



Правительство Сахалинской области



Федеральное агентство по рыболовству



*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Сахалинский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии»*

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛОСОСЕВОГО ХОЗЯЙСТВА НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ

Научная конференция
(г. Южно-Сахалинск, 7–8 ноября 2017 года)

Материалы

ФГБНУ «СахНИРО»
Южно-Сахалинск'2018

Издание материалов осуществлено по решению оргкомитета конференции и при поддержке Правительства Сахалинской области.

С 56 Современное состояние и перспективы развития лососевого хозяйства на Дальнем Востоке России [Электронный ресурс] : Материалы научной конференции (г. Южно-Сахалинск, 7–8 ноября 2017 года). – Южно-Сахалинск : СахНИРО, 2018. – 164 с. – Режим доступа <http://www.sakhniro.ru/userfiles/conference%207-8.11.2017/materials2017.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.

Ответственность за правильность ссылок на литературные источники в тексте и сами списки литературы несут нижеперечисленные в содержании авторы материалов конференции, в частности в части соблюдения требований ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Радченко В. И. Состояние запасов и промысла горбуши в местах ее массового искусственного воспроизводства в северной части Тихого океана
3

Каев А. М. Состояние мониторинга и прогнозирование горбуши в Сахалино-Курильском регионе
28

Фельдман М. Г., Шевляков Е. А., Дубинин В. А. Оценка величины, прогноз и управление запасами тихоокеанских лососей в Камчатском регионе
38

Великанов А. Я., Цициашвили Г. Ш., Шатилина Т. А., Радченкова Т. В. Многолетняя динамика уловов горбуши восточного Сахалина и климатогидрологические факторы
49

Курганский Г. Н., Марковцев В. Г. Состояние искусственного воспроизводства лососей в Приморском крае. Проблемы и перспективы.....
75

Животовский Л. А., Смирнов Б. П. Стратегия воспроизводства лососевых рыб в Сахалинской области
84

Самарский В. Г. Проблемы организации системы воспроизводства тихоокеанских лососевых в Сахалинской области
104

Коряковцев Л. В. Искусственное воспроизводство тихоокеанских лососей на федеральных ЛРЗ Сахалинской области. Проблемные вопросы и пути их решения
107

Макеев С. С. Лососевое браконьерство в зеркале социальной психологии
116

Бугаев А. В., Рудакова С. Л., Растягаева Н. А., Чистякова А. И., Фролов О. В., Ромаденкова Н. Н., Ким О. О. Научное сопровождение мероприятий по искусственному воспроизводству тихоокеанских лососей в Камчатском крае
121

Лапшина А. Е., Животовский Л. А., Самарский В. Г., Зеленников О. В. Перспективы и обоснование искусственного воспроизводства летней кеты в Сахалинской области
135

Шубин А. О., Лисицын Д. В. О причинах катастрофического снижения численности горбуши в Сахалино-Курильском регионе в 2015–2017 годах и роль ее искусственного разведения.....
143

Ефанов В. Н. Экологические аспекты воспроизводства тихоокеанских лососей
157

СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ И ПРОМЫСЛА ГОРБУШИ В МЕСТАХ ЕЕ МАССОВОГО ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

В.ладимир И.ванович Радченко

**Комиссия по анадромным рыбам северной части
Тихого океана (НПАФК), vlrad@npafc.org**

В соответствии с разработанной в конце 1970-х гг. КЦП «Лосось» одной из основных задач искусственного воспроизводства лососей на Дальнем Востоке ставилась стабилизация их уловов в четные (менее продуктивные) и нечетные (более продуктивные) годы. При общем вылове лососей на Дальнем Востоке России в те годы от 61,1 до 99,2 тыс. т считалось, что продукция искусственного воспроизводства до 88 тыс. т ежегодно (*Марковцев, Акулин, 2014*) сгладит различия в вылове смежных лет, что полностью соответствовало целям социалистического планирования экономики.

На лососевых рыбоводных заводах (далее – ЛРЗ) Сахалина отработка и внедрение новой биотехнологии искусственного воспроизводства лососей, а также реконструкция действующих и строительство новых рыбоводных мощностей начались в середине 1980-х гг. Однако ожидавшейся в связи с интенсификацией искусственного воспроизводства стабильности возвратов лососей достичь не удалось. Напротив, как оказалось позднее, в динамике запасов кеты и горбуши в основных районах их воспроизводства стали наблюдаться резкие положительные и отрицательные выбросы, совпадающие по времени с прогрессирующим развитием искусственного разведения этих лососей. На этом фоне наметилось расхождение трендов динамики численности горбуши популяций четных и нечетных лет (*Радченко, 2006*), по-видимому, вследствие их разной реакции на интенсивное искусственное воспроизводство. Тем не менее, споры об эффективности искусственного воспроизводства, особенно в отношении горбуши, продолжаются до настоящего времени (*Каев, 2010; Каев, Игнатьев, 2015*). Актуальность темы достигла максимума в последние годы на фоне резкого снижения величины подходов и уловов горбуши в Сахалинской области.

Целями данной работы являются проследить тенденции запасов горбуши в основных районах ее развитого искусственного воспроизводства, выявить общие тренды динамики численности на фоне воздействующих на нее природных и антропогенных факторов и обосновать меры по управлению запасами горбуши в Сахалино-Курильском регионе.

ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛА

Данные выпусков молоди горбуши с рыбоводных мощностей прибрежных стран взяты из открытой и регулярно пополняемой базы данных Комиссии по анадромным рыбам северной части Тихого океана (НПАФК) (подробное опи-

сание базы данных см.: *Радченко, 2015*). Организация промысла лососей и динамика условий внешней среды характеризуются по литературным данным, а также на основе открытой базы спутниковых данных СахНИРО.

Выпуск молоди лососей с рыбоводных мощностей всеми странами в северной части Тихого океана в последние годы сохраняется на высоком уровне, превышающем 5 млрд шт. в год. Доля кеты в общем количестве выпускаемой молоди составляет около 60% (с тенденцией к увеличению), горбуши – 27,5%. Что касается молоди горбуши, более 65% ее в 2000-е гг. выпускается США, из которых 99,94% – в штате Аляска. Доля России – 23%, Японии – 10%, Канады – чуть более 1%. В основных районах искусственного воспроизводства горбуши в прибрежных странах северной части Тихого океана состояние дел характеризуется следующим образом.

Аляска – средняя Аляска, зал. Принца Уильяма

В настоящее время в штате Аляска работают 28 ЛРЗ, из которых восемь инкубируют икру и выпускают молодь горбуши на регулярной основе. Четыре наиболее крупных из них расположены в зал. Принца Уильяма (согласно действующему в США рыбохозяйственному районированию – на средней Аляске). В 2000–2016 гг. эти ЛРЗ проектной мощностью от 130 до 236 млн шт. каждый суммарно выпускали 590–750, в среднем 665 млн шт. молоди горбуши ежегодно, что составляло от 71,7 до 79,4%, в среднем 74,6% от общей численности выпуска в пределах штата. Два завода работают на острове Кодьяк и полуострове Кенай, входящих в статистический район западной Аляски (14,3–19,2%, в среднем 16,4%), и еще два ЛРЗ, лишь один из которых, по сути, вносит существенный вклад, – на острове Баранова (юго-восточная Аляска): 2,9–11,2%, в среднем 8,8% численности выпускаемой с побережья штата молоди горбуши. Молодь горбуши обычно выпускают после подращивания в садках в морском побережье в течение 2–4 недель, за которые масса тела рыб увеличивается примерно вдвое (*Leon et al., 1985*). Размеры и масса тела молоди к моменту выпуска варьируются в пределах 36,4–52,2 мм и 0,33–1,81 г (*Boldt, Haldorson, 2004*).

ЛРЗ на западной и средней Аляске располагали по единому принципу – вблизи друг от друга и районов промысла, позволяющих изымать горбушу преимущественно искусственно воспроизводимых популяций (далее – «заводскую»), а также вблизи производственных мощностей для обработки улова. В конце 1990-х – начале 2000-х гг. доля улова горбуши, направлявшегося на производство консервов, варьировалась в пределах 70–80%. Затем, в связи с ростом рынка мороженой потрошеной горбуши в КНР, доли улова, направляемого на консервы и реализуемого в мороженом виде, практически сравнялись в 2007 г. Статус-кво соблюдался недолго, и уже в 2011–2012 гг. доля вылова, направляемого на консервы, снизилась до 47 и 34% соответственно (*Knapp, 2013*). Объем экспорта мороженой горбуши вырос с минимальных значений в 2002 г. до более чем 37,5 тыс. т в 2010 г. (*McDowell Group, 2011*), а в 2013 г. с побережья Аляски в Китай экспортировано около 60 тыс. т горбуши и 20 тыс. т кеты. Дальнейший рост экспорта сдерживается заполнением китайского рынка горбушей российского вылова и его постепенной переориентацией на более дорогостоящие виды лососей.

Долю заводской горбуши в вылове в зал. Принца Уильяма в настоящее время определяют в ходе реализации масштабной программы отолитного ме-

чения и сбора меток из промысловых уловов (*Knudsen et al., 2015*). В последние годы отолитному мечению подвергается около 85% выпускаемой молоди горбуши. При такой организации промысла прилов рыбы природных популяций остается стабильным и контролируемым. Доля заводской горбуши в общем вылове в заливе с 1986 г. превысила 50% (*Willette et al., 2001*), а в 2000–2017 гг. составила 85,2% (**рис. 1**). Лишь в недавние годы максимальных возвратов горбуши (2013–2015 гг.) доля горбуши природных популяций увеличивалась до 19,3 и 26,0% общего вылова соответственно. В 2017 г., по предварительным данным, эта доля достигла 41,6% (*Stopha, 2017*). Коэффициент возврата заводской горбуши в 2013 и 2015 гг. оценен в 11 и 13,3%, а средний коэффициент за 1985–2015 гг. составил 5,6%.

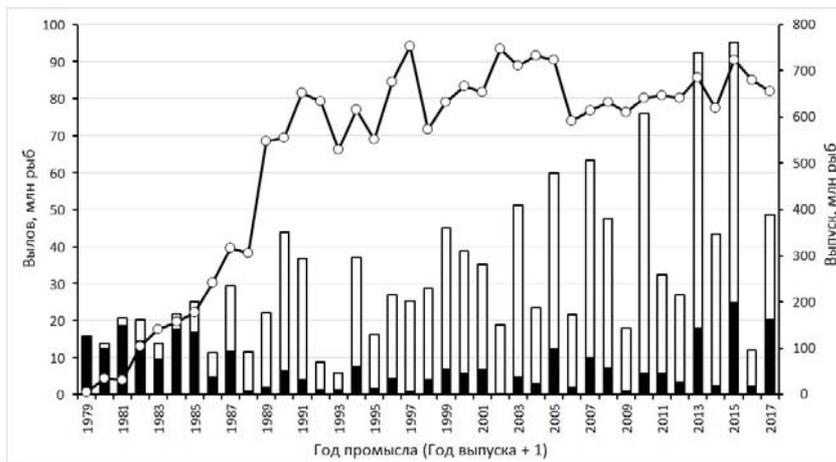


Рис. 1. Доля заводской горбуши (светлая часть столбцов) в промышленном вылове горбуши в зал. Принца Уильяма (Аляска), 1979–2017 гг. График, показывающий количество выпускаемой молоди в пределах средней Аляски, смещен на один год вперед, так что данные выпуска и вылова относятся к одной генерации горбуши

Промысел горбуши в зал. Принца Уильяма ведут кошелековыми неводами с малотоннажных судов. Прилов горбуши иными орудиями лова при промысле других видов лососей составляет десятые доли процента (*Russell et al., 2016*). Наибольшие уловы горбуши в зал. Принца Уильяма достигнуты в нечетные 2013 и 2015 гг. – 92,5 и 95,1 млн рыб соответственно. Для линии четных лет рекордный вылов составил 43,2 млн рыб (46,4 млн рыб – для всей средней Аляски, включая зал. Кука и Бристольский) в 2014 г. Затем произошло резкое снижение численности популяции горбуши четных лет, обеспечившей вылов в 2016 г. всего 12,0 млн рыб. В 2017 г. вылов горбуши линии нечетных лет составил 48,7 млн рыб, при этом численность нерестового подхода оказалась на 25,3% ниже прогнозируемой накануне путины величины (*ADFG, 2017*).

В историческом аспекте программа восстановления запасов горбуши в зал. Принца Уильяма разрабатывалась для поддержания лососевого промысла, практически прекратившегося в 1972–1974 гг. из-за снижения подходов лососей, и производства лососевых консервов, обеспечивающего занятость населения прибрежных поселков. Промысел, искусственное воспроизводство

и переработка горбуши на Аляске до настоящего времени широко пользуются программами государственной поддержки, включая льготное кредитование рыбаков, оказание им финансовой помощи в случае недолова, как в 2016 г., и закупочные интервенции в отношении консервов из горбуши, которые используются для государственных нужд, организации школьного питания, национальных и международных гуманитарных программ.

История восстановления запасов горбуши в зал. Принца Уильяма была бы неполной без упоминания произошедшей здесь в марте 1989 г. крупнейшей аварии нефтеналивного танкера «Экзон Вальдез», приведшей к разливу более 38,5 тыс. т сырой нефти. Первоначально считалось, что смертность икры и ранней молоди горбуши в частях залива, оказавшихся под воздействием разлива нефти, в 1989 г. превысила смертность в условиях без нефтяного загрязнения на 28% (Geiger et al., 1996). Потери численности взрослой горбуши от нефтяного загрязнения оценивались в 2,3 млн рыб за пять лет (1990–1994 гг.) при общей оценке величины подхода природной горбуши в заливе в 144 млн рыб. На вебсайте Доверительного совета по [управлению устранением последствий] разлива нефти (*The Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council*, <http://www.evostc.state.ak.us>) до сих пор изложено мнение о том, что природные запасы и экосистемы нерестовых рек залива полностью восстановились только через десять лет после катастрофы. Тем не менее, повторный анализ собранных данных показал, что прежние оценки потерь горбуши завышены (Brannon et al., 2012). Напротив, выживаемость молоди горбуши в период после ската/выпуска в годы после разлива нефти могла возрасти вследствие существенного сокращения численности рыбоядных птиц (Brannon et al., 2012).

Сложно сказать, действительно ли экосистема зал. Принца Уильяма полностью восстановилась после этого катастрофического события и повлияло ли оно на значимость заводской горбуши в промысле. Разлив нефти в 1989 г. не затронул районы размещения трех из четырех ЛРЗ в отличие от устьев многих нерестовых рек западного и юго-западного побережья залива. Бесспорно одно, масштабные работы по изучению экосистемы (за прошедшие без малого 30 лет Доверительный совет финансировал выполнение 214 научно-исследовательских программ) и восстановлению ее отдельных компонентов создали весомую базу данных для оптимизации управления промыслом и другими видами природопользования в пределах залива.

Северное побережье Хоккайдо – Япония

Искусственное воспроизводство горбуши в Японии имело целью, прежде всего, продлить сроки лососевой путины, а также более равномерно загрузить работой персонал рыбководных предприятий (Saito et al., 2016). Рыбководы Хоккайдо старались отобрать для воспроизводства икру горбуши раннего хода, которую можно после инкубации выпустить перед выпуском молоди кеты и которая возвращается в прибрежье в августе, когда промысел кеты еще не начинается. Горбушу, возвращавшуюся к забойкам ЛРЗ в сентябре, вылавливали, но для целей искусственного воспроизводства не использовали. Это привело к постепенному смещению сроков миграции горбуши в прибрежье Хоккайдо примерно на полмесяца раньше, по сравнению с 1980–1990-ми гг. (Saito et al., 2016).

ЛРЗ, воспроизводящие горбушу, в основном расположены на охотоморском побережье Хоккайдо (Morita et al., 2006a). Количество таких заводов и числен-

ность выпускаемой молоди существенно возросли с середины 1970-х гг. (*Hiroi, 1998*). К 1986 г. численность выпускаемой молоди горбуши достигла 150 млн рыб, после чего выпуски стали централизованно регулировать на уровне 120–150 млн рыб в год. Молодь горбуши выпускают в 42 реки острова, в основном впадающие в южную часть Охотского моря, в меньшей мере – в Кунаширский и Южно-Курильский проливы (обе акватории тоже входят в состав Охотского моря), а также в сопредельные воды Тихого океана. По данным Департамента рыболовства Министерства сельского, лесного и рыбного хозяйства Японии, отбор икры в целях искусственного воспроизводства в основном производится в реках восточной и центральной части охотоморского побережья Хоккайдо: соответственно 31,9–52,4%, в среднем 42,1%, и 15,3–28,0%, в среднем 20,8% от общего количества в 1997–2013 гг. (<http://salmon.fra.affrc.go.jp/zousyoku/river/river.htm>). Вместе с западной частью побережья Охотского моря (9,4–17,0%, в среднем 10,6%) в этих трех подрайонах собиралось от 66,2 до 89,2%, в среднем 73,4% всей горбушовой икры, закладываемой на ЛРЗ Хоккайдо. На полуострове Немуро собирали от 10,8 до 32,2%, в среднем 24,2% икры горбуши. Впрочем, в последние годы значимость южной части полуострова Немуро заметно снижается: с 15,4–16,2% в 1990-е гг. до 1,2–1,4% в 2012–2013 гг. На тихоокеанском побережье с 2012 г. икру горбуши из-за слабых подходов не собирали вообще, а в трех наиболее южных реках полуострова Немуро сбор икры прекращен с 2014 г. (*Saito et al., 2016*).

Выпуск молоди горбуши на Хоккайдо производится с марта по май. Согласно нормативам, выпускают мальков длиной 33–35 мм и массой 0,22–0,27 г. Впрочем, значительную часть молоди подкармливают, и такие мальки ко времени выпуска имеют длину тела 37–42 мм и массу 0,32–0,46 г (*Запорожец, Запорожец, 2011; Tojima et al., 2017*). Для адаптации молоди лососей к морской среде и уменьшения пресса хищничества в первые дни после ската практикуется выдерживание части выпускаемой молоди горбуши в садках в морском прибрежье (*Nagata et al., 2012*).

Промысел горбуши на о. Хоккайдо ведут в прибрежье с конца июля по начало октября малыми ставными неводами, называемыми в англоязычной литературе «стационарными сетными ловушками» (stationary net trap), имеющими меньшие размеры, чем невода для промысла кеты (*Morita et al., 2006a*). Горбуша также прилавливается при сетном дрейферном промысле за пределами прибрежной зоны, но основу этого прилова составляет рыба российского происхождения (*Nagasawa, 2011*, цит. по: *Ohnuki et al., 2015*). Количество выставляемых ловушек остается довольно постоянным с конца 1960-х гг. – в пределах между 1 400 и 1 800 ед. (*Morita et al., 2006a; Nagata et al., 2012*), хотя число рыбацких организаций, занятых этим ловом, после 2010 г. сократилось примерно в 1,5 раза (*Saito et al., 2016*).

Несмотря на стабильный уровень выпуска горбуши и небольшие изменения в количестве выставляемых орудий лова, величина вылова горбуши на Хоккайдо варьируется значительно. С начала 1980-х гг. вылов стабильно рос на фоне увеличивающихся объемов выпуска молоди, достигнув в 1994 и 1996 гг. уровня в 15,1 и 15,9 млн рыб соответственно. Общий подход горбуши к японскому побережью в 1994 г. оценен в 20 млн рыб (*Kaeriyama, 1999*). В начале 2000-х гг. линия горбуши четных лет неожиданно утратила лидирующие позиции, и с 2005 г. вылов в нечетные годы устойчиво превысил показатели смежных лет. Популяции нечетных лет обеспечили максимальный вылов гор-

буши в 14,5 млн рыб в 2007 г. Затем подходы обеих линий существенно снизились, и после 2010 г. вылов горбуши на Хоккайдо резко сократился с более 10 млн рыб до 1,5–3 млн рыб. Исключением, как и в зал. Принца Уильяма, стал 2016 г., но здесь, напротив, возврат горбуши оказался неожиданно высоким, обеспечив вылов 9,0 млн рыб (рис. 2). Величины вылова здесь даны без учета численности производителей, вылавливаемых в реках для целей искусственного воспроизводства, которая составляла от 5 до 17%, в среднем 11% общего вылова в штуках в 1989–2014 гг. (Saito et al., 2016).

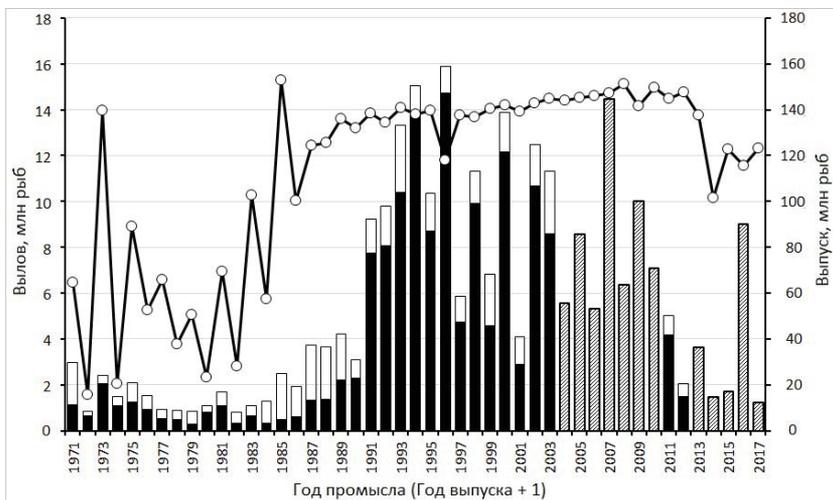


Рис. 2. Доля заводской горбуши (светлая часть столбцов) в промышленном вылове горбуши на Хоккайдо (по: Morita et al., 2006a; Ohnuki et al., 2015), 1971–2017 гг. Для лет, вылов в которые обозначен серыми столбцами, разделение не производилось. График, показывающий количество выпускаемой молоди с побережья Хоккайдо, смещен на один год вперед, так что данные выпуска и вылова относятся к одной генерации горбуши

До середины 2000-х гг. рост подходов и вылова горбуши на Хоккайдо относили к успехам ее искусственного разведения. В 1996 г. на первом международном симпозиуме НПАФК в г. Саппоро О. Хирои заключил, что коэффициент возврата заводской горбуши на Хоккайдо с конца 1980-х гг. стабилизировался на уровне 5%, достигнув 12% при пиковом подходе в 1994 г. (Hiroi, 1998). По мнению М. Кериямы, коэффициент возврата варьировался в пределах 1–3% в 1981–1988 гг., затем вырос до 6–7% в конце 1980-х – начале 1990-х гг. с достижением пиковых значений более 12 и 16% в 1994 и 1996 гг. (Kaeriyama, 1999). Столь высокие, фактически нереальные оценки возврата горбуши не могли не привлечь внимания других исследователей. К тому же уже во второй половине 1990-х гг., несмотря на постоянное количество ежегодно выпускаемой с ЛРЗ молоди, у горбуши побережья Хоккайдо проявилась двухлетняя цикличность в динамике численности подходов (Радченко, 2001). На вопрос об учете природного нереста кеты и горбуши в базовых реках ЛРЗ японские коллеги в 1997 г. отвечали, что такой учет не ведется и статистика пропуска горбуши и кеты на естественные нерестилища отсутствует.

Менее чем через десять лет К. Морита опубликовал несколько работ, коренным образом меняющих взгляд на вклад заводской горбуши в общую числен-

ность вида на о. Хоккайдо. Согласно его оценкам, вклад горбуши, выпущенной с ЛРЗ, в общий вылов составлял в 1971–2003 гг. 35,4–41,7%, а в 1994–2003 гг. лишь 17,5–22,6% (*Morita et al., 2006a, б*). Основную же часть возврата с начала 1990-х гг. обеспечивали рыбы, преодолевшие рыбоводные заграждения и сформировавшие природные популяции в реках Хоккайдо. Как оказалось, имеются отдельные наблюдения за пропуском лососей на нерест в реки, опубликованные на японском языке, согласно которым пропуск горбуши в базовые реки ЛРЗ еще в 1960-е гг. мог достигать 200 тыс. рыб (*Morita et al., 2006б*). К. Морита привел весомый аргумент в пользу определяющего вклада в общий вылов горбуши природных популяций, указав на невысокий процент в уловах рыб, несущих отолитную метку (*Nagata et al., 2012; Ohnuki et al., 2015*). Значимость природных популяций признана ввиду отсутствия корреляции между численностью выпускаемой молодежи и возвратом взрослых рыб (*Saito et al., 2016*), а также показана в эксперименте с маркированием мальков заводской горбуши – в отдельных реках свыше 90% (*Torao et al., 2011*).

Принимая оценки Мориты, можно рассчитать, что коэффициент возврата горбуши с японских ЛРЗ составлял в 1994–2012 гг. всего лишь около 1,3%. В японской литературе имеются еще более низкие оценки возврата заводской горбуши в отдельные базовые реки ЛРЗ – 0,05–0,35% (*Fujiwara, 2011*, цит. по: *Saito et al., 2016*). Кардинально изменилась оценка экономической эффективности искусственного воспроизводства горбуши на Хоккайдо. В середине 1990-х гг. считали, что вылов заводской горбуши приносит национальному рыболовству 50–90 млрд иен при затратах ЛРЗ порядка 10–14 млрд иен (*Hiroi, 1998*). Согласно последним оценкам (*Ohnuki et al., 2015*), экономический эффект от выпусков горбуши, вернувшейся на Хоккайдо в 2011 и 2012 гг., составил 0,22 и 0,15 иены на одного выпущенного малька, что в целом за год равняется 0,31 и 0,22 млрд иен.

В одной из недавних работ М. Керияма рекомендует максимально разделить природные популяции и искусственное воспроизводство горбуши (*Kaeriyama, Qin, 2014*), то есть перенять опыт рыбоводов Аляски. Впрочем, подобное вряд ли возможно при наблюдаемом уровне стрейнга горбуши в пределах открытого охотоморского побережья, вблизи которого мигрируют и другие региональные группировки горбуши. При столь невысоких оценках экономической эффективности искусственного воспроизводства следует ожидать серьезной ревизии подходов в области управления воспроизводством и промыслом горбуши на Хоккайдо.

Побережье Британской Колумбии – Канада

В Британской Колумбии программа искусственного воспроизводства лососей (the Salmonid Enhancement Program, или SEP) принята в 1977 г. С тех пор правительство выделило более 1 млрд долларов на обеспечение функционирования 23 государственных ЛРЗ под управлением Департамента рыболовства и океанов (ДФО), искусственных нерестовых каналов и финансирования около 300 мелких проектов по воспроизводству лососей, реализуемых как прибрежными общинами, так и общественными организациями. Структура рыбоводства лососевидных рыб в Британской Колумбии в общих чертах описана в работе специалистов КамчатНИРО (*Запорожец, Запорожец, 2011*).

