ruggerone G., Waknitz W., Flagg T. A Historical Perspective on Salmonid Production from Pacific Rim Hatcheries // N. Pac. Anadr. Fish. Comm. — 1998. — Bull. 1. — P. 38–53.

Sheng M. An Overview of Coho and Chinook Hatchery Facilities in the Strait of Georgia // State of the Salmon, Conference 2010: Ecological Interactions Between Wild And Hatchery Salmon. Portland, 2010. <http://www.stateofthesalmon.org/conference2010/>.

Taylor J.E. Making Salmon: An Environmental History of the Northwest Fisheries Crisis. — Seattle; Wash. : Univ. of Wash. Press, 1999. — 488 p.

Williams R.N., Lichatowich J.A., Mundy P.R., Powell M. Integrating artificial production with salmonid life history, genetic, and ecosystem diversity: a landscape perspective. — Portland, 2003. — 83 p.

Поступила в редакцию 10.02.12 г.