Целями SEP объявлены как расширение возможностей для рыболовства, в том числе спортивного и потребительского, так и восстановление подорван-

ных запасов лососей и мест их обитания с целью обеспечения стабильного состояния популяций и зависящих от них экосистем, а также совместная работа с прибрежными общинами, включая общины коренных народов. В последние годы наметилось смещение целей от увеличения продуктивности горбуши в сторону сохранения запасов и восстановления популяций (*Grant, Pestal, 2009; Spilsted, Pestal, 2009; Van Will et al., 2009*). Горбуша, ввиду меньшего промыслового интереса к этому лососю, играет в программе воспроизводства подчиненную роль. Доля выпуска молоди горбуши от молоди всех видов с момента реализации программы в 1977 г. составила лишь 5,3%. В четные годы эта доля повышается до 7,8%, а в нечетные снижается до 2,8%. В абсолютных величинах с тихоокеанского побережья Канады в текущем столетии молоди горбуши выпускали 10,9–25,6, в среднем 20,1 млн рыб в четные и 8,4–14,9, в среднем 13,0 млн рыб в нечетные годы. Самые низкие показатели выпуска отмечены в последние годы – в 2015 и 2016 гг.

Два основных ЛРЗ, воспроизводящих горбушу в Британской Колумбии, расположены на восточном побережье о. Ванкувер, еще один – севернее, в районе г. Порт-Харди. Здесь же реализуется множество проектов по искусственному воспроизводству горбуши, в том числе и в нерестовых каналах, обеспечивающих выпуск до 3,55 млн мальков в год (*MacKinlay et al., 2004*). Для большинства общественных проектов икру собирают на крупных ЛРЗ. В северной части материкового побережья провинции нерестовые каналы для горбуши имеются в бассейнах двух рек, других рыбоводных мощностей нет (*Spilsted, Pestal, 2009*). Два небольших ЛРЗ расположены на южном материковом побережье Британской Колумбии, ряд общественных проектов с выпуском молоди горбуши около 1,5 млн рыб в 2002 г. реализуются в нижнем течении крупнейшей в провинции реки Фрейзер (*MacKinlay et al., 2004*). В бассейне р. Фрейзер и прилегающем южном побережье воспроизводится только горбуша линии нечетных лет.

Исходя из представлений о том, что молодь горбуши мигрирует в морское побережье сразу после подъема на плав, а также, по-видимому, вследствие невысокой рыночной стоимости горбуши в Канаде, молодь с заводов в основном выпускали без подкармливания (*MacKinlay et al., 2004*). Масса выпускаемой молоди в цитируемой работе указана в 0,1 г, но это приблизительная оценка. В 2002 г. в качестве эксперимента один из ЛРЗ выдерживал около 3 млн молоди горбуши в садках в эстуарии реки Кемпбел (*неопубликованные материалы ЛРЗ “Puntledge River”, 2002*). В 2007 г. такой подход был одобрен регулирующими органами провинции, и садки для подращивания молоди установлены в нескольких бухтах пролива Джорджия (*Van Will et al., 2009*).

Промысел горбуши в Британской Колумбии ведется в морском прибрежье кошельковыми неводами с малотоннажных судов, жаберными сетями, а в реках – «рыбными колесами» и также сетями. Часть горбуши (1,6–3,0 млн рыб в 1990-е и 350–850 тыс. рыб в 2000-е нечетные годы) добывалась американскими рыбаками в рамках действующего соглашения. С 2001 г. промысел в Канаде в основном ведут общины коренных народов, населяющих данный район побережья. Часть горбуши вылавливается при троллинговом лове других видов лососей. Улов частично реализуется в свежем и замороженном виде, но большая его часть направляется на выпуск консервов, имеющих традиционные рынки сбыта в Великобритании и Австралии. Включая последний значимый подход горбуши линии нечетных лет в 2013 г., ее ежегодный вылов

в текущем столетии варьировался в пределах 6,8–12,2 млн рыб (рис. 3). После этого, как и для линии четных лет с начала 1990-х гг., промыслом осваиваются символические величины.

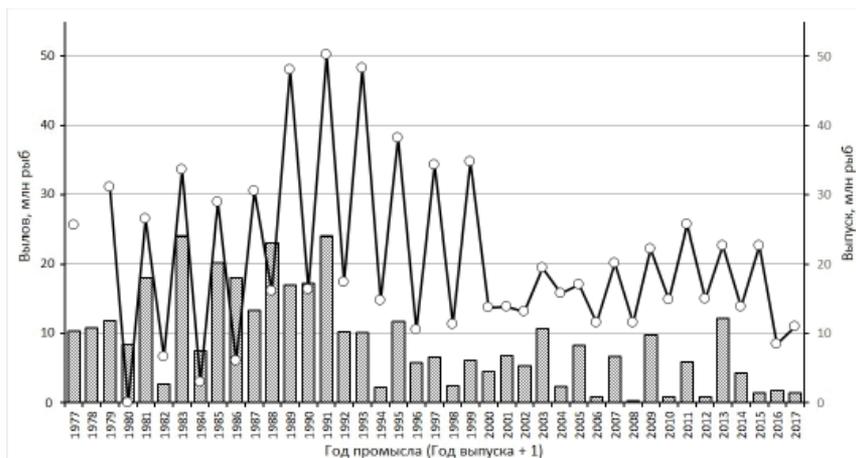


Рис. 3. Промысловый вылов и выпуск молоди горбуши в Британской Колумбии (Канада), 1977–2017 гг. График, показывающий количество выпускаемой молоди в пределах провинции, смещен на один год вперед, так что данные выпуска и вылова относятся к одной генерации горбуши

Отолитное маркирование горбуши на ЛРЗ Британской Колумбии производится не каждый год. По данным НПАФК, его проводили в 2011, 2015 и 2016 гг. в объемах от 200 до 900 тыс. рыб, поэтому данные о возврате заводской горбуши недоступны. Возвраты горбуши в базовые реки ЛРЗ на восточном побережье острова Ванкувер, как правило, обеспечивают хорошие возможности для рыболовов-любителей, в то время как в южных районах материкового побережья положительный вклад искусственного воспроизводства после 2013 г. не очевиден. Расчетные показатели возврата горбуши от количества выпускаемой молоди для ЛРЗ восточного побережья острова Ванкувер варьируются в пределах 0,96–3,5% (*Van Will et al., 2009*). Для бассейна реки Фрейзер вклад ЛРЗ в общий возврат горбуши оценивается менее 5% (*Grant, Pestal, 2009*).

Промысловая статистика не показательна для оценки численности подходов горбуши к побережью Британской Колумбии. Так, в реке Фрейзер доля вылова горбуши от общей численности ее подхода с 1970-х гг. последовательно снижалась со средней величины в 74 до 64% в 1980-е гг., 38% в 1990-е гг. и только 6% в 2001–2007 гг. (*Grant, Pestal, 2009*). В 2009 и 2011 гг. эта доля несколько возросла, но не превысила 25 и 38% (*Irvine et al., 2014*). Коэффициент корреляции между оценками подхода горбуши в бассейн р. Фрейзер и величиной ее вылова здесь в нечетные 1985–2009 гг. (r) равен 0,37 (к примеру, для зал. Анива в 1971–2004 гг. эта величина составляет 0,99). В других районах побережья Британской Колумбии степень освоения подходов горбуши остается еще более низкой (*Irvine et al., 2014*).

Причиной недоосвоения подходов горбуши являлись как слабая заинтересованность рыбацких общин в ресурсах этого лосося вследствие низких закупочных цен и ограниченных возможностей переработки улова (*Grant,*

Pestal, 2009), так и противоречивые рекомендации по его управлению. С одной стороны, промысел горбуши ограничивали с целью сохранения запасов нерки позднего хода и стальноголовой форели, а с другой – рекомендовалось усилить промысловую нагрузку на горбушу, так как ее многочисленная в четные годы молодь могла конкурировать за кормовые ресурсы со скатившейся молодью нерки в проливе Джорджия (*Beamish et al., 2010*). Средние размеры горбуши обеих репродуктивных линий в 2000-е гг. существенно уменьшились (*Irvine et al., 2014*), что также уменьшило привлекательность ее промысла. В последнее время, после 2013 г., рыбацкие общины лишены стимула развивать промысел из-за слабых подходов горбуши на большей части побережья Британской Колумбии.

Восточное побережье о. Сахалин – Россия

На восточном побережье Сахалина в настоящее время функционируют 25 рыбоводных заводов и два капитальных питомника. Основной вклад в искусственное воспроизводство горбуши вносят семь наиболее крупных ЛРЗ, еще несколько частных рыбоводных заводов выпускают до 5 млн шт. молоди горбуши ежегодно. В целом, численность выпуска молоди горбуши с восточного побережья Сахалина варьировалась в пределах от 120 до 250 млн рыб в 1990–2000-е гг. Около 60% выпуска приходилось на зал. Анива, остальное – на юго-восточное побережье Сахалина. Молодь горбуши с ЛРЗ Сахалина выпускают обычно без подкормки либо после краткосрочного кормления массой 0,2–0,35 г (*Запорожец, Запорожец, 2011*).

Основным орудием промысла горбуши на восточном побережье Сахалина был и остается ставной невод. В 1980-е гг. количество выставяемых ставных неводов на всем побережье Сахалина, в зависимости от промысловых ожиданий, составляло от 90 до 250 единиц. С ростом подходов горбуши количество выставяемых неводов кратно возросло: от 297 до 428 ед. в 1990-е гг., от 275 до 533 ед. в 2001–2010 гг., от 546 до 913 ед. в 2011–2017 гг. (*Лисицын, 2014*). Кроме того, в пределах рыбопромысловых участков с 2013 г. дополнительно разрешен промысел ставными жаберными сетями. Дополнительным промысловым прессом на запасы горбуши на восточном побережье Сахалина стало масштабное применение с 2009 г. в качестве орудий лова рыбоучетных заграждений и рыбопропускных устройств (РУЗ/РПУ), до этого времени применявшихся только на базовых реках ЛРЗ. В морском прибрежье и эстуариях нерестовых рек промысловые бригады часто добывают горбушу закидными неводами, особенно в периоды штормовой погоды, мешающей навигации флота, обслуживающего невода. С 2011 г. на Сахалине создаются рыбопромысловые участки в нерестовых реках, несмотря на неоднозначную оценку такой меры регулирования промысла как учеными, так и рыбаками. За 2011–2014 гг. в Сахалинской области учреждены и распределены среди пользователей 49 рыбопромысловых участков в островных реках (*Лисицын, 2014*).

Отметим, что еще в 1990-е гг. вылов горбуши на Сахалине зависел от выставления на приемку улова перерабатывающего флота. В отдельные годы массовых подходов горбуши это обстоятельство сдерживало промысел и существенно сказывалось на его итоговых результатах (например, в 1989 г.). Но в конце 1990-х – начале 2000-х гг. на Сахалине построены и реконструированы десятки рыбоперерабатывающих комбинатов и цехов, способных сегодня обеспечить переработку всего улова горбушовой путины на берегу.

С конца 1980-х гг. вылов горбуши на восточном побережье Сахалина заметно вырос, достигнув максимума в 155,5 млн рыб для линии нечетных лет в 2009 г. Вылов горбуши линии четных лет в этот период в основном не превышал 25 млн экз., затем скачкообразно вырос до 69,7 млн рыб в 2006 г. и «закрепился» на уровне 42,6–56,5 млн рыб в последние пять четных лет. После 2009 г. численность подходов и вылов горбуши в нечетные годы начали резко снижаться, несмотря на наращивание промысловых усилий. В 2017 г. результат горбушовой путины на восточном побережье Сахалина едва превысил 8,5 млн рыб. Вылов горбуши в четные годы также снижается, но более плавно (рис. 4).

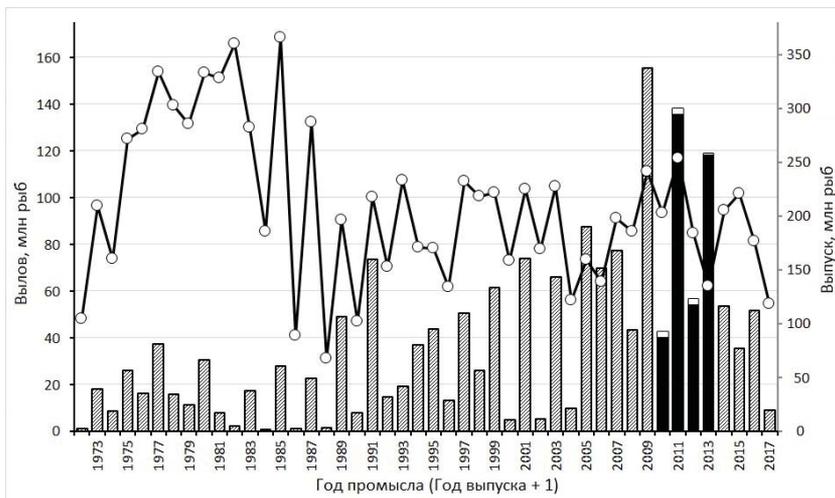


Рис. 4. Доля заводской горбуши (светлая часть столбцов) в промышленном вылове горбуши на восточном побережье Сахалина (по: Стекольников, 2015, пояснения в тексте), 1971–2017 гг. Для лет, вылов в которые обозначен серыми столбцами, разделение не производилось. График, показывающий количество выпускаемой молоди горбуши, смещен на один год вперед, так что данные выпуска и вылова относятся к одной генерации

Как и на Хоккайдо, ряд специалистов в годы роста численности подходов объясняли его успехами искусственного воспроизводства горбуши (см. обзор в работе Каев, Игнатъев, 2015). Максимально оптимистическая оценка вклада заводской горбуши в ее общий вылов достигала 33% (Белоусов и др., 2002), при этом коэффициент возврата молоди в 2001 г., о котором идет речь в статье, должен был составить 14,6%. Понятно, что столь большие величины в большей мере отражали несовершенство методики оценки и/или некорректность сделанных авторами допущений. Исследования связи величины возвратов горбуши с объемами ската покатников с природных нерестилищ и выпусков молоди с ЛРЗ позволили констатировать, что изменения уловов в большей мере определялись изменением продуктивности природных нерестилищ, чем работой ЛРЗ (Каев, Игнатъев, 2015).

С 2008 г. на сахалинских ЛРЗ, выпускающих молодь в реки зал. Анива, начато масштабное отолитное маркирование горбуши, что позволило начиная с 2010 г. получить этим методом первые данные о возвратах заводской молоди. Оценка возврата в зал. Анива заводской горбуши, выпущенной с двух

основных ЛРЗ, в 2010–2013 гг. составила от 8,1 до 14,7% (*Стекольниковская, 2015*). С учетом работы двух других ЛРЗ, стрейнга и перехватывающего промысла горбуши вдоль юго-восточного побережья о. Сахалин (*Антонов и др., 2014*), можно предположительно увеличить долю заводской горбуши в возврате в зал. Анива до 12–21%. Вылов в зал. Анива в эти годы составлял 17,8% (2010 г.), 5,0% (2011 г.), 11,2% (2012 г.) и 1,2% (2013 г.) от общего вылова на восточном побережье Сахалина. Если допустить, что ЛРЗ юго-востока Сахалина работали в части искусственного воспроизводства горбуши столь же успешно, как и ЛРЗ зал. Анива, доля заводской горбуши в уловах сахалинских рыбаков на восточном побережье острова в эти годы варьировалась в пределах от 0,2% (2013 г.) до 5% (2010 г.), в среднем за четыре года – 2,6%.

Коэффициенты возврата заводской горбуши в зал. Анива в 2010–2013 гг. оценены в 0,3–2,8%, в то время как в базовые реки ЛРЗ возвращалось от 0,1 до 1,0% выпущенных рыб. С учетом стрейнга и результатов перехватывающего промысла горбуши вдоль юго-восточного побережья острова коэффициенты возврата увеличены до 1,0–6,4% (*Стекольниковская, 2015*). К сожалению, коэффициенты примененной для расчетов регрессионной модели в работе не приведены, что не позволяет судить о достоверности экстраполяций. По оценкам СахНИРО, объемы выпуска молоди горбуши с ЛРЗ восточного побережья Сахалина и Курильских островов в 1999–2009 гг. составляли от 6% до 14%, в среднем 9% от общего ската. С учетом того, что, по данным отолитного маркирования, выживаемость заводской молоди оказалась в среднем в 3,5 раза ниже природной (*Стекольниковская, 2015*), расчеты доли заводской горбуши в уловах по доле в общей численности ската дают нам сходную оценку в 2,6%. Следует отметить, что оценки ската природной молоди также получены методом экстраполяции данных из контрольных рек на значительно более обширную площадь природных нерестилищ (*Радченко, 2001*).

В последние три года выпуск молоди горбуши с ЛРЗ Сахалина постепенно снижается, что связано с массовой переориентацией рыболовных мощностей на искусственное воспроизводство кеты, даже в тех местах, где условия для разведения этого лосося не оптимальны (*Каев, Игнатьев, 2015*).

о. Итуруп – Южные Курилы, Россия

Искусственное воспроизводство горбуши на о. Итуруп также имеет давнюю историю (*Смирнов и др., 2006*). В 1979–1984 гг. объемы выпуска молоди горбуши здесь превышали 200 млн рыб в год, но ожидаемого роста уловов лосося, за исключением 30,2 млн рыб в 1985 г. (в год наиболее крупного «провала» горбушовой путины на западной Камчатке), не произошло. Высказывалось предположение о превышении приемной емкости прибрежных заливов и бухт при выпуске слишком большого количества молоди (*Смирнов и др., 2006*). Корректировка планов выпуска и последовавшая перестройка народного хозяйства страны привели к резкому снижению численности выпускаемой молоди – до 65,8–76,4 млн рыб во второй половине 1990-х гг. В новых условиях хозяйствования переданные в аренду два крупнейших ЛРЗ в полной мере возобновили свою работу, в результате чего в 2002–2014 гг. с побережья о. Итуруп выпускалось в среднем 119 млн шт. молоди горбуши. Общее же количество ЛРЗ на о. Итуруп с 2005 по 2016 г. увеличилось более чем вдвое – с шести до 13 единиц. Из них молодь горбуши выпускали четыре-пять ЛРЗ.

Выпускают молодь с ЛРЗ о. Итуруп в первой половине июня, ориентируясь на температуру воды в морском побережье и динамику ската природной молоди горбуши. В последние годы практикуется кормление молоди перед выпуском продолжительностью до двух месяцев. В результате кормления средняя масса молоди горбуши увеличивалась с 0,2–0,3 до 0,35–0,5 г в 2013–2015 гг. (Бойко, 2014; Лаврик, 2016).

Вылов горбуши на Курильских островах между тем оставался довольно стабильным: в четные 1994–2004 гг. вылавливали 21,9–28,7 млн рыб, в нечетные 1995–2003 гг. – 10,8–17,8 млн рыб. В указанные годы 85–94% этого количества добывалось на о. Итуруп. Затем вылов горбуши достиг максимума в два смежных года (2006 и 2007 гг.) на уровне 32,6–32,7 млн рыб, после чего подходы и уловы стали сокращаться – резко для генеративной линии нечетных и более плавно для линии четных лет (рис. 5). Слабые возвраты после урожайных лет в середине прошлого десятилетия привели к тому, что объемы выпуска молоди горбуши стали снижаться. Почти все вновь введенные рыбодонные мощности ориентированы на воспроизводство кеты, происходит перепрофилирование и тех мощностей, на которых ранее разводили горбушу (в частности Рейдового ЛРЗ). В итоге объем выпуска молоди горбуши в 2016 г. (66,2 млн рыб) снизился до уровня второй половины 1990-х гг.

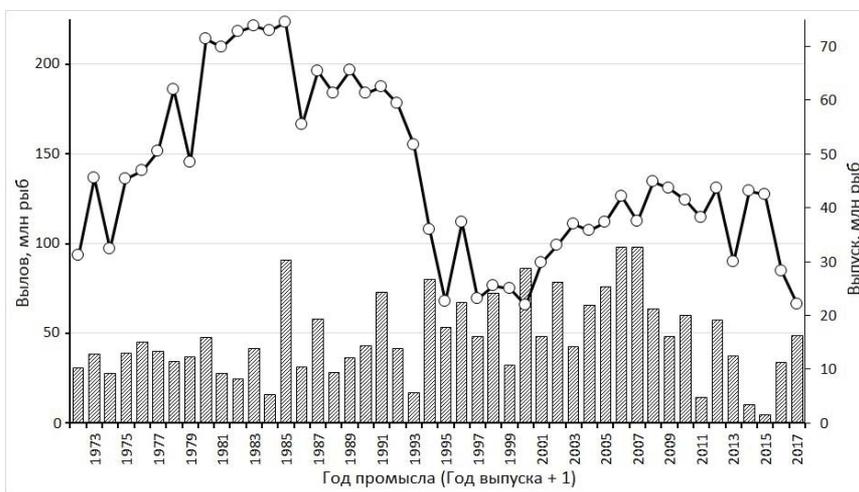


Рис. 5. Промышленный вылов и выпуск молоди горбуши на о. Итуруп (Россия), 1972–2017 гг. График, показывающий количество выпускаемой молоди с побережья острова, смещен на один год вперед, так что данные выпуска и вылова относятся к одной генерации горбуши

Промысел на о. Итуруп ведется ставными, в меньшей степени закидными неводами. В 2000-е гг. на острове выставилось около 100 ставных неводов. Переработка улова осуществляется как на береговых мощностях, так и на приемных перерабатывающих судах. В сентябре 2009 г. промысел горбуши и кеты о. Итуруп получил сертификат Морского Попечительского Совета (MSC).

С 2009 г. на Курильском и Рейдовом ЛРЗ о. Итуруп начат выпуск молоди лососей с метками на отолитах. Объем выпуска молоди горбуши в 2009 г. составил 50 млн рыб, в 2010 г. – 91 млн, в 2011 г. – 115 млн рыб (данные

Е. Г. Акиничевой, СахНИРО). В меньших объемах отолитное маркирование горбуши продолжалось до 2015 г., когда на Курильском ЛРЗ было маркировано 26,5 млн рыб (*Akinicheva et al., 2016*). К сожалению, данные о возврате маркированной горбуши к о. Итуруп остаются неопубликованными. По данным СахНИРО, в 2010 г. при возврате первого выпуска маркированной молоди горбуши в прибрежье и базовой реке Курильского ЛРЗ были собраны отолиты 19 маркированных рыб из 439 исследованных особей. Эти предварительные оценки (доля 4,3% в возврате в окрестности базовой реки) несколько выше полученных для молоди, выпущенной с ЛРЗ зал. Анива. Маркированная молодь горбуши отмечена в траловых уловах в Охотском море в ходе осенних траловых съемок ТИНРО-Центра. Так, в 2014 г. из 1 023 исследованных особей горбуши 15 имели термическую метку на отолитах, в том числе семь рыб были выпущены с ЛРЗ о. Итуруп (*Чистякова и др., 2015*).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании приведенных данных можно заключить, что задача создания «искусственного запаса» горбуши, обеспечивающего относительно стабильную промышленную эксплуатацию, в какой-то степени решена только в одном из рассматриваемых регионов – в зал. Принца Уильяма. Впрочем, еще в начале 2000-х гг. результаты искусственного воспроизводства здесь не воспринимались столь однозначно. Высказывалась точка зрения, что искусственное разведение горбуши оказывает негативное воздействие на естественное воспроизводство, а возвраты заводской горбуши, по сути, замещают собой потенциальный рост продукции природных запасов, так как экологическая емкость залива ограничена. В качестве аргумента приводили данные о вылове горбуши в трех соседних промысловых районах – на о. Кадьяк, южном побережье Аляскинского полуострова и юго-восточной Аляске, где уловы также пропорционально возросли. Кроме того, было показано снижение, на фоне роста выпуска заводской молоди, отношения численности возврата горбуши к численности пропуска на нерестилища родительского поколения (*Hilborn, Eggers, 2000, 2001*).

Критики данного мнения подчеркивали, что в 1990-е гг. численность горбуши в зал. Принца Уильяма достигла значительно более высоких значений, чем во время предыдущего периода роста запасов в 1930–1940-е гг. (*Wertheimer et al., 2001*). Отмечено, что, несмотря на снижение соотношения численности возврата и пропуска родительского поколения, в заливе оно остается наиболее высоким по отношению к трем другим районам промысла. Снижение же численности пропуска отнесено к совершенствованию управления промыслом, которое позволяет удерживать пропуск на оптимальном уровне, не допуская превышения целевого норматива, часто наблюдавшегося в прежние годы. Трофологические и биоэнергетические исследования молоди горбуши не обнаружили напряженной пищевой конкуренции в зал. Принца Уильяма (*Boldt, Haldorson, 2002*), а содержание энергии в теле молоди в большей мере зависело от условий локальных участков акватории залива, чем от ее происхождения (*Boldt, Haldorson, 2004*). В последующие годы наиболее весомым аргументом в пользу получения существенного дополнительного вылова горбуши за счет искусственного воспроизводства стали результаты отолитного мечения.

Залогом успеха реализации программы искусственного воспроизводства горбуши на средней Аляске, и в частности в зал. Принца Уильяма, по-види-

тому, стало благоприятное стечение обстоятельств, включая формирование условий среды, поддерживающих выживаемость лососей на высоком уровне. Как отмечено выше, в указанный период наблюдалось увеличение горбуши и природных запасов. Для 1991–2017 гг. коэффициент корреляции вылова заводской горбуши и горбуши природного происхождения в зал. Принца Уильяма оказался достаточно высок ($r=0,68$), в сравнении с общим выловом горбуши на побережье Аляски $r=0,70$.

Считается, что жизнеспособность и, соответственно, выживаемость заводской молоди как горбуши (*Стекольниковская, 2015*), так и других видов лососей – кеты (*Запорожец, Запорожец, 2017*) и кижуча (*Labelle et al., 1997; Beetz, 2009*) значительно (в разы) ниже, чем выживаемость молоди, скатывающейся с естественных нерестилищ. Подобное объяснялось более низким генетическим разнообразием заводской молоди в результате селективного отбора, инбридинга и накоплением «вредных» мутаций, носители которых погибли бы в дикой природе на ранних стадиях (*Araki et al., 2008*), и, как следствие, более низкими адаптационными способностями. Попытки обнаружить наиболее важные локусы, ответственные за снижение адаптационных способностей заводской молоди, привели к открытию эпигенетического ре-программирования, возникающего вследствие содержания заводской молоди лососей в однородной технической среде ЛРЗ, кормления искусственным кормом, отличным от имеющегося в природе, и т. п. (*Le Luyer et al., 2017*). Эпигенетические модификации, возникающие при заводском содержании молоди, могут объяснить снижение ее жизнеспособности. Возможно, одним из таких эпигенетических изменений является более частая (в 4–5 раз) трансформация структуры отолитов у заводских особей кижуча, эффект которой в настоящее время не выяснен (*Sweeting et al., 2004*). Имеются и другие причины меньшей выживаемости заводской молоди лососей. Так, через три года после начала работы новых рыбоводных мощностей выживаемость выпускаемой молоди кижуча в проливе Джорджия заметно снижалась, что оказалось связано с поведенческой реакцией хищных рыб, концентрирующихся в местах выпуска мальков (*Beamish et al., 1992; Nickelson, 2003*).

Положение дел в зал. Принца Уильяма отличается от большинства ситуаций, исследованных в работах, посвященных взаимодействию природных и заводских популяций лососей, поскольку здесь количество заводской молоди в разы превышает количество покатников с естественных нерестилищ (*Cross et al., 2008*). И хотя молодь с природных нерестилищ растет быстрее, догоняя в период нагула в заливе молодь, выпущенную с ЛРЗ, ее расчетные коэффициенты возврата (4,7–6,2%) оказываются такими же или даже несколько ниже, чем 5,6%, характерные для заводской горбуши.

Бесспорно, молодь горбуши, скатывающаяся с природных нерестилищ, более разнокачественная, чем выращенная в стандартных условиях заводская молодь. Об этом говорят данные о проценте мальков, скатывающихся с остатками желточного мешка, а также больший, чем у заводской молоди, размах размерных и весовых характеристик (*Карпенко, 1998; Шунтов, Темных, 2008*). Учитывая этот факт и отталкиваясь от подтвержденных данными представлений о меньшей в среднем жизнеспособности заводской молоди, рассмотрим ситуацию с ее выживаемостью в зависимости от благоприятности условий обитания на схеме (**рис. 6**). Допустим, что условия, с которыми молодь лососей столкнется в ранний морской период жизни, окажутся бла-

гоприятными, и молодь с адаптивностью от 20% от максимальной величины и выше сможет выжить. В этот интервал в том числе попадет вся заводская молодь, что резко увеличит общую численность возврата. При неблагоприятных условиях, когда вся молодь с адаптивностью менее 50% от максимальной будет элиминирована, в составе условного «неадаптированного» запаса погибнет и вся заводская молодь. Словом, при благоприятных условиях в морской период заводская молодь кеты и горбуши массово выживает, что определяет существенный рост возвратов. При неблагоприятных условиях – столь же массово гибнет. Естественно, в реальных условиях возможно бесконечное количество промежуточных ситуаций, а, кроме того, по отношению к любой особи будут действовать случайные факторы.

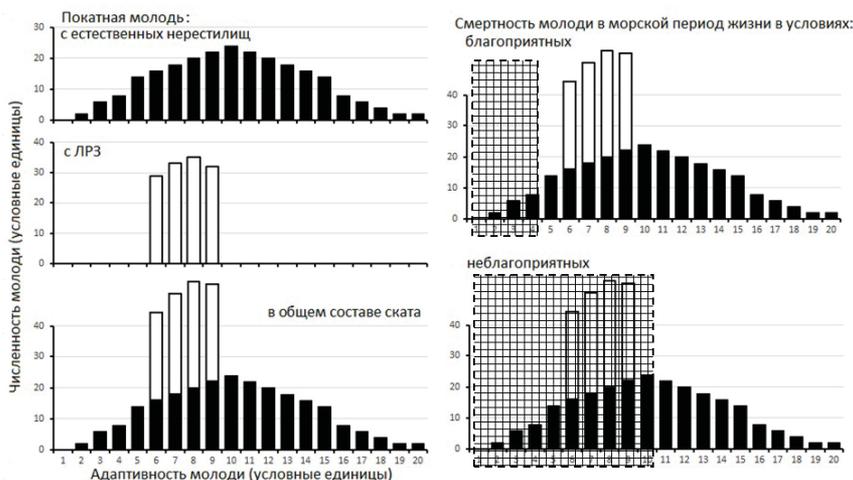


Рис. 6. Схематический механизм формирования численности поколения горбуши в зависимости от адаптивности молоди в период ската. Пояснения – в тексте

Адаптивные способности заводской молоди горбуши в зал. Принца Уильяма за счет подращивания в садках и выпуска ее средней массой в два раза больше, чем масса природной молоди, по-видимому, приближены к естественному уровню (Boldt, Haldorson, 2004). Это объясняет ситуацию, когда в нескольких менее урожайных поколениях, скатившихся в неблагоприятные по условиям годы, доля заводской горбуши оказывается более высокой и стабильной, чем горбуши от естественного нереста (см. рис. 1). На Хоккайдо, к примеру, наблюдается обратная ситуация – доля заводской горбуши возрастает в уловах после благоприятных для ската лет (см. рис. 2).

Почему же искусственное воспроизводство горбуши оказалось менее успешным в других рассматриваемых регионах? Прежде всего, следует отметить, что южные районы в пределах ареала горбуши в последние годы характеризуются значительным снижением ее подходов и уловов. У материкового североамериканского побережья аномально теплые условия в океане и на суше в течение трех последних лет (2015–2017 гг.) определяются переносом Северотихоокеанским течением сильно прогретых вод – явлением, получившим название blob, или пузырь (Bond et al., 2015), а также самым сильным за последнее время Эль-Ниньо (Becker, 2017). В районах воспроизводства лососей на амери-

канском континенте (кроме Аляски) негативными последствиями потепления климата стали засуха, частые лесные пожары, падение уровня и потепление воды в нерестовых реках. Снижается выживаемость молоди лососей в условиях более теплой воды в прибрежье Британской Колумбии. Так, выживаемость молоди кижуча в проливе Джорджия, где средняя температура поверхностного слоя воды (ТПО) по сравнению с 1970-ми гг. выросла примерно на 1°C, отрицательно коррелирует с ТПО: $R^2=0.67$ (Beamish et al., 2010).

Теплее становится и на территории российского Дальнего Востока. По сравнению с 1980-ми гг., средняя температура воздуха в Приамурье, Приморье и на Сахалине выросла более чем на 1 градус (Посгидромет, 2017). На относительно небольшие реки Сахалинской области такое потепление способно оказать заметное воздействие. По сути, аномальное потепление в пресноводных экосистемах в южных частях ареала воздействует на запасы лососей дважды. На уровне популяции падение уровня воды в реках приводит к потере площади доступных нерестилищ, росту угрозы хищничества и браконьерства, уменьшению возможности выбора распределения в потоке воды, росту скученности и, как следствие, повышению вероятности стресса (Billard et al., 1990). На уровне особи в более теплой воде, вследствие снижения концентрации растворенного кислорода, у лососей наблюдается затрудненное дыхание, ухудшение работы сердечной мышцы (Farrell, 2002), повышение уровня кортизола в крови, снижение способности организма продуцировать лейкоциты и антитела (Schreck et al., 2001). Как результат, снижаются плавательная активность и возможность преодолевать препятствия в русле реки (Young et al., 2006). В более теплой воде происходит резкий рост частоты грибковых, вирусных и бактериальных заболеваний, поражающих в первую очередь жабры и покровы (Wagner et al., 2005), а также увеличение численности массовых паразитов, в частности лососевой вши (Rittenhouse et al., 2016). В более теплой воде лососи дольше восстанавливаются после стресса, вызванного контактом с орудием лова (Raby et al., 2013).

В Охотском море, куда также поступает перегретая вода из Тихого океана, механизмы, формирующие гидрологические условия эпипелагиали, работают иначе, чем в открытом океане у североамериканского побережья. За счет адвекции в Охотское море более теплой воды к концу лета нарастают градиенты температур в термоклине. Это определяет более интенсивное перемешивание водной толщи в переходный сезон, быстрое охлаждение поверхностного слоя. Вследствие роста количества штормовых дней, препятствующих становлению ледового покрова, интенсивное перемешивание и выхолаживание поверхностных вод наблюдаются и в зимний период (Варкентин, Коломейцев, 2017). Как следствие, отрицательные аномалии температуры поверхностного слоя сохраняются до июня (рис. 7). Июнь – одинаково важный месяц как для скатывающейся из рек молоди, так и для возвращающихся из океана производителей. Температура воды в июне во многом определяет формирование запаса кормового зоопланктона. Так, концентрация кормового зоопланктона в прикурильских водах океана летом более холодного 2015 г. оказалась существенно ниже, чем в более теплом 2016 г. (Кузнецова, Шебанова, 2017). Хотя пищевые потребности массовых видов нектона остаются достаточно обеспеченными валовыми запасами планктона, в сравнительном плане кормовые условия лососей в более холодной эпипелагиали ухудшаются.

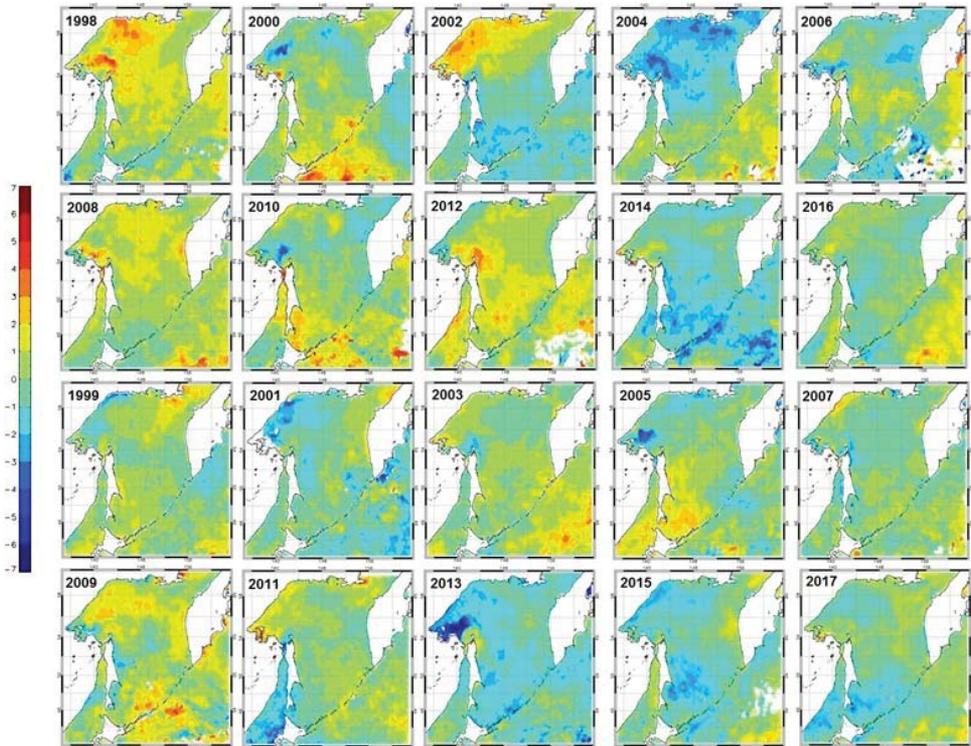


Рис. 7. Аномалии ТПО в Охотском море и прилегающих водах Тихого океана в июне 1998–2017 гг. по данным СахНИРО. Четные (вверху) и нечетные (внизу) годы сгруппированы отдельно

Океаническая бореальная экосистема в южной части нагульного ареала горбуши эволюционирует в субтропическую экосистему со своими массовыми видами, в частности сардины-иваси. Запасы сардины начали восстанавливаться после периода низкой численности в 1990–2000-е гг., и район ее нагульных миграций смещается все дальше к северу. Мигрирующие скопления сардины привлекают рыбоядных хищников, количество которых, а соответственно, и угроза для мигрирующих лососей, будут возрастать. При этом рост будет происходить как в результате перераспределения, так и улучшения воспроизводства хищных рыб и млекопитающих при улучшении кормовых условий. Кроме конкуренции за кормовые ресурсы и пространство, которую, как показывает предыдущий период высокой численности сардины-иваси, лососи выдерживают плохо (Темных, 2004), возможен существенный прилов мигрирующих кеты и горбуши при массовых пелагических промыслах, которые не полностью охватывают существующие механизмы сбора промысловой статистики (Radchenko, 2017).

Для Сахалинской области, и особенно для восточного побережья о. Сахалин, сильным воздействующим фактором на запасы лососей остается их специализированный промысел. С учетом существовавшего до 2016 г. дрейфтерного промысла в исключительной экономической зоне, нелегального сетного промысла в территориальных водах, частично узаконенного включением в разрешенные орудия лова ставных сетей, промысла ставными и за-

кидными неводами, добычи на РУЗ и РПУ, на речных промысловых участках, а также продолжающегося браконьерского промысла лососей на нерестилищах, горбуше на пути из океана на нерест необходимо преодолеть до шести «рубежей промысла». По сути, горбуша контактирует с разнообразными орудиями лова в течение 1,5–2 месяцев миграции из океана на нерестилища рек Сахалина. Организация добычи горбуши на нескольких последовательных этапах ее жизненного цикла (подходы в прибрежье, к устьям рек, в устьях рек, на рыбоучетных заграждениях и на речных промысловых участках) повышает воздействие промыслового пресса на физиологическое состояние производителей. Это в корне отличает ситуацию от таковой в зал. Принца Уильяма, где мигрирующая горбуша проходит установленный район с единственным разрешенным видом лова в течение нескольких дней.

Промысел в период, предшествующий половому созреванию и нересту, является мощным стрессогенным фактором (*Чмилевский, 1991*). Среди пелагических рыб стрессогенное воздействие промысла хорошо изучено на примере сельди. Известно, что сельдь в период, непосредственно предшествующий нересту, становится чувствительной к техногенным шумам, сопровождающим промысел (*Doksæter et al., 2012*). В экспериментах установлено, что содержание выловленной сельди в сетных садках с высокой плотностью посадки может вызвать задержку развития половых клеток, снижение качества половых продуктов вплоть до гибели эмбрионов еще в материнских ястыках и увеличение распространенности вируса геморрагической септицемии (*Hershberger et al., 2001; Ojaveer et al., 2015*). Следует напомнить, что систематически сельдеобразные и лососеобразные весьма близки, и еще относительно недавно семейство лососевых включали в отряд сельдеобразных (*Линдберг и др., 1997*).

Даже непродолжительное действие сильных стрессоров, таких, как контакт с орудиями лова, отлов и транспортировка, вызывает у рыб, включая лососей, «рефлекторную недостаточность», проявляющуюся в нарушении нормального пищевого поведения, двигательной активности, замедленной реакции на приближение хищника. В острых случаях рефлекторная недостаточность приводит к отложенной гибели рыб. Так, кижуч, выпущенный из ловушки невода, может погибнуть от последствий стресса в течение до 20 дней после поимки (*Davis, 2007*). Разработка методов быстрой оценки степени стресса, вызванного воздействием промысла, в реальном времени и прогнозирование отложенной смертности, основанное на использовании представлений о рефлекторной недостаточности, определены в качестве насущной задачи рыбохозяйственной науки в ближайшем будущем (*Davis, 2007, 2010*).

Стресс лососей перед нерестом негативно влияет на качество икры. Установлено, что содержание кортизола в икре кижуча, подвергнутого в экспериментальных условиях стрессу за две недели до нереста, значительно выше, чем в контрольных образцах (*Schreck et al., 2001*). При этом стрессоры, воздействующие на рыб, как правило, усиливают действие друг друга (*Power, 1997*). Можно предположить, что кумулятивный эффект продолжительного беспокойства в процессе промысла и снижения обеспечения растворенным кислородом в сахалинских реках оказывает значительно большее негативное воздействие на будущее потомство, чем каждый из воздействующих стрессоров по отдельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многие аспекты биологии и экологии лососей остаются неисследованными, в то время как система мониторинга их запасов на побережье Дальнего Востока постепенно теряет техническую оснащенность и былые возможности. В этих условиях специалистам стран происхождения запасов тихоокеанских лососей следует объединить усилия по изучению и сохранению этой уникальной группы рыб, что целесообразно сделать в рамках программы Международного года лосося (МГЛ), разрабатываемой НПАФК и Организацией по сохранению североатлантического лосося (НАСКО). Реализация проекта МГЛ планируется путем интенсификации координированных на международном уровне научных исследований и просветительской деятельности, нацеленных на изучение динамики запасов лосося и их взаимозависимости с деятельностью человека. Это хорошая возможность в условиях ограниченного финансирования науки ставить общие вопросы и решать их за счет общих ресурсов.

Среди вопросов динамики запасов лососей, имеющих первостепенную важность для разработки прогнозов состояния их запасов, которые требуют интенсивного изучения совместными силами ученых стран северотихоокеанского бассейна, можно назвать следующие:

- воздействие климатической изменчивости на лососей на разных этапах жизненного цикла (особенно в наименее изученный период зимовки в океане);
- эволюция экосистем арктических морей в лососевые экосистемы, формирование самовоспроизводящихся популяций лососей в Арктике;
- эволюция экосистем южной части нагульного ареала лососей в субтропические экосистемы, эксплуатируемые масштабными пелагическими промыслами;
- взаимодействие природных популяций и запасов, воспроизводимых на ЛРЗ;
- динамика физиологического состояния производителей в ходе анадромной миграции и воздействующие на нее факторы;
- кумулятивное воздействие природных и антропогенных факторов, вызывающих стресс у производителей лососей.

В рамках МГЛ планируется проведение научно-исследовательских рейсов, в частности в районы зимовки лососей в открытой части Тихого океана. Канада и США, некоторые ассоциации рыбаков и хозяйств аквакультуры, Университет Британской Колумбии уже выделили финансирование на планирование мероприятий МГЛ и частично на проведение зимней экспедиции в феврале–марте 2019 г. Если экспедиция будет иметь успех, то можно будет ожидать и полномасштабной реализации экспедиционных планов в ближайшем будущем. Подробнее о проекте МГЛ можно прочитать на веб-сайте НПАФК, в том числе в электронных публикациях (*Young et al., 2017*).

В районах воспроизводства лососей на российском побережье, в том числе и в Сахалинской области, необходимо всемерно поддерживать мониторинг состояния экосистем нерестовых рек и собственно нерестилищ, разработать меры по управлению промыслом лососей, обеспечивающие эффективное естественное воспроизводство запасов и экономически выгодное искусственное воспроизводство. С целью поддержания запасов горбуши на уровне, обеспечивающем промысловое освоение, необходимо восстановить единственный рубеж промысла лососей с использованием исключительно ставных неводов, меры регулирования рыболовства в части расстановки

и характеристик орудий лова, доказавшие свою эффективность в прошлом, систему заказников и закрытых для промысла районов. Дальнейшее развитие искусственного воспроизводства горбуши в Сахалинской области следует осуществлять, учитывая практики и тенденции, получившие признание в других районах ее искусственного воспроизводства, а именно концентрацию производственных мощностей в отдельных районах побережья, где воздействие деятельности ЛРЗ на природные запасы будет сведено к минимуму и будет возможно организовать изъятие преимущественно заводского возврата. Необходимость дальнейшей экспансии искусственного воспроизводства в районы, где ЛРЗ в настоящее время нет, сомнительна.

ЛИТЕРАТУРА

Антонов А. А., Буслов А. В., Брагина И. Ю., Живоглазов А. А., Сухонос П. С. 2014. Результаты мечения горбуши у юго-восточного побережья острова Сахалин в 2014 г. // Бюллетень изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО-Центр. № 9. С. 154–157.

Белоусов А., Пахомова Л., Аладьина Е. 2002. Воспроизводство рыбных запасов, итоги года // Рыбное хозяйство. № 2. С. 39–41.

Бойко А. В. 2014. Экологические особенности искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей в условиях современных рыбоводных заводов Сахалинской области. Дис. ... канд. биол. наук. Южно-Сахалинск: ФГБОУ ВПО «СахГУ». 166 с.

Варкентин А. И., Коломейцев В. В. 2017. Итоги охотоморской минтаевой путины 2017 г.: взгляд специалистов КамчатНИРО. Электронная публикация. Доступна по адресу http://www.kamniro.ru/presscenter/obzory_promysla/promysel/itogi_ohotomorskoj_mintaevoj_putiny_2017_g_vzglyad_specialistov_kamchatniro

Запорожец Г. В., Запорожец О. М. 2011. Лососеводство в зарубежных странах Северотихоокеанского региона // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 22. С. 28–48.

Запорожец Г. В., Запорожец О. М. 2017. Структура возврата, численность и биологические характеристики заводской и дикой кеты в бассейне реки Паратунки (юго-восточная Камчатка) в 2010–2015 гг. // Известия ТИНРО. Т. 190. С. 49–61.

Каев А. М. 2010. Некоторые вопросы динамики стада горбуши в связи с ее темпоральной структурой // Бюллетень № 5 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 89–96.

Каев А. М., Игнатъев Ю. И. 2015. Развитие заводского разведения тихоокеанских лососей в Сахалино-Курильском регионе и его значение для промысла // Тр. ВНИРО. Т. 153. С. 95–104.

Карпенко В. И. 1998. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей. М.: ВНИРО. 165 с.

Кузнецова Н. А., Шебанова М. А. Состояние планктонного сообщества в прикурильских водах при современном возобновлении массовых нагульных северных миграций субтропических рыб // Известия ТИНРО. Т. 190. С. 119–131.

Лаврик М. А. 2016. Проведение этапа выращивания молоди ценных видов рыб в искусственном воспроизводстве, в зависимости от видовых особенностей // Лучшие практики рыбоводства: сб. материалов Всерос. научно-практической школы-конференции (18–21 октября 2016 г.) / Ефанов В. Н. (ред.). СПб.: Изд-во ООО «ИНФОСТИ». С. 100–108.

Линдберг Г. У., Федоров В. В., Красюкова З. В. 1997. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Часть 7. СПб.: Гидрометеиздат. 350 с.

Лисицын Д. В. 2014. «Проблемы сохранения и использования тихоокеанских лососей на Сахалине». Электронная публикация. Март 2014 г. Доступна по адресу <https://www.ecosakh.ru/index.php/publ>

- Марковцев В. Г., Акулин В. Н. 2014. Анализ состояния и перспективы развития лососеводства на Дальнем Востоке России // Бюллетень изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО. № 9. С. 111–120.
- Радченко В. И. 2001. Динамика численности горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в бассейне Охотского моря в 90-е гг. // Биология моря. Т. 27. № 2. С. 91–101.
- Радченко В. И. 2006. О совпадении трендов динамики численности горбуши поколений четных и нечетных лет в Сахалино-Курильском регионе // Известия ТИНРО. Т. 145. С. 39–55.
- Радченко В. И. 2015. О базе данных вылова и выпуска молоди тихоокеанских лососей, курируемой НПАФК // Бюллетень изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО. № 10. С. 67–79.
- Росгидромет (Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды). 2017. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2016 год. М.: Росгидромет. 70 с.
- Смирнов Б. П., Федорова Л. К., Борзов С. И., Погодин В. П. 2006. Заводское воспроизводство тихоокеанских лососей на южных Курильских островах: история, современное состояние и перспективы // Современные проблемы лососевых рыбодных заводов Дальнего Востока: Материалы междунар. научн. семинара в рамках VII научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей», 30.11–01.12.2006 г. П-Камчат.: Камчатский печатный двор. С. 199–206.
- Стекольников М. Ю. 2015. Некоторые результаты мониторинга заводских стад горбуши зал. Анива (о. Сахалин) // Известия ТИНРО. Т. 183. С. 51–60.
- Темных О. С. 2004. Азиатская горбуша в морской период жизни: биология, пространственная дифференциация, место и роль в пелагических сообществах: Дис. ... д-ра. биол. наук. Владивосток. 466 с.
- Чистякова А. И., Бугаев А. В., Ким О. О. 2015. Применение результатов отолитного маркирования для определения доли заводской молоди горбуши и кеты в период осенних миграций в Охотском море в 2014 г. // Бюллетень изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО. № 10. С. 147–152.
- Чмилевский Д. А. 1991. Оогенез рыб как чувствительная тест-система при воздействии факторов различной природы. Тез. докл. V Всес. конф. по раннему онтогенезу рыб. Астрахань, 1–3.10.1991 г. М.: ВНИРО. С. 218–219.
- Шунтов В. П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. – Т. 1. – 481 с.
- Akinicheva, E., V. Volobuev, E. Fomin, and M. Myakishev. 2016. Marked salmon production by the hatcheries of Russia in 2015 // N. Pac. Anadr. Fish Com. Doc. 1630. 4 pp. Alaska Department of Fish and Game (ADFG). Октябрь 2017 г. 2017 Prince William Sound salmon season summary. News release. 5 pp. Электронная публикация. Доступна по адресу <http://www.adfg.alaska.gov/static/applications/dcfnewsrelease/871807302.pdf>
- Araki, H., B. A. Berejikian, M. J. Ford, and M. S. Blouin. 2008. Fitness of hatchery-reared salmonids in the wild // *Evol. Appl.* 1(2): 342–355.
- Beamish, R. J., B. L. Thomson, and G. A. McFarlane. 1992. Spiny Dogfish predation on Chinook and Coho Salmon and the potential effects on hatchery-produced salmon // *Transactions of the American Fisheries Society.* 121:444–455.
- Beamish, R. J., R. M. Sweeting, C. M. Neville, and K. L. Lange. 2010. Competitive interactions between pink salmon and other juvenile Pacific salmon in the Strait of Georgia // *N. Pac. Anadr. Fish Com. Doc.* 1284. 26 pp.
- Becker, E. 2017. December 2017 La Niña update: Double, double. Электронная публикация. 4.12.2017. Доступна по адресу <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/december-2017-la-niña-update-double-double>
- Beetz, J. L. 2009. Marine survival of Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) in Washington State: Characteristic patterns and their relationships to environmental and biological factors. Master's thesis. University of Washington, Seattle. 118 p.

- Billard, B., C. Bry, and C. Gillet. 1990. Stress, environment, and reproduction in teleost fish. P. 185–207 in A.D. Pickering (ed.). *Stress and fish*. Academic Press, New York.
- Boldt, J. L., and L. J. Haldorson. 2002. A bioenergetics approach to estimating consumption of zooplankton by juvenile pink salmon in Prince William Sound, Alaska // *Alaska Fish. Res. Bull.* 9: 111–127.
- Boldt, J. L., and L. J. Haldorson. 2004. Size and condition of wild and hatchery pink salmon juveniles in Prince William Sound, Alaska // *Trans. Am. Fish. Soc.* 133(1): 173–184.
- Bond, N. A., M. F. Cronin, H. Freeland, and N. Mantua. 2015. Causes and impacts of the 2014 warm anomaly in the NE Pacific // *Geophys. Res. Lett.* 42: 3414–3420.
- Brannon, E. L., K. Collins, M. A. Cronin, L. L. Moulton, A. L. Maki, and K. R. Parker. 2012. Review of the Exxon Valdez oil spill effects on pink salmon in Prince William Sound, Alaska // *Rev Fish Sci.* 20: 20–60.
- Cross A. D., D. A. Beauchamp, K. W. Myers, and J. H. Moss. 2008. Early marine growth of pink salmon in Prince William Sound and the coastal Gulf of Alaska during years of low and high survival // *Trans. Am. Fish. Soc.* 137 (3): 927–939.
- Davis, M. W. 2007. Simulated fishing experiments for predicting delayed mortality rates using reflex impairment in restrained fish // *ICES Journal of Marine Science*, 64: 1535–1542.
- Davis, M. W. 2010. Fish stress and mortality can be predicted using reflex impairment // *Fish and Fisheries*. 11: 1–11.
- Doksæter, L., N. O. Handegard, O. R. Godø, P. H. Kvadsheim, and N. Nordlund. 2012. Behavior of captive herring exposed to naval sonar transmissions (1.0–1.6 kHz) throughout a yearly cycle // *J. Acoust. Soc. Am.* 131(2): 1632–1642.
- Farrell, A. P. 2002. Cardiorespiratory performance in salmonids during exercise at high temperature: insights into cardiovascular design limitations in fishes // *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*. 132: 797–810.
- Geiger, H. J., B. G. Bue, S. Sharr, A. C. Wertheimer, and T. M. Willette. 1996. A life history approach to estimating damage to Prince William Sound pink salmon caused by the Exxon Valdez oil spill // *American Fisheries Society Symposium #18*. Bethesda, MD, USA. P. 487–498.
- Grant, S., and G. Pestal. 2009. Certification Unit Profile: Fraser River Pink Salmon // *Can. Man. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2875: vii + 36p.
- Hershberger, P. K., R. M. Kocan, N. E. Elder, G. D. Marty, and J. Johnson. 2001. Management of Pacific herring closed pound spawn-on-kelp fisheries to optimize fish health and product quality // *North American Journal of Fisheries Management*. 21: 550–555.
- Hilborn, R., and D. Eggers. 2000. A review of the hatchery programs for pink salmon in Prince William Sound and Kodiak Island, Alaska // *Trans. Am. Fish. Soc.* 129: 333–350.
- Hilborn, R., and D. Eggers. 2001. A review of the hatchery programs for pink salmon in Prince William Sound and Kodiak Island, Alaska: response to comment // *Trans. Am. Fish. Soc.* 130 (4): 720–724.
- Hiroi, O. 1998. Historical trends of salmon fisheries and stock conditions in Japan // *N. Pac. Anadr. Fish Com. Bull.* 1: 23–27.
- Irvine, J. R., C. J. G. Michielsens, M. O’Brien, B. A. White, and M. Folkes. 2014. Increasing dominance of odd-year returning Pink Salmon // *Trans. Am. Fish. Soc.* 143:939–956.
- Kaeriyama, M. 1999. Hatchery programmes and stock management of salmonid populations in Japan. P. 153–167 in B. R. Howell, E. Moksness, and T. Svasand (eds). *Stock enhancement and sea ranching*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.
- Kaeriyama, M., and Y. Qin. 2014. Biological interactions between wild and hatchery-produced Pacific salmon. In: *Salmon: biology, ecological impacts and economic importance*. Woo, P. T. K., and D. J. Noakes (Eds.). Nova Science Publishers, Inc. P. 223–238.
- Кнарр, G. Апрель 2013. Trends in Alaska and world salmon markets. Электронная публикация. Доступна по адресу http://www.iser.uaa.alaska.edu/people/knapp/personal/2013_04_06-TrendsInAKSalmonMarkets_DillinghamAK.pdf

Knudsen, E., M. Buckhorn, K. Gorman, D. Crowther, K. Froning, M. Roberts, L. Marcello, B. Adams, V. O'Connell, and D.R. Bernard. 2015. Interactions of wild and hatchery pink salmon and chum salmon in Prince William Sound and Southeastern Alaska. Final Progress Report for 2013. Alaska Department of Fish and Game. Contract IHP-13-013. 55 p. + Apps.

Labelle, M., C. J. Walters, and B. Riddell. 1997. Ocean survival and exploitation of Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) stocks from the east coast of Vancouver Island, British Columbia // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 54: 1433-1449.

Le Luyer J., M. Laporte, T. D. Beacham, K. H. Kaukinen, R. E. Withler, J. S. Leong, E. B. Rondeau, B. F. Koop, and L. Bernatchez. 2017. Parallel epigenetic modifications induced by hatchery rearing in a Pacific salmon // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 6 p.

Leon K. A., N. C. Dudiak, and C. B. Rawson. 1985. Effectiveness of Alaska Dry Pellet (ADP) and Oregon Moist Pellet (OMP) fed to pink salmon in salt water net pens // FRED Reports, 46. 17 pp.

MacKinlay, D. D., S. Lehmann, J. Bateman, and R. Cook. 2004. Pacific salmon hatcheries in British Columbia // American Fisheries Society Symposium. 44: 57-75.

McDowell Group. Февраль 2011. Pink salmon product development and the role of the Prince William Sound Aquaculture Corporation. Электронная публикация. Доступна по адресу <https://www.adfg.alaska.gov/static/fishing/PDFs/hatcheries/PSPD.pdf>

Morita, K., S. H. Morita, and M. Fukuwaka. 2006a. Population dynamics of Japanese pink salmon (*Oncorhynchus gorboscha*): are recent increases explained by hatchery programmes or climatic variations? // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 63: 55-62.

Morita, K., Saito, T., Miyakoshi, Y., Fukuwaka, M., Nagasawa, T., and Kaeriyama, M. 2006b. A review of Pacific salmon hatchery programmes on Hokkaido Island, Japan // ICES Journal of Marine Science, 63: 1353-1363.

Nagata, M., Y. Miyakoshi, H. Urabe, M. Fujiwara, Y. Sasaki, K. Kasugai, M. Torao, D. Ando, and M. Kaeriyama. 2012. An overview of salmon enhancement and the need to manage and monitor natural spawning in Hokkaido, Japan // Environ. Biol. Fish. 94: 311-323.

Nickelson, T. 2003. The influence of hatchery Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) on the productivity of wild Coho Salmon populations in Oregon coastal basins // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 60: 1050-1056.

Ohnuki T., K. Morita, H. Tokuda, Y. Okamoto, and K. Ohkuma. 2015. Numerical and economic contributions of wild and hatchery pink salmon to commercial catches in Japan estimated from mass otolith markings // North American Journal of Fisheries Management. 35 (3): 598-604.

Ojaveer, H., J. Tomkiewicz, T. Arula, and R. Klais. 2015. Female ovarian abnormalities and reproductive failure of autumn-spawning herring (*Clupea harengus membras*) in the Baltic Sea // ICES Journal of Marine Science. 72: 2332-2340.

Power, M. 1997. Assessing the effects of environmental stressors on fish populations // Aquatic Toxicology. 39: 151-169.

Raby, G. D., S. J. Cooke, K. V. Cook, S. H. McConnachie, M. R. Donaldson, S. G. Hinch, C. K. Whitney, S. M. Drenner, D. A. Patterson, T. D. Clark, and A. P. Farrell. 2013. Resilience of pink salmon and chum salmon to simulated fisheries capture stress incurred upon arrival at spawning grounds // Trans. Am. Fish. Soc. 142 (2): 524-539.

Radchenko, V. I. 2017. Bycatch of Pacific salmon in pelagic fisheries in the North Pacific Ocean: a problem requiring investigation // NPAFC Newsletter. 42: 30-34.

Rittenhouse, M. A., C. W. Revie, and A. Hurford. 2016 A model for sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) dynamics in a seasonally changing environment // Epidemics. 16: 8-16.

Russell, C. W., J. Botz, S. Haught, and S. Moffitt. 2017. 2016 Prince William Sound area finfish management report. Alaska Department of Fish and Game, Fishery Management Report No. 17-37, Anchorage. 160 pp.

Saito, T., Y. Hirabayashi, K. Suzuki, K. Watanabe, and H. Saito. 2016. Recent decline of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) abundance in Japan // N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull. 6: 279–296.

Schreck, C. B., W. Contreras-Sanchez, and M. S. Fitzpatrick. 2001. Effects of stress on fish reproduction, gamete quality, and progeny // *Aquaculture*. 197: 3–24

Spilsted, S., and G. Pestal. 2009. Certification Unit Profile: North Coast and Central Coast Pink Salmon // Can. Man. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2880: viii + 72 p.

Stopha, M. 2017. Alaska fisheries enhancement annual report 2016. Alaska Department of Fish and Game, Division of Commercial Fisheries, Regional Information Report 5J17-04, Anchorage. 96 pp.

Sweeting, R. M., R. J. Beamish, and C. M. Neville. 2004. Crystalline otoliths in teleosts: Comparisons between hatchery and wild Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) in the Strait of Georgia // *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 14: 361–369.

Torao, M., M. Nagata, Y. Sasaki, K. Takeuchi, and K. Kasugai. 2011. Evidence for existence of wild population of pink salmon in the Tohoro River system flowing into Nemuro Strait, eastern Hokkaido, Japan // *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Res. Inst.* 80: 45–49.

Van Will P., R. Brahniuk, and G. Pestal. 2009. Certification Unit Profile: Inner South Coast Pink Salmon (Excluding Fraser River). Can. Man. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2876: vii + 63p.

Wagner, G. N., S. G. Hinch, L. G. Kuchel, A. Lotto, S. R. M. Jones, D. A. Patterson, J. S. Macdonald, G. Van Der Kraak, M. Shrimpton, K. K. English, S. Larson, S. J. Cooke, M. Healy, and A. P. Farrell. 2005. Metabolic rates and swimming performance of adult Fraser River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) after a controlled infection with *Parvicapsula minibicornis* // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 62: 2124–2133.

Wertheimer, A. C., W. W. Smoker, T. L. Joyce, and W. R. Heard. 2001. Comment: a review of the hatchery programmes for pink salmon in Prince William Sound and Kodiak Island, Alaska // *Trans. Am. Fish. Soc.* 130: 712–720.

Willette, T. M., R. T. Cooney, V. Patrick, D. M. Mason, G. L. Thomas, and D. Scheel. 2001. Ecological processes influencing mortality of juvenile pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in Prince William Sound, Alaska // *Fisheries Oceanography*. 10: 14–41.

Young, J. L., Z. B. Bornik, M. L. Marcotte, K. N. Charlie, G. N. Wagner, S. G. Hinch, and S. J. Cooke. 2006. Integrating physiology and life history to improve fisheries management and conservation // *Fish and Fisheries*. 7: 262–283.

Young, M., M. Saunders, and V. Radchenko (Eds.). 2017. Story of the International Year of the Salmon: Concept to Launch // N. Pac. Anadr. Fish Com. Tech. Rep. No. 10. 142 p.

СОСТОЯНИЕ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГОРБУШИ В САХАЛИНО-КУРИЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

А.Александр М.ихайлович Каев

ФГБНУ «Сахалинский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии», a.kaev@sakhniro.ru

Показано современное состояние мониторинга воспроизводства горбуши в районах нереста ее основных стад в Сахалино-Курильском регионе (контроль количества производителей на нерестилищах, количественный учет покатной молодежи в контрольных реках, районы изучения биологических показателей рыб). Прогнозы, основанные на соотношении «численность покатной молодежи – возврат взрослых рыб», оказались точнее прогнозов, разработанных на основе математического моделирования. Наблюдаемые в последние годы резкие сокращения численности горбуши обусловлены действием на воспроизводство экстремальных факторов среды (паводковые дожди в период нереста горбуши и после него, штормовые ветры в период массовой миграции молодежи из рек).

Горбуша является важнейшим объектом промысла лососей на Сахалине и южных Курильских островах, на долю которой приходится около 80% уловов тихоокеанских лососей в данном регионе (от 28,3 до 255,6 тыс. т в разные годы текущего века, в среднем 110,8 тыс. т). Эти уловы обеспечивались промысловой эксплуатацией восьми условных единиц запаса (рис. 1), географической изоляции которых, по мнению *О. Ф. Гриценко (1990)*, способствует наличие выступающих мысов, на которых нет рек для нереста, или широких проливов. Эту группу локальных стад составляет горбуша сахалинского побережья Татарского пролива (1,1% уловов), северо-западного (2,4%), северо-восточного (15,5%) и юго-восточного (23,5%) побережья Сахалина, зал. Терпения (15,5%) и Анива (13,9%), а также островов Итуруп (26,3%) и Кунашир (1,8%). В то же время соотношение уловов в этих районах в отдельные годы может заметно меняться, так как горбуше как наиболее короткоцикловому виду среди тихоокеанских лососей свойственны наибольшие колебания численности, вследствие чего ведение промысла на рациональной основе требует ежегодной оценки состояния запасов.

Мониторинг нерестовых подходов горбуши к побережью ведется с использованием ставных неводов как пассивных орудий лова, что позволяет по уловам судить о динамике хода лососей. Пробы для биологических анализов (в частности для определения навески и расчета численности выловленных рыб) собирались в основном из ставных неводов, установленных на конкретных участках побережья. Такими участками были охвачены все районы воспроизводства рассмотренных единиц запаса (см. рис. 1). Для решения специфических задач часть проб собиралась в ставных неводах на других участках, а также закидными неводами в реках.

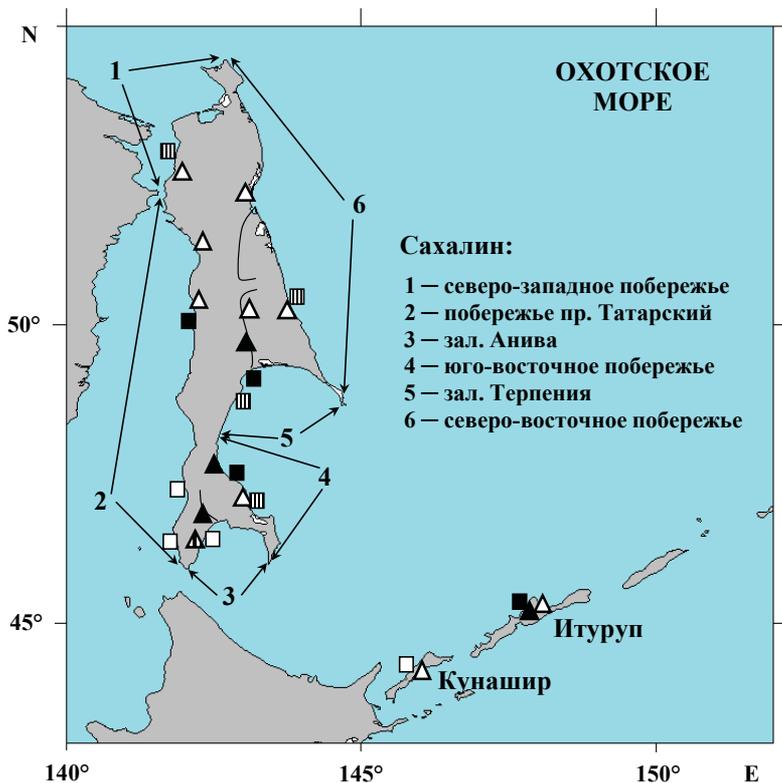


Рис. 1. Дислокация основных районов промысла и изучения горбуши на Сахалине и южных Курильских островах (Итуруп и Кунашир): кружками показана доля рек по сумме нерестилищ (темный сегмент), в которых определяется количество производителей; треугольниками обозначены пункты ежегодного изучения покатной миграции молоди в контрольных реках, квадратами – районы ежегодного сбора проб горбуши в ставных неводах (позиции, где работы прекращены, выделены светлыми символами; где ведутся эпизодически – символами с комбинированным цветом)

Мониторинг численности горбуши в реках проводят в основном сотрудники бассейнового управления «Сахалинрыбвод» на основе визуального подсчета рыб при пеших обходах в период массового нереста. Обычно подсчитывается число рыб на отдельных участках нерестилищ с дальнейшей экстраполяцией данных на весь нерестовый фонд. В наиболее важных по уровню воспроизводства районах плотность наблюдений выше (см. рис. 1). При расчете суммарной численности производителей в реках того или иного района реки ранжировались на три группы – обследуемые регулярно (а), обследуемые эпизодически (б) и в которых обследования не проводились (в). Рассчитанная плотность скопления рыб (отношение подсчитанного количества рыб в реке к площади нерестилищ) в реках первой группы принималась за действительную. Для рек из второй группы плотность относительной численности производителей (по отношению к площади нерестилищ) рассчитывалась как среднее значение между наблюдаемой в данной реке и определенной для рек из первой группы. Затем суммарные результаты наблюдений в реках

первой и второй группы экстраполировались на реки третьей группы (Каев, Кловач, 2014). В северных районах Сахалина была ниже не только доля обследуемых рек, но и среди них сокращалась доля рек из группы «а», что, естественно, увеличивало элемент неопределенности в получаемых результатах.

Многолетняя история мониторинга ската молоди с нерестилищ имела по 13 рекам (см. рис. 1). В наиболее важных районах по уровню воспроизводства горбуши учет на разных реках осуществляли сотрудники бассейнового управления «Сахалинрыбвод» и СахНИРО. С 2006 г. добавился еще один пункт ежегодного учета, организованный на одном из притоков Пороная, что было оправдано размерами этой крупнейшей реки на Сахалине. Учет проводится методом выборочных обловов, модифицированным к небольшим сахалинским и курильским рекам (Воловик, 1967; Каев, 2010).

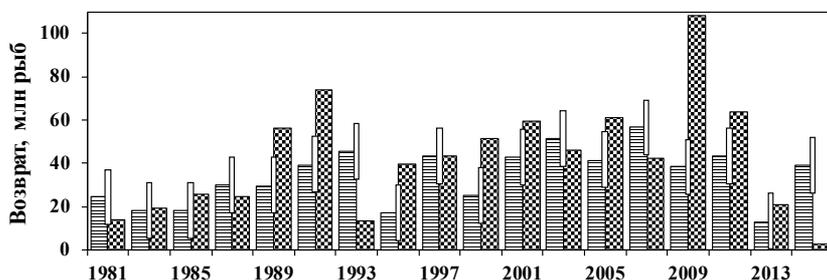
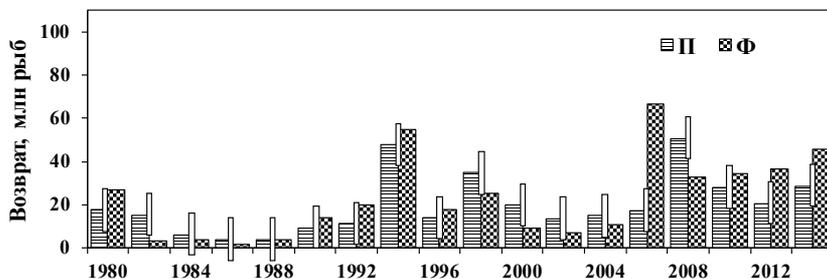
По результатам мониторинга рассчитывается численность покатной молоди в реках (экстраполяция данных на все реки в районе на основе соотношения захода производителей и последующего ската молоди в контрольных реках) и последующего возврата взрослых рыб (вылов плюс заход в реки) соответствующих поколений. Соотношение этих величин закладывается в основу прогноза, так как давно известно, что точность предсказаний изменения запасов, основанная на регрессионном анализе формализованной различными способами связи между уровнем запаса родителей и потомков, часто далека от желаемой (Bradford, 1992; Чигиринский, 1993).

Казалось, создание в начале этого века баз данных, в которых расчеты всех показателей были унифицированы для всех лет наблюдений, приведет к уменьшению ошибок прогнозов численности горбуши. Однако, судя по соотношению прогнозной и фактической численности возвратов горбуши в районах с наибольшей обеспеченностью прогнозов исходными данными, ожидаемый результат не достигнут (рис. 2). Ошибка прогноза считалась большой, если численность фактического возврата была за пределами диапазона «прогноз \pm 0,5SD», при этом среднее квадратичное отклонение (SD) рассчитывалось по районам отдельно для каждой из генеративных линий нечетных и четных лет. Как правило, большие ошибки возникали при резких изменениях соотношения численности родительских и дочерних поколений. Детальный анализ исходных материалов, использованных для разработки прогнозов за 30-летний период, показал, что в ряде случаев можно было избежать крупных ошибок прогноза при правильной трактовке имевшихся данных (Каев, 2011).

Однако это становится понятным обычно постфактум, как, к примеру, с фальсифицированными данными по скату молоди, заложенными в прогноз по возврату горбуши на о. Итуруп в 2011 г. Однако объективной основой крупных ошибок в последние годы, исключая этот эпизод и возникающие порой ошибки по причине выборочного характера наблюдений, служит увеличение амплитуды изменения выживаемости рыб в течение морского периода жизни. Так, суммарный индекс выживаемости в морских водах для поколений горбуши 1978–2000 гг. в южной части восточного Сахалина (зал. Анива и юго-восточное побережье острова) составил в среднем для генеративной линии нечетных лет $4,67\pm 2,379\%$ (здесь и далее $\pm SD$), четных лет – $3,25\pm 1,873\%$. В последующий период в среднем увеличилась не только выживаемость рыб, но и существенно возросла изменчивость характеризующего ее показателя за счет участвовавшего появления поколений с аномально высокими или низкими значениями численности в нечетные ($7,04\pm 3,204\%$) и особенно в четные

годы ($7,58 \pm 6,078\%$). Такая же ситуация за аналогичные периоды наблюдалась у горбуши о. Итуруп, лишь с той разницей, что уровень изменчивости ее выживаемости в большей мере возрос для поколений нечетных лет. Так, для поколений рождения до 2000 г. индекс выживаемости рыб в морских водах соответственно для поколений нечетных и четных лет составлял $4,85 \pm 1,811$ и $4,93 \pm 1,802\%$, а в последующий период – $5,37 \pm 3,467$ и $5,62 \pm 2,750\%$.

Южная часть Сахалина



Итуруп

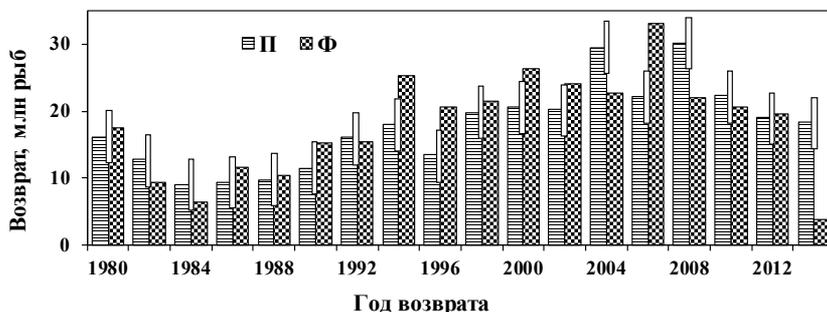


Рис. 2. Соотношение прогнозных (П, по скату молоди) и фактических (Ф) возвратов горбуши на южную часть восточного побережья Сахалина и о. Итуруп в 1980–2015 гг. поколений четных и нечетных лет нереста: белыми прямоугольниками показаны отклонения от прогноза на $\pm 0,5SD$ (среднее квадратичное отклонение рассчитано для численности рыб в возвратах по каждой генеративной линии в каждом из районов за анализируемый период)

Ситуация с прогнозированием в последние годы ухудшилась также по причине сокращения объемов исходных данных. В первую очередь это связано с прекращением с 2012 г. мониторинга покатной миграции бассейновым управлением «Сахалинрыбвод» (см. рис. 1). В дополнение к этому на некоторых из оставшихся пунктов учета качество получаемых данных стало

непригодным для использования в целях прогнозирования (например, по ска-ту молоди в р. Кура, западное побережье зал. Анива). Изменилась схема сбо-ра проб горбуши, которая в ряде районов перестала соответствовать задачам мониторинга (использование орудий лова с наименьшим уровнем селектив-ности, выбор позиции отбора проб и соблюдение периодичности их сбора в течение всего хода).

Введенное в эти годы моделирование динамики численности горбуши с целью совершенствования прогнозов не привело к ожидаемым результатам. В 2013–2014 гг. прогноз представлялся как средний вариант между традици-онным (связь между численностью покатной молоди и последующего возвра-та взрослых рыб) и ансамблевым подходом (анализ разного рода моделей). В 2013 г. оба метода привели к существенной ошибке прогноза подходов гор-буши к северо-восточному побережью Сахалина, где ее численность возрос-ла с 38,4 млн рыб в 2011 г. (текущий исторический максимум) до 62,9 млн рыб в 2013 г. (новый исторический максимум). В то же время в южной части этого побережья, как и ожидалось по традиционному прогнозу, произошло трехкратное снижение численности горбуши – с 63,8 до 21,0 млн рыб, при том, что по ансамблевому прогнозу предполагались оптимистические пер-спективы для промысла в этом районе. Напротив, на основе традиционного метода удалось предсказать резкое снижение численности горбуши в 2014 г. по отношению к родительскому поколению уже в северной части восточного побережья Сахалина (с 29,8 до 14,9 млн рыб), в то время как по южной части побережья оба прогноза показали приемлемый результат (рис. 3).

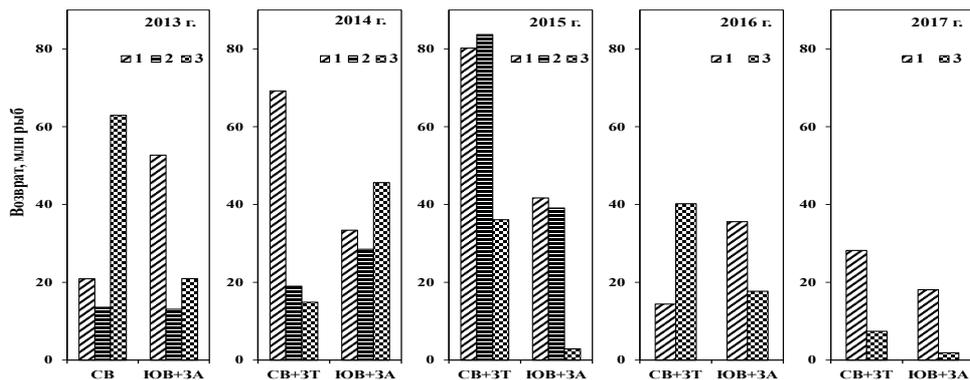


Рис. 3. Прогнозы и фактическая численность горбуши в северной (CB – северо-восточное побережье, 3Т – зал. Терпения) и южной части (YOB – юго-восточное побережье, 3А – зал. Анива) восточного Сахалина в 2013 и 2014 гг.: 1 – прогноз на основе моделирования, 2 – традиционный прогноз на основе данных по скату молоди, 3 – фактическая численность

Начиная с 2015 г. традиционный подход применяли уже как составную часть ансамблевого метода, придавая каждой его составной части «вес» в соответствии с точностью оценок в предыдущие годы. В 2015 г. произошло резкое непредвиденное прогнозом падение уловов горбуши на восточном побережье острова, наиболее сильно выраженное в сравнении с предыдущим циклическим годом на юго-восточном побережье острова. В 2016 г. по ансамблевому методу на восточном побережье Сахалина в соответствии с

осторожным сценарием предполагался вылов горбуши не менее 43,0 тыс. т. Судя по реальным уловам (59,4 тыс. т), прогноз оправдался, однако основные уловы ожидалось в южной части побережья, где было добыто всего 18,2 тыс. т против ожидаемых 36,0 тыс. т. В 2017 г. прогноз по обеим частям восточного побережья Сахалина оказался чрезвычайно завышенным. Эти примеры являются еще одним подтверждением, что моделирование является лишь методом формализации природных процессов, для познания которых требуется постоянное изучение реальных событий и фактов, получаемых на основе мониторинга.

Крупные «провалы» прогнозов в 2015 и 2017 гг. требуют выяснения вероятных причин резких сокращений численности горбуши. Как показывает практика, прогнозы, основанные на среднестатистических параметрах, способны удовлетворительно предсказывать только эволюционные изменения численности горбуши, так как в пределах определенного диапазона широко меняющихся параметров среды популяции сохраняют относительную стабильность вследствие естественной устойчивости рыб к их варьированию, в то время как существенные изменения уровня элиминации детерминированы в большей мере случайными (редкими, необычными) воздействиями среды (Каев, 1989; Криксунов, 1995). К таким факторам в первую очередь следует отнести аномально высокие осенние паводки, размывающие грунт на нерестилищах (Каев, 1983; Путивкин, 1989; Каев, Чупахин, 2003), и морские штормы, особенно воздействующие на только что скатившуюся из рек молодь (Каев, 1992). При проверке этой версии использовали данные гидрометеорологических постов по величине осадков и силе ветров (<http://rp5.ru>, данные имеются начиная с 2005 г.), которые сопоставили с индексами воспроизводства горбуши соответствующих поколений (отношение численности рыб в возвратах к количеству родителей на нерестилищах) в пяти наиболее крупных стадах (рис. 4).

Во всех районах поколения горбуши, возвращавшиеся в 2015 и 2017 гг., подвергались воздействию, судя по количеству осадков, мощных паводков во второй половине нереста их родителей или после его завершения, а также штормов в период массового ската молоди из рек. Воздействие этих факторов просматривается и на величине возвратов других поколений. Не является исключением и возврат поколений горбуши в 2011 г. в зал. Анива и в 2008 г. на о. Итуруп. В первом случае снижение индекса воспроизводства горбуши было обусловлено официально не зарегистрированными обильными осадками и, как следствие, мощным паводком во второй половине сентября в реках, стекающих с горного хребта западного побережья залива, в которых в последние годы нерестится основная часть производителей. А на Итурупе возврат поколения в 2008 г. дал старт начавшемуся снижению численности рыб доминирующей генеративной линии. Значения индекса воспроизводства двух предыдущих циклических поколений были существенно выше (12,3 и 11,9).

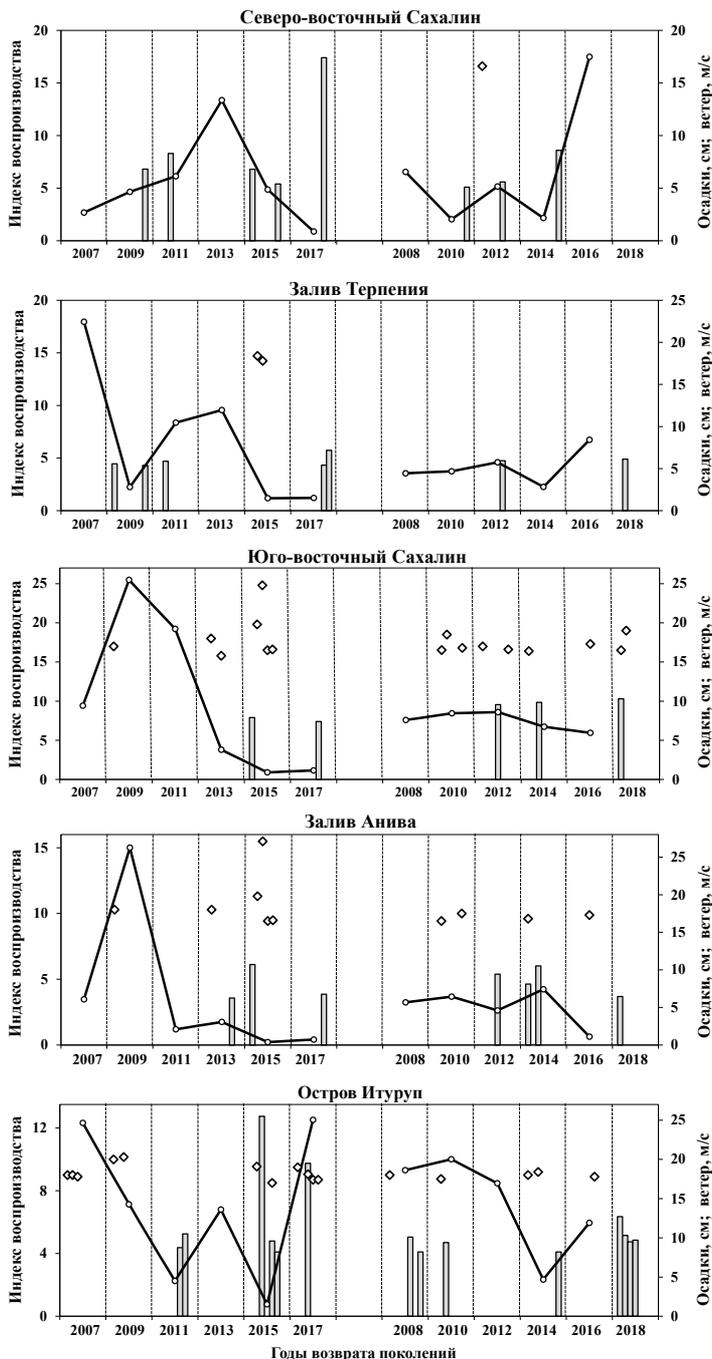


Рис. 4. Индекс воспроизводства поколений горбуши нечетных и четных лет (линия), встречаемость дней с экстремально большими осадками во время нереста родителей и после него (столбцы) и сильными ветрами при нагуле молоди в прибрежных морских водах (символы); фрагмент оси абсцисс для каждого года условно включает в себя диапазон временного промежутка с 11 августа по ноябрь применительно к дождевым осадкам и с 1 мая по 10 июля применительно к ветрам

По результатам этих исследований весной 2017 г. было высказано предположение, что в данном году в южных районах региона сохранится депрессивный уровень запаса, а в северных районах неизбежно значительное сокращение численности горбуши (Каев, 2018). Данный сценарий был в полной мере реализован на восточном побережье Сахалина, в то время как на Итуруп, на первый взгляд, прогноз не оправдался, подходы горбуши существенно превысили ожидания, хотя величина уловов все-таки не достигла даже среднепогодного уровня для поколений нечетных лет. Тем не менее, неблагоприятное воздействие экстремальных факторов на формирование численности этого поколения имело место, о чем можно судить по асимметричности кривой, характеризующей динамику возврата горбуши в 2017 г., основная масса рыб возвратилась во второй половине календарных сроков хода (рис. 5), в то время как паводок наблюдался в середине нереста родителей, а штормы – в первой половине календарных сроков массового ската молоди этого поколения. К тому же воздействие этих факторов могло быть не столь значимым по отношению к их абсолютным значениям, так как для характеристики условий становления численности этого поколения были использованы гидрометеорологические данные по соседнему Кунаширу при отсутствии соответствующих данных по Итурупу (Каев, 2018).

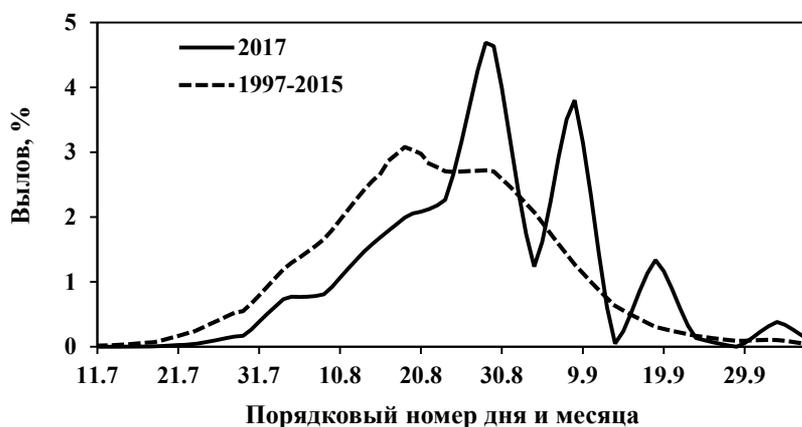


Рис. 5. Динамика уловов горбуши на о. Итуруп в 2017 г. в сравнении со среднепогодной для предыдущих нечетных лет

Для математической интерпретации воздействия рассматриваемых экстремальных факторов среды на воспроизводство горбуши их максимальные значения приняты за единицу, а для остальных рассчитаны доли пропорционально их значениям относительно этих максимумов. Для поколений, слабо подвергшихся воздействию этих факторов (до разгара нереста, до или после массового ската молоди из рек), их значения приняты нулевыми. Корреляция изменений индекса воспроизводства горбуши с полученными значениями экстремальных факторов на Итуруп ($r=-0,47$, $p=0,140$), в зал. Анива ($r=-0,43$, $p=0,186$) и Терпения ($r=-0,53$, $p=0,097$), юго-восточном ($r=-0,56$, $p=0,075$) и северо-восточном ($r=-0,63$, $p=0,039$) побережье Сахалина в большинстве случаев статистически недостоверна, что связано с коротким рядом наблюдений (объективность происходящих процессов очевидна). Ситуация еще более усугубляется тем, что только у четырех-шести из 11 изученных в каждом

районе поколений значения экстремальных факторов были переменными, в остальных случаях они были приняты нулю.

Характеристики каждого из циклонов (траектория и скорость передвижения, величина осадков и перепады давления) специфичны, что создает в регионе локальные очаги их влияния на воспроизводство горбуши. К примеру, в зал. Анива в 2011 г. произошло сокращение численности горбуши в результате паводка в реках его западного побережья, в то время как численность горбуши на юго-восточном побережье Сахалина сохранилась на высоком уровне. В 2013 г. уже в обоих этих соседних районах произошло снижение численности, но его генезис был различен. В заливе снижение было следствием воздействия на нерест осеннего паводка в реках, а на юго-восточном побережье – штормовых ветров при нагуле молоди. Но даже и совпадение сроков действия природных факторов не всегда приводит к сходным результатам. Так, в зал. Анива и на юго-восточном побережье Сахалина даты с сильными ветрами все-таки чаще совпадают, однако их воздействие на формирование численности горбуши в этих районах неодинаково из-за различий в сроках ската молоди из рек (Каев, 2018). Такие сроки мало различаются у горбуши юго-восточного побережья острова и зал. Терпения, однако в южных широтах негативное воздействие циклонов проявлялось в большей мере через штормы в период нагула молоди, а в северных широтах – через экстремальные осадки, вызывающие размыв грунта на нерестилищах.

Таким образом, индексы воспроизводства поколений, попадавших под воздействие тайфунов в периоды эмбрионального развития в реках (разрушение нерестовых гнезд) или нагула молоди в прибрежье моря, позволяют судить об их существенном значении для становления численности горбуши. В некоторые смежные группы лет увеличивается частота тайфунов, приходящихся на указанные периоды жизненного цикла горбуши, что вызывает череду низкоурожайных поколений. В то же время сила тайфунов и границы их воздействия постоянно меняются, что и объясняет появление локальных особенностей в изменениях численности горбуши в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

Воловик, С. П. Методы учета и некоторые особенности поведения покатной молоди горбуши в реках Сахалина / С. П. Воловик // Изв. ТИНРО. – 1967. – Т. 61. – С. 104–117.

Гриценко, О. Ф. Популяционная структура сахалинской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* / О. Ф. Гриценко // Вопр. ихтиологии. – 1990. – Т. 30, вып. 5. – С. 825–835.

Каев, А. М. О некоторых вопросах формирования численности популяций осенней кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) (Salmonidae) Сахалина и о. Итуруп / А. М. Каев // Вопр. ихтиологии. – 1983. – Т. 23, вып. 1. – С. 45–52.

Каев, А. М. Некоторые методические аспекты прогнозирования численности кеты и горбуши / А. М. Каев // Биол. моря. – 1989. – № 2. – С. 61–66.

Каев, А. М. О существовании группы риска среди молоди кеты *Oncorhynchus keta* при нагуле в эстуарной зоне / А. М. Каев // Вопр. ихтиологии. – 1992. – Т. 32, вып. 2. – С. 53–60.

Каев, А. М. Методические аспекты количественного учета покатной молоди лососей в реках Сахалино-Курильского региона / А. М. Каев // Изв. ТИНРО. – 2010. – Т. 162. – С. 194–206.

Каев, А. М. Оценка эффективности прогнозирования и управления промыслом горбуши в Сахалино-Курильском регионе / А. М. Каев // Изв. ТИНРО. – 2011. – Т. 167. – С. 32–53.

Каев, А. М. О влиянии экстремальных факторов среды на динамику численности горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* / А. М. Каев // Вопр. ихтиологии. – 2018. – Т. 58, № 2. – С. 179–191.

Каев, А. М. Динамика стада горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* о. Итуруп (Курильские острова) / А. М. Каев, В. М. Чупахин // Вопр. ихтиологии. – 2003. – Т. 43, № 6. – С. 801–811.

Криксунов, Е. А. Теория пополнения и интерпретация динамики популяций рыб / Е. А. Криксунов // Вопр. ихтиологии. – 1995. – Т. 35, № 3. – С. 302–321.

Путивкин, С. В. О формировании гидрологического режима нерестилищ анадырской кеты / С. В. Путивкин // Вопр. ихтиологии. – 1989. – Т. 29, вып. 1. – С. 96–103.

Чигиринский, А. И. Глобальные природные факторы, промысел и численность тихоокеанских лососевых / А. И. Чигиринский // Рыб. хоз-во. – 1993. – № 2. – С. 19–22.

Bradford, M. J. Precision of recruitment predictions from early life stages of marine fishes / M. J. Bradford // Fish. Bull. – 1992. – Vol. 90, No. 3. P. 439–453.

Каев, А. М. Status of pink salmon in the Sakhalin-Kuril region in a long-term aspect / А. М. Каев // Abstract of NPAFC Intern. Symp. “Pacific Salmon and Steelhead Production in a Changing Climate: Past, Present, and Future” (Kobe, May 17–19, 2015). – Vancouver: NPAFC, 2015. – P. 19.

Каев, А. М. Revision of data on pink salmon abundance in East Sakhalin and Kuril Islands / А. М. Каев, N. V. Klovach // NPAFC Doc. – 2014. – No. 1501. – 11 p.

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ, ПРОГНОЗ И УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В КАМЧАТСКОМ РЕГИОНЕ

**М.арк Г.еннадьевич Фельдман, Е. А. Шевляков,
В. А. Дубинин**

**ФГБНУ «Камчатский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии», feldman.m.g@kamniro.ru**

Так как в настоящее время еще не выработаны общие требования к обоснованию рекомендованного вылова для тихоокеанских лососей, то для этой цели специалистами Камчатского НИРО уже второй раз используются требования приказа Федерального агентства по рыболовству о предоставлении материалов, обосновывающих общие допустимые уловы (приказ № 104 от 6 февраля 2015 г.). В данной работе сообщается о некоторых методических аспектах и порядке обоснования объема рекомендованного вылова тихоокеанских лососей на Камчатке.

Обоснование рекомендованного вылова проводится поэтапно, в соответствии со схемой, выработанной в вышеупомянутом приказе:

- анализ доступного информационного обеспечения и выбор уровня информационного обеспечения,
- выбор методов оценки запаса,
- ретроспективный анализ запаса,
- определение биологических ориентиров,
- обоснование правила регулирования промыслом (ПРП),
- прогнозирование состояния запаса,
- объем рекомендуемого вылова согласно ПРП.

АНАЛИЗ ДОСТУПНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ВЫБОР УРОВНЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

По информационному обеспечению запасы делятся на три уровня. На первом, наиболее полном уровне информационного обеспечения для оценки запаса можно применять как методы когортного анализа с учетом того, что тихоокеанские лососи погибают после нереста (*Коре, 1987*), так и методы прямого учета. На Камчатке, где промысел лососей происходит либо в прибрежье, либо в самих нерестовых реках, используются методы прямого учета численности подходов лососей и не оценивается численность тех рыб, которые не участвуют в анадромной миграции. Численность подхода определяется как сумма всех выловленных и пропущенных на нерест рыб.

Второй уровень информационного обеспечения предполагает неполные данные. Данные по вылову, как правило, присутствуют всегда. С данными по пропуску производителей ситуация сложнее – могут быть пропуски в наблюдениях по различным причинам (например, авиаучеты не состоялись из-за недостатка финансирования) либо неполные наблюдения (авиаучеты состоя-

лись, но не совпали по срокам). В таких случаях прибегают к реконструкции неполных данных нерестового запаса. Эксперт при этом использует данные по степени промысловой нагрузки в районе запаса – показатели соседних более удачно оцененных запасов того же вида либо смежных видов того же местообитания.

Третий уровень – имеются только данные по вылову. В этом случае запас может оцениваться с помощью анализа временного ряда, корреляций или аналогий с соседними запасами того же вида или запасами смежных видов того же местообитания.

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЗАПАСА

На начальном этапе исследования проводится ретроспективный анализ, решающий следующие задачи:

- 1) определение такого набора входных данных, который можно описать одной моделью;
- 2) определение выбросов и реконструкция неполных данных.

В качестве примера (рис. 1) приводятся данные по запасу нерки Камчатско-Курильской подзоны (кроме р. Озерная), представленные в системе зависимости пополнения от родительского запаса. Их можно разделить на три временных периода, для каждого из которых свой достаточно четко выраженный уровень воспроизводства.

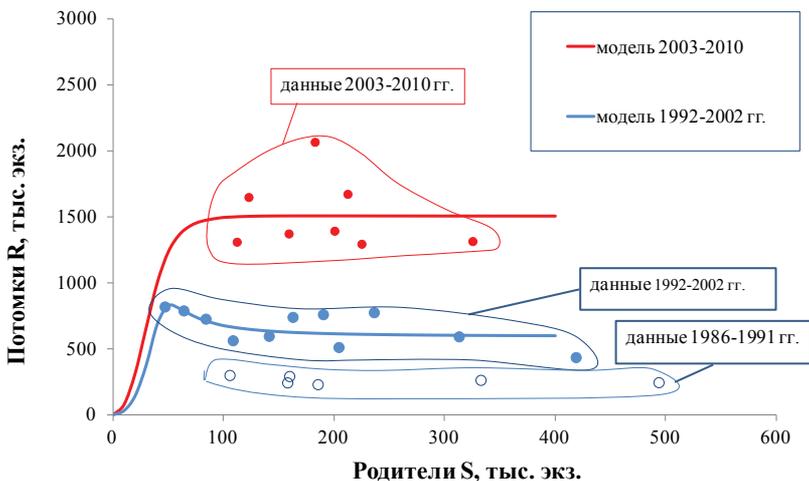


Рис. 1. Данные по нерке Камчатско-Курильской подзоны, кроме нерки р. Озерная

Естественно, что для оценивания пополнения в современный период следует использовать данные начиная с 2003 г., когда воспроизводство возросло настолько, что уже не описывалось моделью для периода 1992–2002 гг.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОРИЕНТИРОВ

После ретроспективного анализа и выбранных моделей следует с их помощью перейти к определению целевых ориентиров управления запасами. Под целевым биологическим ориентиром понимается величина запаса, соответствующая выбранной цели управления промыслом. Как правило, ею явля-

ются либо максимизации вылова, либо максимизации пополнения. Методика нахождения этих величин может быть как аналитическая (нахождения максимума функций с помощью производной), так и с помощью решения задачи на максимизацию в компьютерных программах.

Применение предосторожного подхода управления рыбными запасами обусловлено неопределенностью в оценках параметров системы запас–промысел, а также наличием некоего критического уровня запаса, ниже которого запас теряет свою устойчивость и начинается его деградация, вплоть до вымирания. Вследствие этого вводятся дополнительные биологические ориентиры: граничные и (или) буферные (Бабаян, 2000). Под граничным ориентиром понимается минимальный пропуск, обеспечивающий существование единицы запаса в биологически безопасных границах, ниже которого запас не должен опускаться. Буферный ориентир является вспомогательной величиной, учитывающей неопределенность оценки граничного ориентира. При этом в настоящее время не существует как общепринятой схемы выбора ориентиров для использования в управлении, так и общепринятых методов определения граничного ориентира (Бабаян, 2000).

Определение граничного ориентира проводим в зависимости от выбранной модели «запас–пополнение». В резонансной модели (Фельдман, Шевляков, 2015; Фельдман и др., 2016) граничный ориентир принимается равным параметру модели S_0 , который соответствует максимуму показателя выживаемости (отношения величины потомков к родителям R/S). Для целевого ориентира не всегда можно дать однозначную оценку. Например, горбуша характерна высокой восприимчивостью к воздействию внешних факторов окружающей среды и быстрыми переходами с одного уровня модели на другой (рис. 2). Однако с помощью стратификации данных можно на достаточном уровне статистической значимости определить граничный ориентир, на основе которого формулируется правило регулирования промыслом.

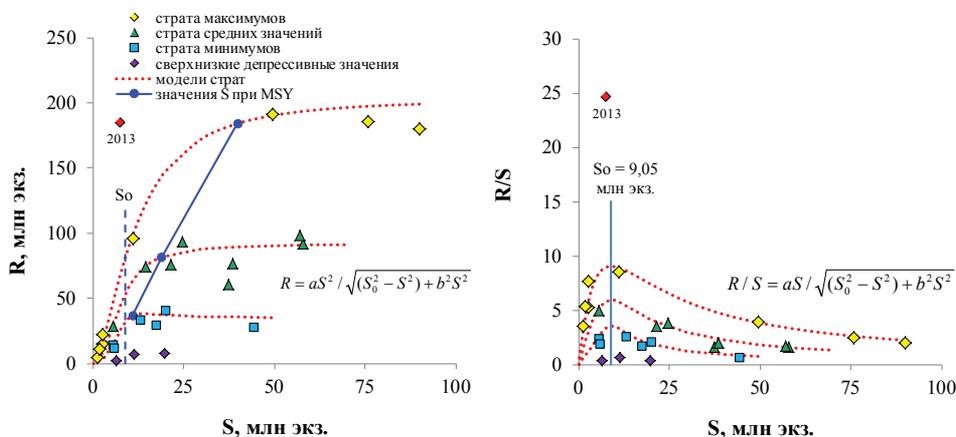


Рис. 2. Определение биологических ориентиров по стратифицированной резонансной модели зависимости пополнения от родительского запаса для камчатской горбуши

ЦЕЛИ ДОЛГОСРОЧНОЙ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ И ОБОСНОВАНИЕ ПРП

При выработке правила регулирования промыслом (ПРП) в стратегии управления запасами тихоокеанских лососей необходимо найти компромисс между максимизацией промышленного вылова и биологической безопасностью запасов лососей. Для этого ставятся следующие цели:

- 1) получение максимального среднегодового улова;
- 2) получение устойчивого максимального среднегодового пополнения;
- 3) минимизации риска появления неурожайных поколений;
- 4) обеспечение стабильного заполнения нерестилищ.

В Камчатском крае, где промысел многовидовой и могут возникать конфликты стратегий управления для разных видов рыб, необходимо максимизировать промысловую нагрузку, а в качестве целевого ориентира принимается величина нерестового запаса, обеспечивающая максимальный устойчивый вылов. Граничный ориентир в этом случае определяется с помощью методов имитационного моделирования и является, по сути, своей предосторожной оценкой, то есть буферным.

ПРП формулируется следующим образом:

1) При подходе (промысловом запасе по количеству) ниже буферного ориентира по пропуску S_{buf} возможен только вылов в научных целях.

2) При промысловом запасе N_t выше буферного ориентира по пропуску S_{buf} уровень эксплуатации возрастает согласно уравнению:

$$E_t = E_{lim} \frac{N_t - S_{buf}}{N_t + S_{buf}},$$

где E_{lim} – граничный ориентир по эксплуатации, также определяемый с помощью методов имитационного моделирования (рис. 3).

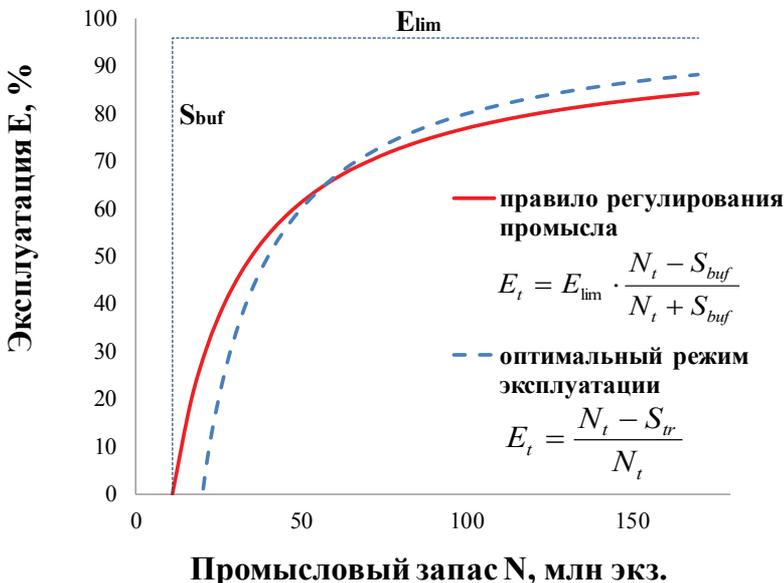


Рис. 3. Графическое отображение ПРП

В тестировании ПРП используются имитационные бутстреп-выборки. Так, для имитации отклонений от средней кривой воспроизводства у запаса карагинской горбуши (см. рис. 2) используется специальная модель для ошибок, обусловленная квазидвухлетней цикличкой, характерной для климатических факторов (Бирман, 1985; Иванов-Холодный, Чертопруд, 2008; Фельдман, Шевляков, 2015).

Для имитации отклонений от модели «запас–пополнение» была построена специальная модель, учитывающая следующие особенности. Во-первых, была учтена циклика ошибки, так как спектральный анализ, показал два основных цикла – квазидвухлетний и восьмилетний (рис. 4а). Поэтому в моделировании ошибок учитывалось, что стандартное отклонение логарифмов ошибок уменьшается с ростом логарифма пополнения. Модель для изменения стандартного отклонения, в зависимости от величины запаса, была построена с помощью фильтрации ошибок, проведенной методом скользящего окна. Для каждого окна проводился линейный тренд и снималось стандартное отклонение ошибок от тренда. Таким образом, получался отфильтрованный ряд ошибок и, соответственно, отфильтрованное стандартное отклонение. После такой фильтрации остается, по сути, только двухлетний цикл собственных колебаний численности горбуши, а квазидвухлетний и восьмилетний циклы в значительной степени нивелировались (рис. 4б).

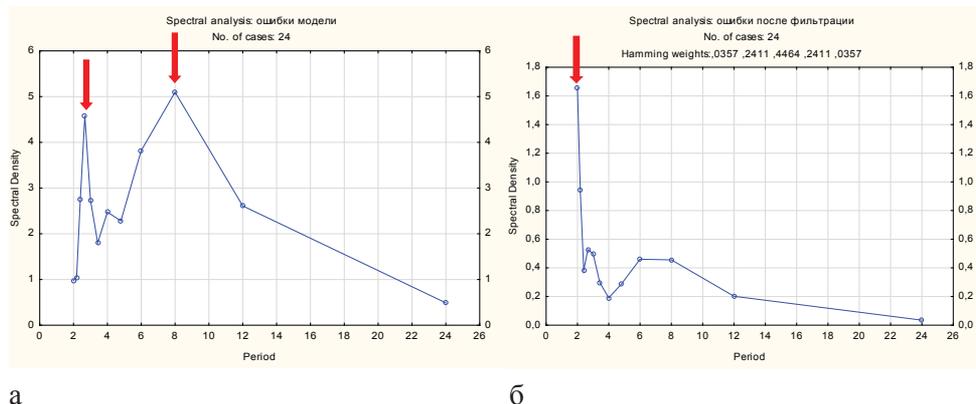


Рис. 4. Спектральный анализ ошибок модели «запас–пополнение» до (а) и после (б) фильтрации

Изменение отфильтрованного стандартного отклонения в зависимости от изменения прогнозируемого натурального логарифма численности возврата было смоделировано с помощью кривой нормального распределения. Добавив к этой модели стохастичность остатков, получаем имитационные значения для стандартного отклонения, то есть пока только одного из параметров для генерации бутстреп-выборок (рис. 5).

Второй необходимый параметр – среднее ошибок, был представлен не как стационарная, а как гармонически колеблющаяся величина. Для этого использована модель косинуса с квазидвухлетним периодом. Таким образом, были получены два необходимых параметра для имитации ошибок: среднее и стандартное отклонение, изменяющиеся по указанным моделям. С этого момента можно имитировать динамику запаса, а также формировать бутстреп-выборки для получения необходимых характеристик имитационного запаса.

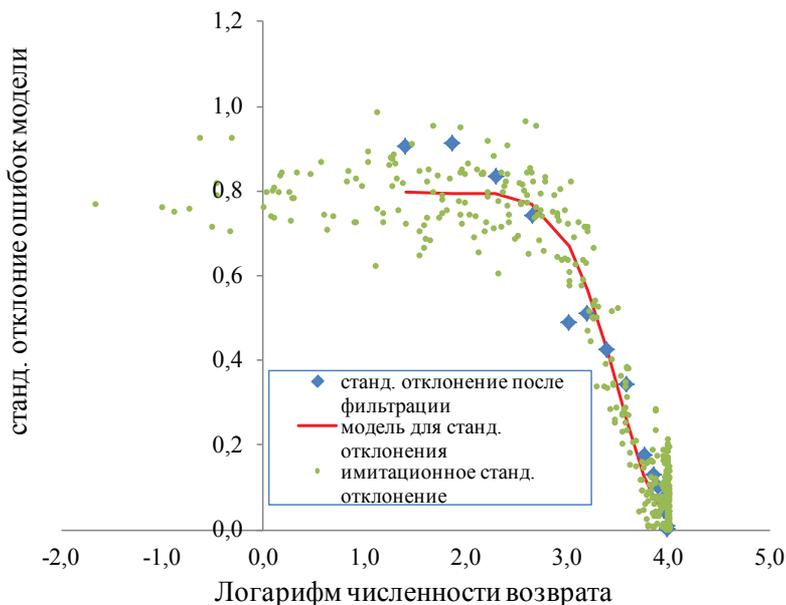


Рис. 5. Имитация изменения стандартного отклонения для ошибок модели в зависимости от предсказанного возврата

Одна из имитационных выборок наблюдаемого режима промысла, при стратегии вылова с неснижаемым остатком в 3 млн экз. и случайной величиной эксплуатационной нагрузки между 20 и 80% изъятия, показывает в динамике все наблюдаемые ранее режимы воспроизводства: преобладание одной линии над другой, смену доминант, депрессивное состояние обеих линий (**рис. 6, сверху**). Распределение имитационных наблюдений в системе «запас–пополнение» (**рис. 6, слева**) необычное и образует устойчивые группировки по уровню численности пополнения. Это доказывает правильность применения подхода по стратификации данных по запасу и пополнению, а также адекватность имитационной и априорной стратифицированной моделей. Количество страт в имитационной выборке просматривается больше трех – объясняется это тем, что в ней за гипотетический 1 000-летний период наблюдений происходят неоднократные смены режимов продуктивности и присутствуют страты обеих линий воспроизводства.

Полученная имитационная модель для отклонений использовалась для генерации бутстреп-выборок и использовалась для тестирования параметров ПРП (граничных ориентиров по эксплуатации и пропуску).

Тестируя параметры ПРП (граничные ориентиры по нерестовому запасу и эксплуатации) в определенном диапазоне с помощью бутстреп-выборок (по 100 выборок для каждой пары параметров) на выходе получают целевые характеристики запаса для различных режимов эксплуатации, в том числе и риск появления неурожайных поколений. По полученным данным строятся диаграммы, позволяющие выбрать нужный режим управления запасом в соответствии с целями управления (**рис. 7**).

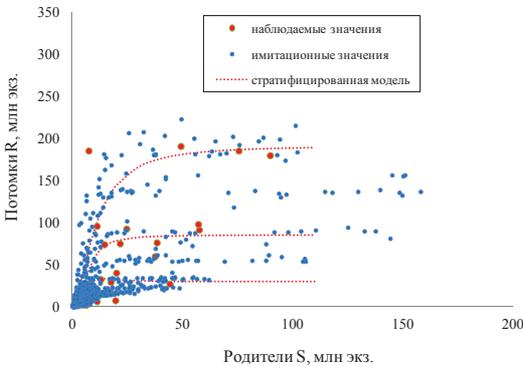
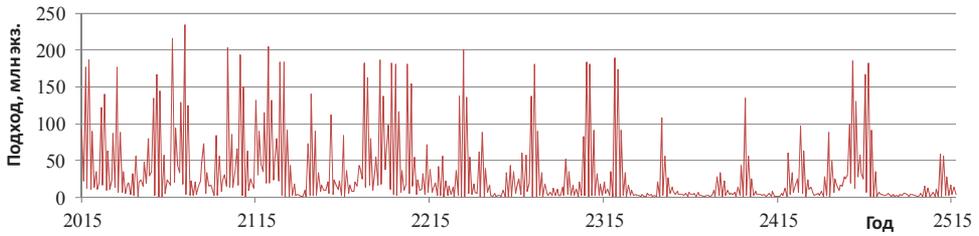


Рис. 6. Имитационная динамика запаса на 500 лет (сверху); имитационная 1 000-летняя бутстреп-выборка на фоне наблюдаемых значений и стратифицированной модели (слева)

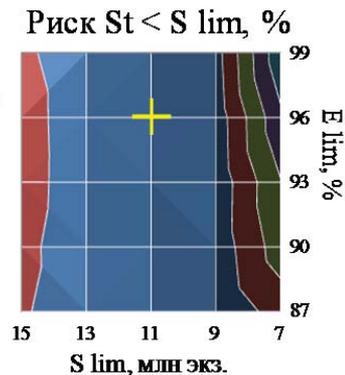
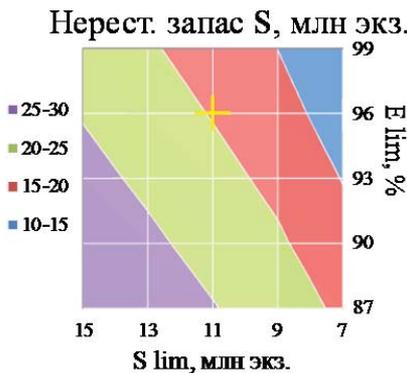
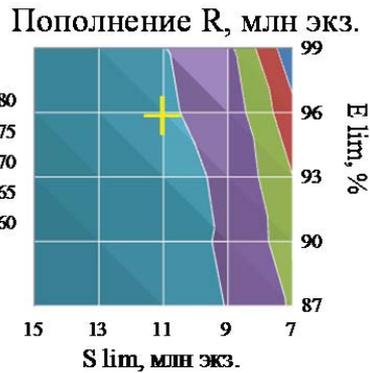
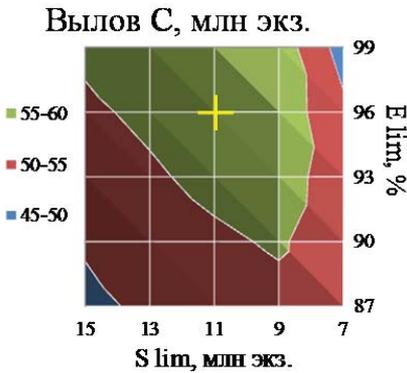


Рис. 7. Выбор режима управления промыслом с помощью контурных диаграмм в соответствии с поставленными целями: максимизация промысла и пополнения при минимизации рисков

Важным этапом тестирования стратегии управления, определяемой выбранными моделью запас–пополнение и ПРП, является оценка вероятности того, что численность возврата дочернего поколения будет меньше необходимого минимального пропуска ($S_t < S_{lim}$) в долгосрочной перспективе (например, на 50 лет). Такой риск должен составлять не более 5%. Данную вероятность также оценивали методом бутстреп-выборок.

Практически вероятность такого риска достаточно мала и составляет 0,12% (рис. 8). Сравнение основных показателей для запаса горбуши северо-востока Камчатки за последние 15 лет и для имитационного запаса с выбранным ПРП (табл.) показывает существенное снижение рисков и повышение среднего вылова в год. Следовательно, выбранную стратегию управления запасом можно считать приемлемой.

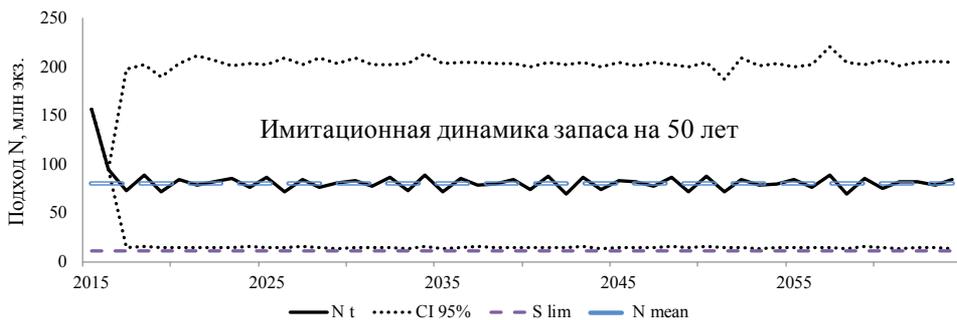


Рис. 8. Оценка риска понижения запаса ниже граничного уровня S_{lim} в имитационной динамике на 50 лет вперед

Таблица. Изменение основных показателей промыслового запаса при применении правила регулирования промыслом (горбуша Карагинской подзоны)

Показатель	2001–2016 гг.	По ПРП	Изменение
Пополнение среднее (млн экз.)	72,4	80,2	+10,7
Нерестовый запас средний (млн экз.)	32,0	20,0	–37,5
Нерестовый запас 97,5% (млн экз.)	84,5	28,0	–67
Нерестовый запас 2,5% (млн экз.)	4,5	12,0	+167
Вылов средний (тыс. т)	49,5	60,3	+21,8
Уровень эксплуатации средний	52	56	+7,7
Риск $S_t < S_{lim}$	18,8	>0,05	–99,8

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЗАПАСА

Для всех видов тихоокеанских лососей, кроме горбуши, прогноз численности старших возрастных групп основан на линейной связи с суммарной численностью уже вернувшихся в прошлые годы рыб данной возрастной когорты. При этом, с одной стороны, чем старше возрастная когорта, тем связь сильнее и прогноз ее численности более обоснован, а с другой стороны, доля и вклад этой группы в общий прогноз подхода уменьшаются (рис. 9).

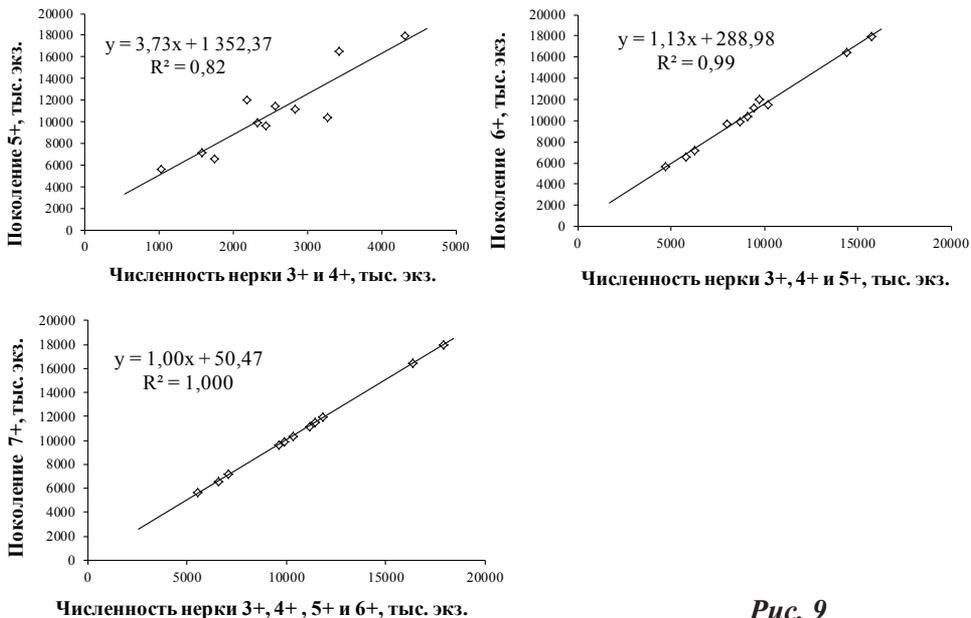


Рис. 9

Для младших возрастных групп, когда метод сиблингов становится недо-
 стоверным, прогноз их численности может основываться с помощью:

- модели запас–пополнение (рис. 10);
- моделирования показателя выживаемости R/S от родительского запаса (рис. 11);
- модели зависимости пополнения от покатников.

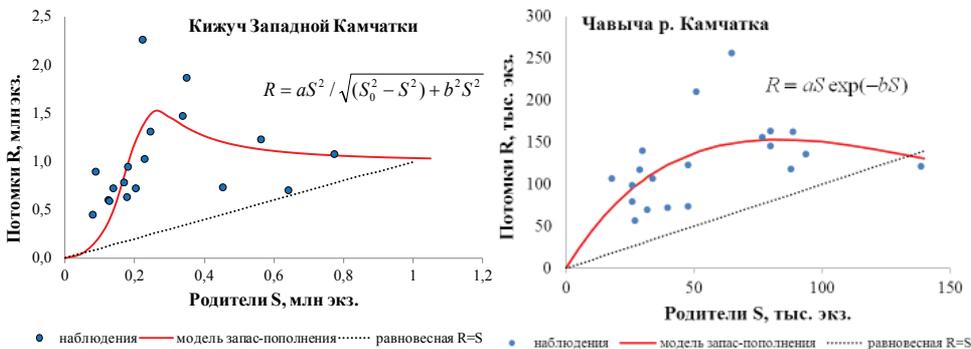


Рис. 10. Примеры моделей запас–пополнение

Прогноз долей возрастных групп определяют:

- 1) как средние за какой-либо период времени;
- 2) с помощью анализа временных рядов.

Чтобы определить суммарный подход, нужно также определить вклад в него каждой возрастной когорты. Как правило, этот вклад определяется как средний за последние несколько лет наблюдений. Однако в некоторых случаях, при циклических колебаниях долей возрастных групп и наличии двух основных групп (если их больше, то циклика в значительной степени нивелируется и можно использовать средние значения), применяются соответ-

ствующие модели. Например, для прогноза численности возрастной группы 2+ кижуча западной Камчатки использована модель авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего ARIMA (Бокс, Дженкинс, 1974). Для данного запаса около 90–95% рыб в подходе имеют возраст 2+ и 3+, и при прогнозировании подхода остальными возрастными группами можно пренебречь. Решая задачу о прогнозе доли одной когорты, автоматически получаем и долю второй когорты в остатке (рис. 12).

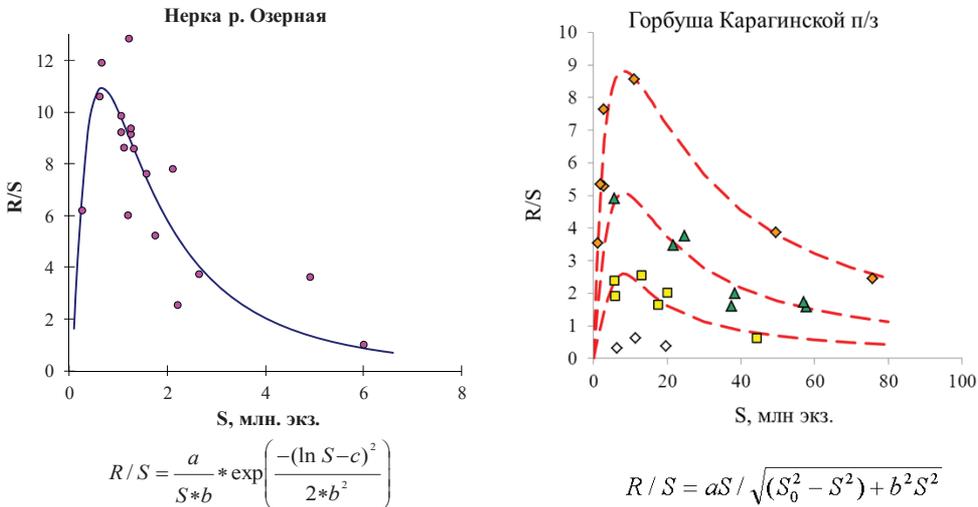


Рис. 11. Примеры моделей для зависимости индекса выживаемости R/S от родительского запаса



Рис. 12. Прогнозирование доли возрастной группы 2+ кижуча западной Камчатки с помощью модели ARIMA

Прогнозирование состояния запасов горбуши, несмотря на простую возрастную структуру, более сложное. Для этого вида невозможно выделить временные периоды для уровней воспроизводства, как для других видов тихоокеанских лососей, однако сами уровни выделить возможно, только их смена под влиянием внешних факторов происходит достаточно быстро (см. рис. 2).

Вследствие чего динамику численности или индекса воспроизводства горбуши можно использовать как предиктор для прогнозирования других видов лососей (Фельдман и др., 2014).

Для прогнозирования подходов горбуши нами в настоящее время реализуются два пути. Первый путь – непосредственная оценка подхода с помощью методологии общей регрессионной модели (ОРМ), в которой в качестве предикторов выступают смоделированные по резонансной модели типа «запас–пополнение» значения выживаемости каждого поколения горбуши, а также показания климатических индикаторов в критические периоды онтогенеза (Фельдман, Шевляков, 2015).

Второй путь – прогноз уровня численности по стратифицированной резонансной модели, то есть, по сути, решение задачи на классификацию. В качестве предикторов в таком подходе выступают данные климатических индикаторов. Для второго пути используется современный метод машинного обучения: случайный лес деревьев решений – Random Forest (Breiman, 2001). Этот метод основан на использовании множества простых моделей-классификаторов (деревьев решений) и, таким образом, является мультимодельным или ансамблевым. Прогноз страты определяется простым большинством голосов. Данный метод, в конечном итоге, может обеспечить удовлетворительную подгонку прогнозируемых значений к наблюдаемым, даже если специфическая природа отношений между предикторами и представляющим интерес откликом очень сложна и нелинейна.

ЛИТЕРАТУРА

Бабаян В. К. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ): Анализ и рекомендации по применению: монография. – М.: ВНИРО, 2000. – 192 с.

Бирман И. Б. Морской период жизни и вопросы динамики стад тихоокеанских лососей: монография. – М.: Агропромиздат, 1985. – 208 с.

Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов, прогноз и управление. М.: Мир, 1974. – Вып. 1–2. – 604 с.

Дубынин В. А., Шевляков Е. А., Ильин О. И. К методике прогнозирования численности поколений нерки *Oncorhynchus nerka* стада р. Озерная // Изв. ТИНРО. Т. 149. 2007. С. 219–225.

Иванов-Холодный Г. С., Чертопруд В. Е. Квазидвухлетние вариации полного потока излучения Солнца: их проявления в вариациях стратосферного ветра и скорости вращения Земли // Солнечно-земная физика: Сб. науч. трудов Института солнечно-земной физики СО РАН. – 2008. – Вып. 12, т. 2. – С. 291–292.

Фельдман М. Г., Шевляков Е. А. Выживаемость камчатской горбуши как результат совокупного воздействия плотностной регуляции и внешних факторов среды // Изв. ТИНРО. – 2015. – Т. 182. – С. 88–114.

Фельдман М. Г., Шевляков Е. А., Артюхина Н. Б. Оценка ориентиров пропуска производителей тихоокеанских лососей *Oncorhynchus* в бассейнах рек Восточной и Юго-Восточной Камчатки // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – 2016. – Вып. 41. – С. 51–80.

Фельдман М. Г., Шевляков Е. А., Зорбиди Ж. Х. Прогнозирование подходов лососевых (на примере кижуча Западной Камчатки) с использованием моделей экстраполяции временных рядов и моделей «запас–пополнение» // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – 2014. – Вып. 34. – С. 87–106.

Breiman L. Random Forests // Machine Learning. – 2001. – 45(1). – P. 5–32.

Kope R. G. Separable virtual population analysis of Pacific Salmon with application to marked Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) from California's central valley // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1987. – 44. – P. 1213–1220.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА УЛОВОВ ГОРБУШИ ВОСТОЧНОГО САХАЛИНА И КЛИМАТОГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

А.натолий Я.ковлевич Великанов¹, Г. Ш. Цициашвили²,
Т. А. Шатилина³, Т. В. Радченкова²

¹ ФГБНУ «Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», a.velikanov@sakhniro.ru;
² ФГБУН «Институт прикладной математики Дальневосточного отделения Российской академии наук»; ³ ФГБНУ «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр»

ВВЕДЕНИЕ

Горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*) относится к высоко флюктуирующим видам рыб. Для нее характерны не только межгодовые (двухлетние), но и значительные многолетние изменения численности и уловов, которые хорошо известны во многих районах ее добычи (Бирман, 1985; Чигиринский, 1993; Кляшторин, 2000; Горяинов, Шатилина, 2003; Кляшторин, Любушин, 2005; Radchenko et al., 2007; Шунтов, Темных, 2011; Fukuwaka et al., 2011; Шунтов и др., 2015; Шунтов, 2016).

В этой связи изучению особенностей воспроизводства горбуши, динамики ее численности и уловов в различных по масштабу районах, от отдельных речных водоемов до охвата всего видового ареала, посвящено много научных трудов (Бирман, 1966, 1985; Коновалов, 1985, 1986; Гриценко и др., 1987; Чигиринский, 1993; Радченко, Рассадников, 1997; Кляшторин, 2000; Кляшторин, Любушин, 2005; Radchenko et al., 2007; Котенев и др., 2010; Шунтов, Темных, 2011; Каев, 2014; Котенев и др., 2014; Островский, 2014, 2016; Шунтов и др., 2014; Каев, Животовский, 2016; Островский, 2016; Шунтов, 2016; Волобуев и др., 2017).

Многие исследователи обоснованно связывают долгопериодные изменения численности горбуши с опосредованным воздействием чередования климатических эпох (режимов) (Beamish, Bouillon, 1993; Кляшторин, 2000; Горяинов, Шатилина, 2003; Кляшторин, Любушин, 2005; Radchenko et al., 2007; Котенев и др., 2010; Бугаев, Тепнин, 2011; Шунтов, Темных, 2011; Fukuwaka et al., 2011; Каев, 2012; Котенев и др., 2014; Островский, 2014, 2016; Котенев и др., 2015; Волобуев и др., 2017). В то же время было убедительно показано, что на динамику численности популяций тихоокеанских лососей, в том числе горбуши, помимо глобальных факторов накладываются свой отпечаток местные (провинциальные) абиотические условия воспроизводства, и вклад местных факторов может быть решающим (Кляшторин, Любушин, 2005; Шунтов, Темных, 2011; Fukuwaka et al., 2011; Волобуев и др., 2017). Вообще говоря, влиянию региональных факторов на динамику численности отдельных популяций гидробионтов в системе глобальных изменений климата придается большое значение (Шунтов, 2000, 2016; Сугимото и др., 2001;

Tian et al., 2008). Как указывают *В. П. Шунтов* и *О. С. Темных* (2011), одной из причин несинхронных и неоднаправленных тенденций в развитии физико-географических условий, динамики популяций и биоты в целом является хорошо выраженная региональная специфика, подразумевающая преобладающее влияние на развитие явлений и процессов именно местных условий.

У берегов Сахалина и Курильских островов горбуша уже многие десятилетия является одним из важнейших объектов прибрежного лова, а по величине годовых уловов – лидирует среди тихоокеанских лососей. В этом островном регионе на протяжении всей истории изучения и промыслового освоения наиболее продуктивным районом, как по воспроизводству, так и по годовым уловам этой рыбы, был и остается восточный Сахалин, включая зал. Анива (*Канидьев, 1973; Рухлов, 1974; Каев и др., 2004; Каев, 2012, 2014, 2015*).

Вопросы изменения численности и годовых уловов сахалинской горбуши, в том числе размножающейся в реках восточного побережья острова, рассматривались неоднократно в разные периоды лет (*Канидьев, 1973; Рухлов, 1974; Гриценко и др., 1987; Каев и др., 2004; Каев, 2011, 2012, 2014, 2015; Котенев и др., 2014, 2015*). Однако вопросы влияния климатоокеанологических условий на формирование численности этой рыбы исследовались лишь в некоторых трудах приведенного списка. В частности, ранее была выявлена зависимость между соотношением численности родителей и потомства горбуши р. Поронай и количеством градусо-дней в поверхностном слое в зал. Терпения в июне–июле (*Гриценко и др., 1987*). Этими авторами был сделан вывод, что положительные температурные аномалии в прибрежье способствуют лучшей выживаемости молоди и формированию урожайных поколений и наоборот.

На 40-летнем ряде наблюдений были выявлены умеренные корреляционные связи между годовыми уловами горбуши восточного Сахалина и атмосферным давлением в приземном слое (*Горяинов, Шатилина, 2003*). В целом, список публикаций на эту тему для горбуши восточного Сахалина очень короткий и почти исчерпывается приведенными ссылками (*Гриценко и др., 1987; Горяинов, Шатилина, 2003; Котенев и др., 2014, 2015*). Можно констатировать, что вопросы воздействия гидрометеорологических условий на воспроизводство горбуши восточного Сахалина с учетом изменений климатического режима до сих пор остаются мало исследованными.

В общем, очевидно, что, несмотря на определенный прогресс и продвижение в понимании этой проблемы, общий объем достигнутых знаний, как и понимание основных причин, воздействующих на наблюдаемые колебания запасов горбуши этого района, до сих пор оставляют желать лучшего. Это становится особенно очевидным при оценке эффективности прогнозирования численности и годовых уловов горбуши в рассматриваемом районе, впрочем, как и во многих других районах ее ареала (*Котенев и др., 2015; Шунтов, Темных, 2016*).

Степень актуальности этих вопросов особенно возросла в настоящее время, в начале нового столетия, когда после достижения исторического максимума вылова в 2009 г. в объеме 224,34 тыс. т численность возвратов горбуши поколений нечетных лет у берегов восточного Сахалина стала ежегодно существенно сокращаться. В целом, первое десятилетие XXI в. ознаменовалось рекордными уловами горбуши на восточном Сахалине и южных Курильских островах (*Каев, 2012*). Однако в последние годы, в середине следующего 10-летия, наметился заметный спад численности этой рыбы,

и соответственно, ее уловов (Каев, Сидоренко, 2015; Шунтов и др., 2015, 2016; Каев, 2016).

Стремительно происходящие изменения численности горбуши, воспроизводящейся в реках восточного Сахалина, привели к существенному сокращению объемов ее вылова, до уровня 40–60 тыс. т в 2015–2016 гг. (Шунтов и др., 2015, 2016; Каев, 2016). Конечно, по сравнению с ее уловами в 1951–1988 гг. – 0,6–42,3 тыс. т – приведенные цифры вылова представляются достаточно высокими, хотя они примерно в 4–6 раз ниже максимально достигнутого уровня. Но, в общем, понятно, что период максимальной численности у всех популяций рыб довольно ограничен по продолжительности в связи с безостановочным процессом изменения условий воспроизводства и выживания поколений в меняющихся состояниях экосистем. Между тем убедительных объяснений причин сформировавшегося нового тренда в динамике запасов горбуши данного района в литературе пока представлено не было.

Ранее (Каев, 2011) было высказано предположение, что наблюдавшееся снижение численности возврата ранней темпоральной формы горбуши в зал. Анива (2003–2008 гг.) и на о. Итуруп (2006–2010 гг.) указывает на предстоящее падение уловов в этих районах. В последующие годы этот прогноз подтвердился, вплоть до 2015 г. Вместе с тем прогноз возможного вылова горбуши по восточному Сахалину на 2015 г. в целом оказался крайне завышенным (Каев, Сидоренко, 2015). Завышенные цифры были получены как при расчете ожидаемой численности с использованием ансамблевого метода (оправдываемость – менее 30%), так и при расчете с использованием традиционного метода (до 32%). Однако и в этом случае имеется лишь одна публикация, где предложено некоторое объяснение возможных причин, приведших к такому значительному снижению численности горбуши рассматриваемого района. В частности, Б. Н. Котенев с соавторами (2015) считают, что похолодание в прибрежной зоне моря и мощное ветровое воздействие на скатившуюся в Охотское море молодь у южного Сахалина и о. Итуруп в мае и июне 2014 г., вероятно, были основными причинами низкого возврата горбуши в 2015 г. В большинстве других опубликованных работ, касающихся данного вопроса, такие причинно-следственные связи не рассматривались (Каев, Сидоренко, 2015; Шунтов и др., 2015; Каев, 2016; Шунтов, Темных, 2016). Конечно, это связано с большой сложностью рассматриваемой проблемы и значительной многофакторностью ее формирования.

В связи с этим основные задачи статьи заключаются в следующем:

- выявление значимых цикличностей в многолетних уловах горбуши этого района;
- выявление многолетних трендов этих уловов;
- оценка гидрометеорологических условий при межгодовых и многолетних изменениях уловов и возможного воздействия этих факторов на формирование численности поколений горбуши рассматриваемого района воспроизводства.

ДАнные И МЕТОды

Динамика уловов является основным индексом численности тихоокеанских лососей. Использование статистических данных уловов горбуши для оценки изменения численности ее нерестовых подходов в различных районах воспроизводства является традиционным методическим приемом (*Beamish*,

Bouillon, 1993; Кляшторин, 2000; Горяинов, Шатилина, 2003; Кляшторин, Любушин, 2005; Radchenko et al., 2007; Бугаев, Тепнин, 2011; Шунтов, Темных, 2011). Сравнительный анализ динамики абсолютной численности и годовых уловов горбуши в различных регионах азиатского побережья показал, что в большинстве случаев различия между динамикой этих показателей незначительны (*Варнаевская и др., 1995*). А. А. Антоновым (2005) было показано, что динамики годовых уловов и абсолютной численности горбуши в зал. Анива (о. Сахалин) также характеризуются высокой положительной корреляцией ($R^2=0,97$). В этой связи использование статистики уловов горбуши восточного побережья Сахалина для аналогичных задач вполне уместно и оправданно.

Для оценки межгодовых и многолетних изменений уловов горбуши у восточного Сахалина использованы статистические данные по ее годовым уловам из базы данных ФГБНУ «СахНИРО» за период 1951–2015 гг., основанной на официальных статистических показателях ФГБУ «Сахалинрыбвод» и Сахалино-Курильского территориального управления Росрыболовства. Отклонения годовых уловов от среднемноголетней оценки (52,83 тыс. т) рассчитывались для периода 1980–2015 гг.

Основными данными для описания и оценки климатоокеанологических условий у восточного побережья Азии послужили архивы реанализа (NCEP/NCAR ReanalysisMonthlyMeansandOtherDerivedVariables) атмосферного давления, геопотенциала H_{500} и температуры воздуха в узлах регулярной сетки $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ за период 1950–2015 гг. Для анализа термических условий в юго-западной части Охотского моря и у восточного Сахалина использовался архив японского метеорологического агентства (http://ds.data.jma.go.jp/gmd/goos/data/rtrtdb/jma-pro/cobe_sst_glb_M.html) за период 1985–2016 гг.

Нами были выбраны оценки коэффициента линейного тренда (a), остаточная изменчивость (s) и их отношения (a/s). Тренд считался значимым, когда значения для отношения коэффициента тренда к остаточной изменчивости (a/s) превышало или равнялось 0,04, что позволяло проверить гипотезу о наличии тренда точностью 0,95 в рамках гипотезы о независимости и нормальном распределении флуктуаций (*Шатилина и др., 2010*). Для выделения доминирующих периодов во временных рядах уловов горбуши и гидрометеорологических условиях используется метод Фурье в предположении, что имеется линейный тренд на фоне достаточно больших флуктуаций. Поскольку его оценка содержит ошибку, то предлагается альтернативный вариант оценки коэффициентов Фурье. Для распознавания месяцев и их статистической оценки, в которые формируются критические условия для горбуши восточного Сахалина, применялся метод интервального распознавания, описанный в работах (*Цициашвили и др., 2002; Шатилина и др., 2006*).

Основная идея использования метода интервального распознавания заключается в том, что наблюдаются низкие коэффициенты корреляции, используемые в связях между гидрометеорологическими условиями и динамикой вылова гидробионтов. Это связано с тем, что во временных сериях природных параметров существуют аномальные выбросы. Сущность алгоритма заключается в следующем. Предположим, что имеется N объектов $1, \dots, N$, характеризующихся основным (скалярным) и сопутствующим (векторным) признаками: $(a(1), b(1)), \dots, (a(N), b(N))$. Пусть для основного признака выбран критический уровень a и выделены все (критические) объекты $i(1), \dots, i(r)$, удовлетворяющие условию $a(i(1)) > a, \dots, a(i(r)) > a$, r – количество критических объектов.

Обозначим: $V = \min(b(i(1)), \dots, b(i(r)))$, $A = \max(b(i(1)), \dots, b(i(r)))$. Эти равенства выполняются покомпонентно, тогда по построению для любого k $1 \leq k \leq r$ (покомпонентно) выполняется неравенство: $V \leq b(i(k)) \leq A$ (1).

Определим число m не критических объектов j , удовлетворяющих неравенству: $V \leq b(j) \leq A$. Эти объекты с помощью интервального решающего (распознающего) правила (1) будут ложно относиться к разряду «критических». Вследствие этого коэффициент интервального распознавания $n = r / (r + m)$ является аналогом коэффициента множественной регрессии.

Как раз метод интервального распознавания с большим числом сопутствующих признаков настроен на прогнозы аномальных выбросов, что достаточно хорошо показано на прогнозе экстремальной ледовитости Охотского и Японского морей. Данный метод способен работать с большими объемами данных и быстро их обрабатывать. Для этого мы используем данные атмосферных параметров в узлах сетки для центрального района 2 е.с.р. (30–40° с. ш., 120–160° в. д.). В этот район входят Японское и Охотское моря и прилегающая часть Тихого океана. Над этим районом расположены основные региональные центры действия атмосферы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Краткая характеристика многолетних уловов горбуши восточного Сахалина

На рисунке 1 представлен многолетний вылов горбуши на восточном Сахалине и линейные тренды. Отметим, что представленную многолетнюю динамику уловов можно разделить на две серии лет (два периода), которые четко выделяются как по направленности трендов, так и по диапазону величин годовых уловов. Если в 1951–1988 гг. уловы горбуши не превышали 42,3 тыс. т и межгодовые колебания были небольшими, то в последующей серии они достигли исторического максимума 224,34 тыс. т и в целом характеризовались значительной межгодовой амплитудой уловов.

На первом этапе исследований рассчитаем значимость тенденций для временного ряда уловов горбуши за весь период и для периодов 1951–1988 и 1989–2015 гг. (исходя из визуального анализа разных тенденций).

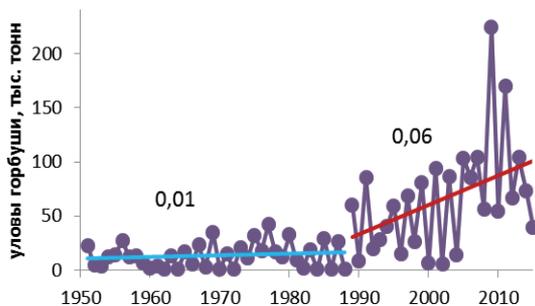


Рис. 1. Динамика уловов горбуши у восточного Сахалина 1951–2015 гг. и линейные тренды (a/s), цифрами на графиках обозначена значимость тренда для двух периодов (1950–1988 гг.) и (1989–2015 гг.)

Видно, что для первого периода он незначим, а последний период имеет высокую положительную значимость. Заметим также, что наибольшие флуктуации в уловах отмечаются также в последний период. То есть на фоне больших флуктуаций в уловах сахалинской горбуши происходит ее значительный рост (особенно в нечетные годы).

Исходя из анализа **рисунка 1**, большие уловы горбуши для поколений нечетных лет наблюдались в 2005, 2007, 2009 (исторический максимум), 2011 и 2013 гг. Экстремально низкие уловы для периода 1989–2015 гг. отмечались в 1993 и 2015 гг.

Как следует из данных **таблицы 1**, применение метода Фурье позволило выявить несколько характерных цикличностей, присущих для рассматриваемых многолетних рядов уловов горбуши восточного Сахалина. В частности, помимо двухлетней цикличности для всего ряда уловов доминирующими циклами являются 4- и 6-летний циклы. Для периода 1951–1988 гг. доминирующим являлся 4-летний цикл. Но в последний период (1989–2015 гг.) доминирующими являются 7- и 9-летний циклы.

Таблица 1. Модули коэффициентов Фурье для временного ряда уловов горбуши

Периоды	2	3	4	5	6	7	8	9	10
51–15	8,7	5,8	7,8	3,3	5,7	2,0	0,3	2,0	0,6
51–88	0,6	0,7	2,9	1,7	0,9	0,4	0,4	0,8	2,1
89–15	13,5	1,7	0,9	1,1	3,1	9,9	1,8	7,9	5,9

Видно, что наибольшие модули Фурье отмечаются для 2-летнего цикла, но он связан с четностью в уловах горбуши.

В связи с выявленными особенностями в трендах и цикличности уловов представляет интерес рассмотреть, на каком климатогидрологическом фоне происходили изменения в уловах горбуши восточного Сахалина.

2. Межгодовая изменчивость гидрометеорологических процессов в Охотском и Японском морях, многолетние тренды и их статистические оценки

В ряде работ были сделаны статистические оценки изменчивости в интегральных характеристиках атмосферной циркуляции в центрах действия атмосферы (ЦДА) над вторым естественно-синоптическим районом северного полушария (2 е.с.р) (*Цициашвили и др., 2011; Шатилина и др., 2014*). На **рисунке 2** представлена межгодовая изменчивость аномалий геопотенциала H_{500} над азиатской депрессией (она располагается в координатах 25–40° с. ш., 80–115° в. д.). Заметим, что изменчивость в этом центре характеризует интенсивность субтропического антициклона, влияющего на муссонный режим Восточной Азии.

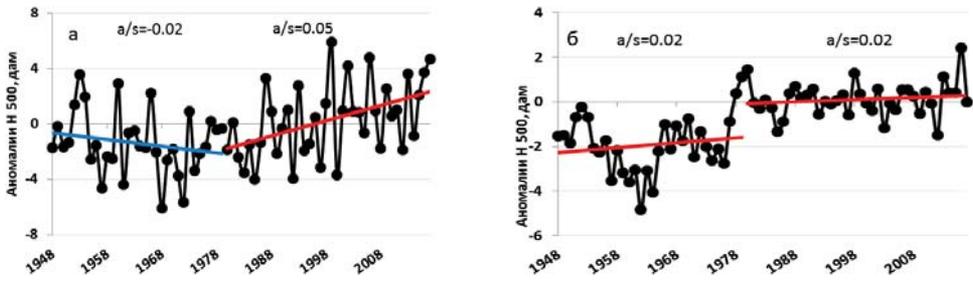


Рис. 2. Межгодовая изменчивость аномалий геопотенциала в средней тропосфере (H_{500} , дам) над азиатской депрессией (АД) в 1948–2016 гг. и статистические оценки изменений (цифрами на графиках обозначена значимость линейного тренда): а – в феврале, б – в июне

По данным **рисунка 2** видно, что в период 1980–2016 гг. происходит существенное изменение в режиме АД. В частности, в феврале отмечается значимый тренд H_{500} , а в июне – видимый скачок к росту H_{500} с конца 1978–1979 гг. Однако в июне оба выявленных периода не имеют значимых трендов.

Эти изменения наблюдались и в режиме региональных ЦДА, таких, как летняя дальневосточная депрессия (ЛДД) и охотский антициклон (ОА). Отметим, что эти центры обуславливают режим летнего муссона над Дальним Востоком (*Шатилина, Анжина, 2011*). На **рисунке 3** представлена межгодовая изменчивость аномалий приземного давления над Охотским морем (в области расположения охотского антициклона) в июне и июле (в эти месяцы антициклон наиболее активен).

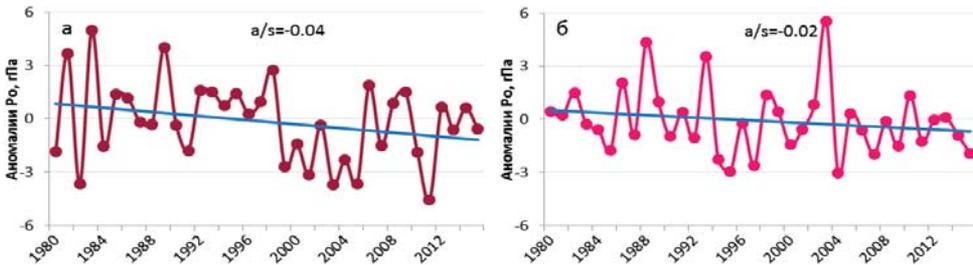


Рис. 3. Межгодовая изменчивость аномалий приземного давления над Охотским морем: а – в июне; б – в июле (характеризует интенсивность ОА) и значимость линейных трендов

Видно, что значимый отрицательный тренд в интенсивности ОА отмечается в июне, что свидетельствует об ослаблении первой (холодной стадии дальневосточного муссона).

Описанные изменения в режиме ЦДА обуславливают положительные тренды в феврале для временного ряда температуры воды в северной части Японского моря на траверзе пр. Лаперуза (**рис. 4а**) и в июне в области Цусимского течения (**рис. 4б**).

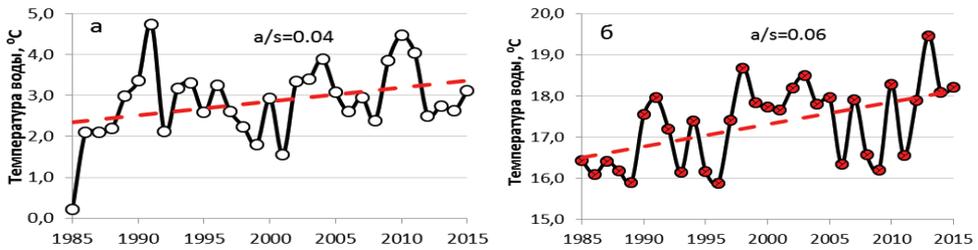


Рис. 4. Межгодовая изменчивость аномалий температуры воды и линейные тренды: а – на трассе пр. Лаперуза в феврале, б – в области Цусимского течения в июне 1985–2015 гг.

Из представленных данных можно видеть, что рост температуры воды согласуется с ростом H_{500} над южным азиатским антициклоном. Усиление субтропических антициклонов в период 1980–2016 гг. ранее уже было отмечено (Плотников, Мезенцева, 2015; Шатилина и др., 2016).

Изменчивость и экстремальность климата в ЦДА является одной из причин изменения в гидрометеорологических условиях над районом восточного Сахалина. На **рисунках 5а, б** представлен межгодовой ход аномалий геопотенциала H_{500} и температуры воздуха у земли над районом восточного Сахалина в зимний период 1980–2016 гг.

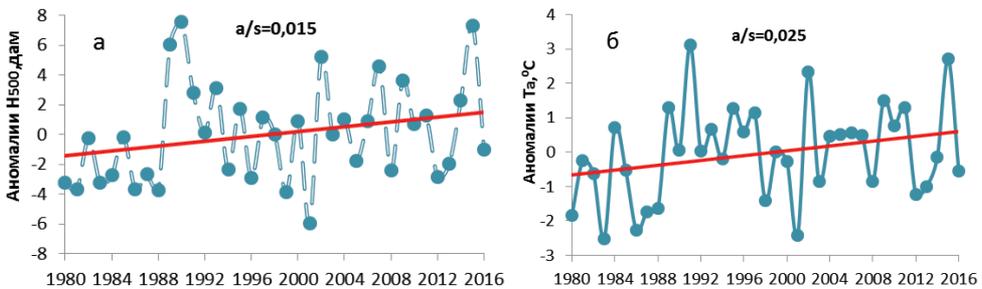


Рис. 5. Межгодовой ход аномалий геопотенциала H_{500} (а) и приземной температуры воздуха (T_a) (б) над восточным Сахалином в январе–феврале 1980–2016 гг. и значимость тренда

Видно, что в период 1980–1988 гг. отмечается понижение геопотенциала H_{500} , а с 1989 г. – его рост. Но тренды не значимы, в отличие от трендов над упомянутыми выше ЦДА. Это связано с большими флуктуациями параметров. Отметим, что аномалия геопотенциала H_{500} отражает состояние климатической тропосферной ложбины у восточного побережья Азии. В период ее усиления (понижение H_{500}) на район восточного Сахалина оказывает влияние очаг холода над северо-западной частью Охотского моря. Экстремальное понижение отмечалось и в 2001 г., в котором в Татарском проливе и Охотском море наблюдались суровые ледовые условия. Низким аномалиям H_{500} соответствуют низкие температуры воздуха у земли, а высоким – высокие значения.

На **рисунках 6а, б** представлена межгодовая изменчивость аномалий приземного давления (P_0) и приземной температуры воздуха (T_a) в июне 1980–2016 гг., так как в этом месяце в основном происходит скат молоди горбуши в прибрежье восточного Сахалина (Гриценко и др., 1987).

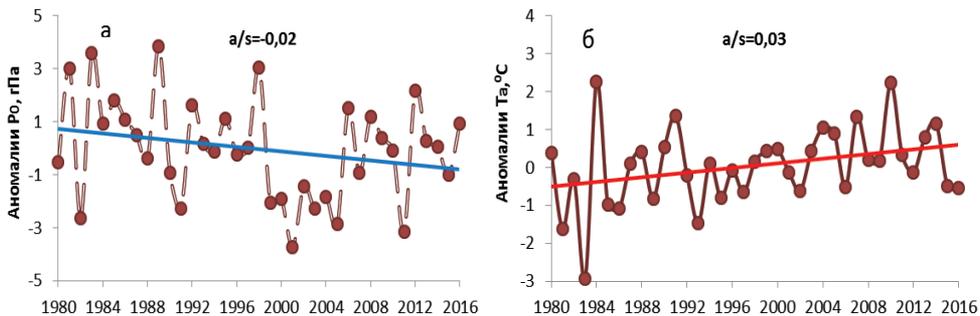


Рис. 6. Межгодовая изменчивость аномалий приземного давления P_0 (а) и приземной температуры воздуха T_a (б) над восточным Сахалином в июне 1980–2016 гг. и их статистические оценки

Отметим, что в июне наблюдается снижение влияния охотского антициклона на район воспроизводства и рост приземной температуры воздуха, но, как и зимой, тренды не значимы. Это связано с наличием больших флуктуаций. Так, экстремальными годами для временного ряда P_0 были: 1982 (–2,6), 1983 (3), 1991 (–1,5), 2001 (–3,7), 2011 (–3,1), а также 1989, 1998 и 2012 гг.

Рассматривая динамику аномалий ледовитости Охотского моря за 133-летний период, представленную в работе В. М. Пицальника с соавторами (2016), мы обнаружили, что ход интегральной кривой многолетних аномалий ледовитости имеет хорошее совпадение с выявленными двумя трендами многолетних уловов горбуши у восточного Сахалина (см. рис. 1). В частности, в 1951–1988 гг. накопленная аномалия ледовитости была относительно стабильной и характеризовалась высокими положительными значениями в диапазоне от +220 до +300%. В последующем, с конца 1980-х гг., эта кривая характеризовалась резким уклоном и значительным падением годовых значений (от +220 до –100%), которое продолжалось вплоть до 2015 г. Следовательно, можно говорить о том, что первый период характеризовался высокой ледовитостью, а косвенно это указывает на холодный термальный фон морских вод в этот период. Соответственно, второй период (1989–2015 гг.) был более тепловодным.

Рассуждая о влиянии ледовитости на морские воды восточного Сахалина, важно отметить, что северная и южная части Охотского моря (без зал. Анива) характеризуются максимальной повторяемостью ледового режима – до 88% (Минервин, Пицальник, 2015). К этому можно добавить, что, по данным этих авторов, в начале XXI в. в ледовом режиме Охотского моря относительно периода 1961–1990 гг. произошел существенный климатический сдвиг. В первый десятилетний период нового столетия продолжительность активной фазы ледовых процессов уменьшилась в среднем на один месяц, а площадь ледяного покрова сократилась на 200 тыс. км². На фазе максимального развития ледовых процессов в Охотском море это соответствует уменьшению средней площади массива льда почти на 20%.

Гидрометеорологические условия в июне 1981, 1983, 1985, 1987, 1993, 2015 гг. характеризовались усилением холодной стадии дальневосточного муссона, что обусловило усиление стока холодных вод из Охотского моря. На рисунке 7 показана межгодовая изменчивость аномалий температуры воды у восточного Сахалина (район 48–52° с. ш., 142,50–150° в. д.) в июне

1985–2015 гг. Представленная кривая полидоминантна, и какой-то один ярко выраженный многолетний тренд на ней не просматривается. Анализируя эту кривую, обратим внимание на два аспекта. Самые низкие аномалии ТПМ отмечены в 1985, 1993, 2001 и 2015 гг. На кривой также четко выделяются две серии лет с устойчивым понижением температуры поверхностной воды (1988–1993 и 2009–2015 гг.). Ниже мы рассмотрим, отражались ли указанные факты на уловах горбуши.

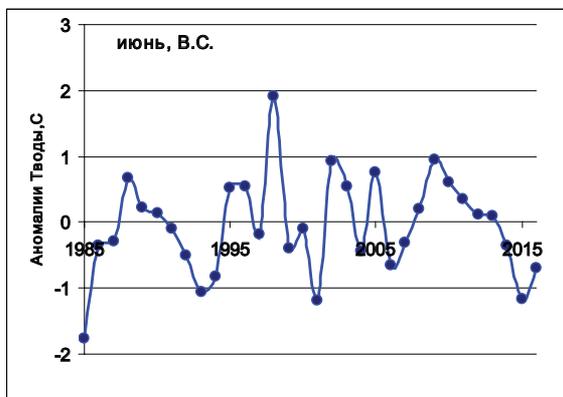


Рис. 7. Межгодовая изменчивость аномалий температуры воды у восточного Сахалина в 1985–2016 гг.

3. О влиянии гидрометеорологических условий на многолетнюю динамику вылова горбуши

В целом, анализ многолетней изменчивости аномалий ряда климатических факторов показал хорошее совпадение направленности трендов с годовыми уловами в многолетней изменчивости геопотенциала (H_{500}) Азиатской депрессии и геопотенциала юго-западной части Охотского моря, а также приземной температуры воздуха юго-западной части Охотского моря и этого же показателя в районе восточного Сахалина. В многолетней изменчивости аномалий приземного давления над Охотским морем и у восточного Сахалина, а также аномалий накопленной ледовитости Охотского моря выявлена противоположная направленность трендов по отношению к уловам (табл. 2).

Обращает на себя внимание тот факт, что второй период годовых уловов горбуши с ярко выраженным положительным трендом согласуется со значимыми трендами в ЦДА в феврале и с режимным сдвигом в АД в июне, а также со значимыми трендами во временных сериях температуры воды в Японском море. Кроме того, положительный тренд в динамике горбуши согласуется с отрицательным трендом в ледовитости Охотского моря. Механизм этого сдвига был описан в работе (Шатилина и др., 2014). Заметим, что основной рост уловов горбуши восточного Сахалина наблюдался именно в новом столетии, когда и был отмечен исторический максимум вылова (2009 г.). Таким образом, очевидно, что многолетние периоды высоких и низких уловов горбуши рассматриваемого района каким-то образом связаны с многолетними изменениями ледового режима Охотского моря.

Таблица 2. Климатические тренды и их сопряженность с трендами уловов горбуши у восточного побережья Сахалина

Фактор	Индекс	Сопряженность
Геопотенциал АД (H_{500})	Межгодовая аномалия	Совпадение направленности трендов
Геопотенциал ЮЗОМ (H_{500})	Межгодовая аномалия	Совпадение направленности трендов
Приземное давление, Охотское море	Межгодовая аномалия	Противоположная направленность трендов
Приземное давление, восточный Сахалин	Межгодовая аномалия	Противоположная направленность трендов
Приземная температура воздуха, ЮЗОМ	Межгодовая аномалия	Совпадение направленности трендов
Приземная температура воздуха, восточный Сахалин	Межгодовая аномалия	Совпадение направленности трендов
Накопленная ледовитость, Охотское море	Межгодовая аномалия	Противоположная направленность трендов
ТПМ, пр. Лаперуза	Межгодовая аномалия	Совпадение направленности трендов
ТПМ, восточный Сахалин	Межгодовая аномалия	Совпадение с циклами устойчивого снижения ТПМ

Наблюдаются сходство и близкая статистическая значимость тенденций в климатических параметрах и динамике уловов горбуши, но выявленное сходство в динамике представленных климатических показателей не позволяет обнаружить механизм формирования динамики численности горбуши восточного Сахалина. Это может быть связано с тем, что на фоне изменчивости и положительной динамики крупномасштабных и региональных атмосферных процессов существуют локальные максимумы или минимумы параметров, определяющие условия над районом воспроизводства горбуши, способствующие аномальным выбросам в динамике вылова. Время и место экстремальных гидрометеорологических условий могут совпадать с жизненным циклом горбуши. Методы их прогноза отличаются от регрессионных моделей, о чем мы уже писали в предыдущих работах.

Отметим, что к региональным ЦДА относятся следующие объекты. *Летняя дальневосточная депрессия (ЛДД)*, расположенная над северо-восточным Китаем и примыкающими к нему районами Приамурья и Монголии, является климатически достаточно устойчивым барическим образованием теплого полугодия. В период май–август над Охотским морем часто наблюдаются области высокого давления (*охотский антициклон – ОА*). В июле–сентябре большое влияние на Охотское море оказывает гребень *гавайского антициклона (ГА)*. Взаимодействие ЛДД с ОА и ГА способствует интенсивному переносу воздушных масс с океана на континент и установлению летнего муссона над дальневосточными районами. В зимнее время над Охотским морем усиливается циклогенез, а в тропосфере наблюдается *охотский циклон (ОЦ)*. В зимнее время над Камчаткой часто располагается высотный

гребень *Тихоокеанского антициклона (ТА)* с выходом в пределы Охотского моря, что формирует аномальные атмосферные и термические условия над морем.

Для убедительности наших представлений рассчитаем коэффициенты корреляции между интегральными характеристиками в атмосфере в региональных ЦДА, представленных в работах (*Шатилина и др., 2014*), и величиной улова горбуши.

В **таблице 3** представлены коэффициенты корреляции между уловами горбуши на восточном Сахалине и интегральной характеристикой атмосферной циркуляции в средней тропосфере (геопотенциал H_{500}) в центрах действия атмосферы над Дальним Востоком в январе–декабре в период 1951–2015 гг.

Таблица 3. Коэффициенты корреляции между данными геопотенциала H_{500} над центрами действия атмосферы (ЦДА) и уловами горбуши на Восточном Сахалине (по месяцам)

ЦДА	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ЛДД					0,31	0,54	0,39		0,49			
						0,52	0,37		0,44			
СЗТО					0,50	0,45						
					0,55	0,41						
Охотское море					0,46	0,41					0,30	
					0,53	0,35	0,33				0,38	
Японское море						0,44			0,42			
						0,45	0,35		0,43	0,34		
Юго-западная часть Охотского моря					0,33	0,41			0,38			
					0,40	0,38	0,30		0,39	0,34		
Ленско-Колымское ядро холода					0,52						0,31	
					0,62						0,33	
ГА							0,43	0,31	0,42	0,35		
							0,41		0,30	0,35		
АД			0,30		0,35	0,40	0,43	0,46	0,47	0,42	0,36	
			0,41					0,30				

Красным шрифтом выделены значения коэффициента корреляции между H_{500} для ряда 1950–2014 гг. и уловами горбуши для ряда 1951–2015 гг. Черным шрифтом – значения коэффициента корреляции между H_{500} для ряда 1980–2015 гг. и уловами горбуши для ряда 1981–2015 гг.

Видно, что наибольшие коэффициенты корреляции отмечаются в мае и июне между значениями геопотенциала H_{500} (характеризует термобарическое состояние атмосферы) и уловами горбуши в последующий период (со сдвигом на один год). Причем наиболее тесная связь отмечается между значениями H_{500} над областью летней дальневосточной депрессии в июне, районом, расположенным над *северо-западной частью Охотского моря (СЗТО)* в мае и июне, и значениями H_{500} над областью *Ленско-Колымского ядра холода* (60–70° с. ш., 130–160° в. д.) в мае. В летний период коэффициенты корреляции

увеличиваются между крупномасштабными ЦДА, гавайским антициклоном и *азиатской депрессией (АД)*. Напомним, что эти центры наиболее активны в летний период.

В **таблице 4** представлены коэффициенты корреляции между показателями приземной температуры воздуха и уловами горбуши у восточного Сахалина.

Таблица 4. Коэффициенты корреляции между данными приземной температуры воздуха (Т_а) над центрами действия атмосферы (ЦДА) и уловами горбуши на восточном Сахалине (по месяцам)

ЦДА	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ЛДД			0,33		0,31	0,46	0,31		0,40			
						0,52	0,43	0,36	0,49	0,37		
Японское море									0,45	0,45		
						0,33	0,37	0,31	0,53	0,47		
СЗТО						0,52	0,45	0,42	0,43	0,30	0,33	
			0,35			0,51	0,39	0,40	0,54	0,32	0,33	
Охотское море						0,44	0,54	0,55	0,67	0,45	0,36	
			0,33			0,46	0,46	0,46	0,63	0,38	0,41	
Камчатка							0,53	0,44	0,56	0,34	0,37	0,41
							0,56	0,48	0,63		0,35	0,37
Юго-запад Охотского моря						0,33	0,31	0,39	0,62	0,48	0,30	0,33
			0,35			0,37	0,40	0,37	0,66	0,45		
Ленск.					0,45						0,36	
					0,39				0,31		0,31	
ГА									0,42	0,39	0,30	
			0,40					0,41	0,47	0,45		0,31
АД											0,32	0,33
			0,38								0,30	0,46

Красным шрифтом выделены значения коэффициента корреляции между Т_а для ряда 1950–2014 гг. и уловами горбуши для ряда 1951–2015 гг. Черным шрифтом – значения коэффициента корреляции между Т_а для ряда 1980–2015 гг. и уловами горбуши для ряда 1981–2015 гг.

Отметим, что наибольшая связь между термическими характеристиками ЦДА и уловами горбуши отмечается в июне между ЛДД, СЗТО и над областью Охотского моря. Также надо отметить, что увеличивается связь в летний период, особенно в сентябре, для районов Охотского моря. Возможно, это связано с одинаковой значимостью трендов уловов и температуры воздуха над ЦДА. В целом, вопрос увеличения корреляционных связей в летние месяцы требует дополнительного исследования и рассмотрения. Пристальное внимание следует обратить на силу связи в сентябре, поскольку в этом месяце, особенно к концу сентября, молодь горбуши после откочевки из прибрежных районов в эпипелагиаль начинает сосредотачиваться в южной глубоководной части Охотского моря, где осуществляет свой дальнейший нагул и рост вплоть до января (*Шунтов, Темных, 2008*).

В **таблице 5** показаны коэффициенты корреляции между данными температуры воды и уловами горбуши у восточного Сахалина.

Таблица 5. Коэффициенты корреляции между данными температуры воды (T_w) по отдельным районам СЗТО и Японского моря за период 1985–2014 гг. и уловами горбуши на восточном Сахалине за период 1986–2015 гг. (по месяцам)

Районы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
СОЯ						0,52	0,43	0,36	0,49	0,37		
ЮКР							0,35		0,35	0,33		
1ВК						0,33	0,37	0,31	0,53	0,47		
2ВК			0,40				0,30	0,38	0,53	0,44		0,38
Северные Курилы			0,35			0,51	0,39	0,40	0,54	0,32	0,33	
Южный меандр			0,33			0,46	0,46	0,46	0,63	0,38	0,41	
Цусима							0,56	0,48	0,63		0,35	0,37
Лаперуза			0,35			0,37	0,40	0,37	0,66	0,45		
Вост. Кор.					0,39				0,31		0,31	

Можно видеть, что наибольшие коэффициенты отмечаются в июне между температурой воды в области течения Соя и уловами горбуши, а также между температурой воды в районе, прилегающем к Тихоокеанской стороне северных Курильских островов. В летний период отмечаются значимые связи практически между всеми районами СЗТО и Японского моря.

Таким образом, можно заключить, что наиболее тесная связь между динамикой N_{500} , характеризующей теплозапас воздушных масс над Охотским морем, и уловами горбуши наблюдается в мае и июне.

Сравнительно невысокие коэффициенты корреляции обусловлены тем, что во временных сериях, как климатических, так и величинах вылова, присутствуют годы с большими выбросами. Поэтому нужен метод, распознающий эти выбросы и устанавливающий их связь с климатическими параметрами. Такой метод был разработан и использован для анализа экстремальной ледовитости Татарского пролива и Охотского моря (*Цициашвили и др., 2002; Шатилина и др., 2006*). Для распознавания критических месяцев для воспроизводства горбуши в годы аномально низких уловов применим метод интервального распознавания (**табл. 5**), выберем годы с аномально низким выловом для нечетного поколения 1981, 1983, 1985, 1987, 1993 и 2015 гг. и предшествующие им четные годы. Эти годы выбираем из ряда уловов в период 1980–2015 гг., основываясь на том, что в этот период меняется режим атмосферы и связи могут изменяться на противоположные.

В **таблице 6** приведены коэффициенты распознавания по геопотенциалу, приземному давлению и температуре воздуха.

Таблица 6. Коэффициенты распознавания n по геопотенциалу H_{500} , приземному давлению P_0 и температуре воздуха T_a в 1980–2014 гг. для трех климатических районов (южный, умеренный и северный) для уловов горбуши в 1981–2015 гг. с экстремально низкими значениями (1981, 1983, 1985, 1987, 1993 и 2015 гг.).

Месяц	H_{500}			P_0			T_a		
	южн.	ум.	сев.	южн.	ум.	сев.	южн.	ум.	сев.
Январь	0,38	0,50	0,35	0,75	1,00	0,50	0,46	0,86	0,55
Февраль	0,67	0,50	0,67	0,50	0,60	0,35	0,55	1,00	0,86
Март	0,35	0,55	0,86	0,86	0,67	0,86	0,50	1,00	0,60
Апрель	0,43	0,35	0,55	0,27	0,40	0,35	0,75	0,40	0,50
Май	1,00	0,75	0,55	0,75	0,43	0,67	1,00	1,00	0,86
Июнь	0,50	0,75	0,67	0,55	0,67	0,67	1,00	0,75	1,00
Июль	0,86	0,86	0,75	0,75	0,67	0,60	1,00	1,00	0,86
Август	0,75	0,67	0,25	0,86	0,75	0,50	1,00	1,00	0,32
Сентябрь	1,00	0,86	0,55	0,86	1,00	0,75	0,86	1,00	0,60
Октябрь	0,75	0,43	0,50	0,67	0,75	1,00	0,86	0,75	0,75
Ноябрь	1,00	1,00	1,00	0,75	0,75	0,86	1,00	1,00	0,86
Декабрь	0,30	0,46	0,38	0,75	0,75	0,26	0,46	0,86	1,00

Красным шрифтом выделены месяцы с коэффициентом распознавания более 0,75. Южный район расположен между 30–40° с. ш., 120–160° в. д., умеренный район – 45–55° с. ш., 120–160° в. д., северный район – 60–70° с. ш., 120–160° в. д.

Видно, что, по данным H_{500} , наибольший коэффициент распознавания отмечается в мае для южного и умеренного районов, в июне – только для умеренного района. Высокие коэффициенты распознавания для всех климатических зон отмечаются в июле и ноябре.

По данным приземного давления, высокие коэффициенты распознавания отмечаются в зимний период, а для всех районов – в сентябре. По данным температуры воздуха, наибольшие коэффициенты распознавания выявлены для умеренной зоны практически для всех месяцев. Исходя из полученных данных, можно полагать, что температурные условия являются критическими для выживания горбуши на протяжении всего года, за исключением, может быть, апреля.

4. Циклы в климатических параметрах над восточным Сахалином и юго-западной частью Охотского моря в период 1980–2016 гг.

Различные данные наблюдений указывают на наличие в системе океан–атмосфера короткопериодных климатических параметров с типичной периодичностью от 2 до 10 лет. Такие вариации (или климатические сигналы) представляют собой один из основных объектов исследования, поскольку они определяют межгодовую изменчивость гидрометеорологических полей на глобальном и региональном масштабах (Полонский, Кибальчич, 2015).

В таблице 7 представлены коэффициенты Фурье временного ряда геопотенциала H_{500} и приземного давления P_0 для периодов 2–10 лет над восточным Сахалином по данным временного ряда 1980–2016 гг.

Таблица 7. Коэффициенты Фурье временного ряда геопотенциала H_{500} и приземного давления P_0 для периодов 2–10 лет над восточным Сахалином по данным 1980–2016 гг.

Месяц	2		3		5		6		7		10	
	H_{500}	P_0										
Январь	0,94	0,57	0,60					0,63		0,62		
Февраль	0,76		0,73			0,51	0,56	0,56	0,73	0,55	1,11	
Март	1,11		0,88	0,72	0,96		0,50		0,76			
Апрель	1,37		0,81	0,59	0,68		0,62				1,00	
Май	0,78										0,69	
Июнь	1,03		0,63						0,65			
Июль			0,53									

Выделены значения коэффициентов Фурье более 0,50.

В средней тропосфере наибольшие коэффициенты Фурье отмечаются для 2–3 лет. Более длинные циклы доминируют в отдельные месяцы. Так, наибольшая значимость длиннопериодных циклов 6–10 лет отмечается в феврале, а наибольшие в этом месяце являются 7- и 10-летний циклы, что хорошо согласуется с циклами лет в уловах горбуши.

5. О механизме возможной связи барических полей и годовых уловов горбуши

На основании данных **таблиц 3–5** можно выделить типичные структуры барических полей (и определяемое ими распределение температуры воды) в феврале и июне, которые могут быть неблагоприятными для формирования численности горбуши в личиночный и эстуарно-прибрежный периоды. Эти структуры представлены на **рисунках 8а, б**. Заметим, что учет влияния структуры барических полей на динамику вылова горбуши восточного Сахалина по методу интервального распознавания обеспечивается большой размерностью сопутствующих метеорологических признаков (в нашем случае их число составляет 36).

Буквой Н обозначена область падения геопотенциала H_{500} , в этом районе располагается и очаг холода у поверхности Земли в феврале, низкая температура воды отмечается в северной части Японского моря и СЗТО.

В июне очаг падения геопотенциала H_{500} располагается над восточной частью Охотского моря, при такой структуре поля AT_{500} наблюдается резкое понижение температуры воды у восточного Сахалина, на траверзе пр. Лаперуза и у Курильских островов. Так, на **рисунках 9а, б** представлен механизм воздействия поля H_{500} на водный режим Охотского моря, наблюдаемый в июне 2015 и 2017 гг., и в частности, на термический режим вод, прилегающих к восточному Сахалину.

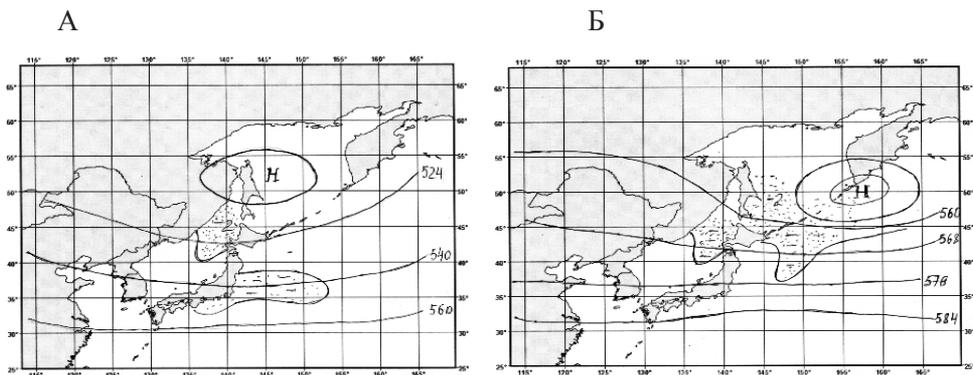


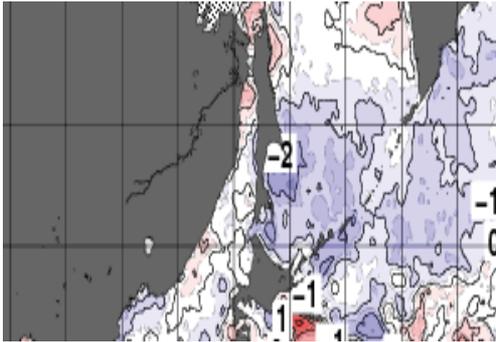
Рис. 8. Структура поля AT_{500} в феврале (А) и июне (Б), неблагоприятная для воспроизводства горбуши восточного Сахалина

В области локализации холодных воздушных масс наблюдается резкое понижение температуры воды в юго-западной части Охотского моря в водах, прилегающих к побережью восточного Сахалина, что видно из **рисунков 9а, в**. Видно, что отрицательные аномалии поверхностной температуры воды у восточного Сахалина и в северной части Японского моря обусловлены влиянием холодной тропосферной ложбины.

6. О влиянии термического режима вод на формирование численности горбуши у восточного Сахалина в эстуарно-прибрежный период ее жизни

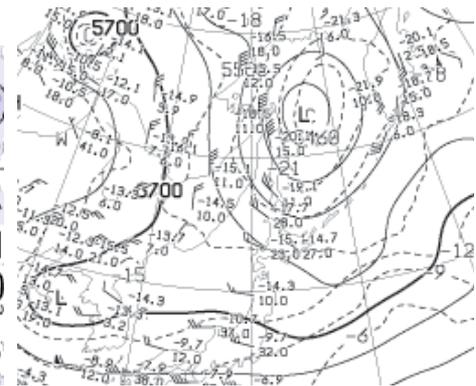
Как было показано выше, рост уловов горбуши у восточного Сахалина в период 1980–2015 гг. проходил на фоне наблюдаемой изменчивости в центрах действия атмосферы (ЦДА) над Вторым естественно-синоптическим районом Северного полушария (Азиатско-Тихоокеанский регион). Преимущественно рост уловов происходил за счет возрастания численности генераций (возвратов) горбуши нечетных лет. В целом же, наблюдаются сходство и близкая статистическая значимость тенденций в климатических параметрах и динамике уловов горбуши рассматриваемого района. Однако обнаружение сходства в тенденциях динамики уловов и в гидрометеорологических условиях не объясняет механизма влияния абиотических условий на выживаемость горбуши в районе восточного Сахалина. Для того чтобы понимать, от чего отталкиваться в поисках решения такой задачи, следует обратиться к сводной таблице по темпам естественной смертности азиатских стад горбуши и кеты на всех этапах жизненного цикла, составленную *В. И. Радченко* и *О. А. Рассадниковым* (1997). В этой таблице представлены разные показатели смертности, убыли, потерь лососей, как в значениях численности, так и биомассы. Обращает на себя внимание тот факт, что темпы смертности горбуши по численности в эстуарный и морской периоды жизни почти такие же высокие, как в нерестовый и эмбриональный периоды. Но потери биомассы в последних двух периодах суммарно являются самыми высокими, достигая почти 98%.

А

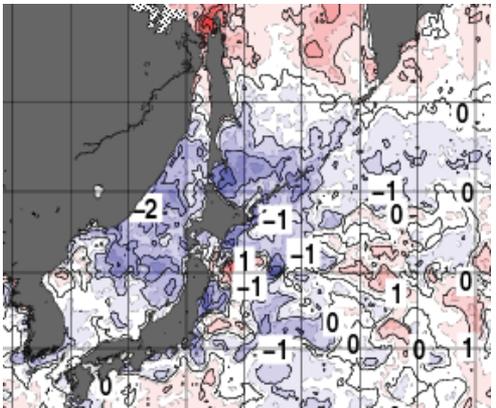


14 июня 2015 г.

Б

АТ₅₀₀ 20 июня 2015 г.

В



14 июня 2017 г.

Г

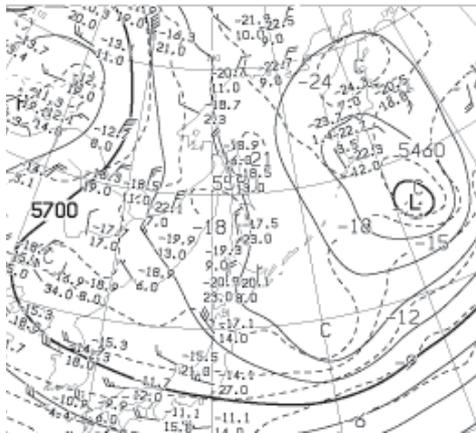
АТ₅₀₀ 12 июня 2017 г.

Рис. 9. Характерная барическая структура поля АТ₅₀₀ и распределение поверхностной температуры воды: аномалии температуры воды 14 июня 2015 г. (А), карта АТ₅₀₀ за 20 июня 2015 г. (Б), аномалии температуры воды 14 июня 2017 г. (В) и карта АТ₅₀₀ за 12 июня 2017 г. (Г)

В этой связи для оценки эффективности воспроизводства горбуши восточного Сахалина представляется продуктивной разработка гипотезы о влиянии термического режима вод на выживание молоди этой рыбы в эстуарно-прибрежный период ее жизни. Согласно этой гипотезе, для азиатских стад горбуши в годы с аномально холодным термическим режимом прибрежных вод в мае–июне условия выживаемости ее молоди в прибрежье существенно ухудшаются. Соответственно, численность возвратов этой рыбы к побережью для нереста на следующий год значительно сокращается. В более теплые годы в прибрежье численность возвратов горбуши на следующий год, наоборот, возрастает. Основания для этой гипотезы можно найти в целом ряде публикаций (Vernon, 1966; Donnelly, 1983; Гриценко и др., 1987; Карпенко, 1998; Котенев и др., 2015; Волобуев и др., 2017).

Зависимость формирования численности горбуши от термики вод выявлена разными авторами в различные циклы лет – от 1960-х гг. до настоящего времени. В той или иной форме указанная зависимость проявлялась в различных районах ареала горбуши, начиная от пролива Джорджия и о. Кодьяк до Тауйской губы и р. Поронай (о. Сахалин), то есть в широких географических границах. В ряде случаев были получены высокие коэффициенты корреляции – более 0,8. Мы попытались, опираясь на наши данные, выяснить, имеются ли какие-либо проявления такой зависимости горбуши восточного Сахалина в целом. И такие примеры были найдены.

В частности, такие подтверждения выявлены при анализе данных в годы экстремально низких ТПМ в июне. По данным **таблицы 8** видно, что в 1985, 1993 и 2001 гг. при отрицательных значениях аномалий ТПМ и высоких значениях накопленной ледовитости отмечались большие отрицательные отклонения уловов горбуши на следующий год. Но такая типичная картина складывается не всегда. В 2015 г. при низкой в целом отрицательной аномалии ТПМ в июне, но и низком значении накопленной ледовитости, на следующий год было выявлено небольшое положительное отклонение улова от среднелетового. При более детальном рассмотрении этой ситуации видно, что никакого противоречия предложенной гипотезе здесь нет, наоборот, она также является ее подтверждением.

Таблица 8. Экстремально низкие аномалии ТПМ у восточного Сахалина в июне и отклонения уловов горбуши на следующий год

Год	Аномалия ТПМ, °С	Интегральная ледовитость, %	Отклонение улова на следующий год, тыс. т
1985	-1,7	+280	-52,21
1993	-1,1	+220	-12,56
2001	-1,2	+150	-46,73
2015	-1,2	-50	+6,39

Напомним, что отрицательная аномалия ТПМ в 2015 г. в основном формировалась к югу от 51° с. ш., а к северу от этой параллели в июне была отмечена положительная аномалия воды (**см. рис. 9**). В 2016 г. основные уловы горбуши были также получены у северо-восточного Сахалина: 45% от суммарного годового улова, тогда как у юго-восточного – только 28% (*Каев, 2016*). Можно полагать, что у северо-восточного Сахалина в июне 2015 г. молодь горбуши обитала в более благоприятных для выживания условиях. Соответственно, и численность возврата была больше, что и отразилось на суммарном вылове в объеме 60 тыс. т. Такая же картина наблюдалась и в смежные 2016–2017 гг.

В общем, можно говорить о том, что большие отрицательные аномалии ТПМ в июне способствуют снижению выживаемости молоди горбуши восточного Сахалина в прибрежье и формированию низкой численности ее возвратов. Определенное влияние ледового режима на формирование условий нагула молоди горбуши у побережья восточного Сахалина также прослеживается.

О влиянии пониженных температур на снижение уловов горбуши в определенной мере указывает и анализ данных о циклах устойчивого ежегодного понижения ТПМ от положительных к отрицательным аномалиям у восточ-

ного Сахалина в июне. Как уже говорилось, в имеющемся ряду наблюдений было выявлено два таких цикла. По данным **рисунка 10** видно, что циклы лет устойчивого понижения аномалий ТПМ в 1988–1993 (верхний) и 2009–2015 гг. (нижний) сопровождалось постепенным снижением уловов (отклонением от среднемноголетней) в 1989–1994 и 2010–2016 гг. соответственно. В каждый из этих циклов наблюдалось постепенное смещение отклонений уловов горбуши от среднемноголетнего уровня с лагом на один год в сторону отрицательных значений. В отдельные годы отклонения уловов от среднемноголетней не укладывались в общий тренд. Однако выявленное понижение годовых уловов горбуши в оба указанных цикла вряд ли можно считать случайным. Во-первых, очевидна повторяемость таких циклов со сходной реакцией горбуши на изменение численности. Во-вторых, по своей продолжительности выявленные циклы (6–7 лет) совпадают с установленной доминирующей 7-летней цикличностью уловов горбуши по методу Фурье для периода роста ее уловов и для всего представленного ряда 1951–2015 гг. (6 лет). Наличие квазишестилетнего цикла термического режима вод (ТПМ) в Татарском проливе и южной части Охотского моря ранее также отмечалось *О. В. Шершневой* и *Г. В. Шевченко* (2005). Семилетний цикл в уловах горбуши восточного Сахалина согласуется также с циклами геопотенциала H_{500} и приземного давления над восточным Сахалином, о чем указывалось выше.

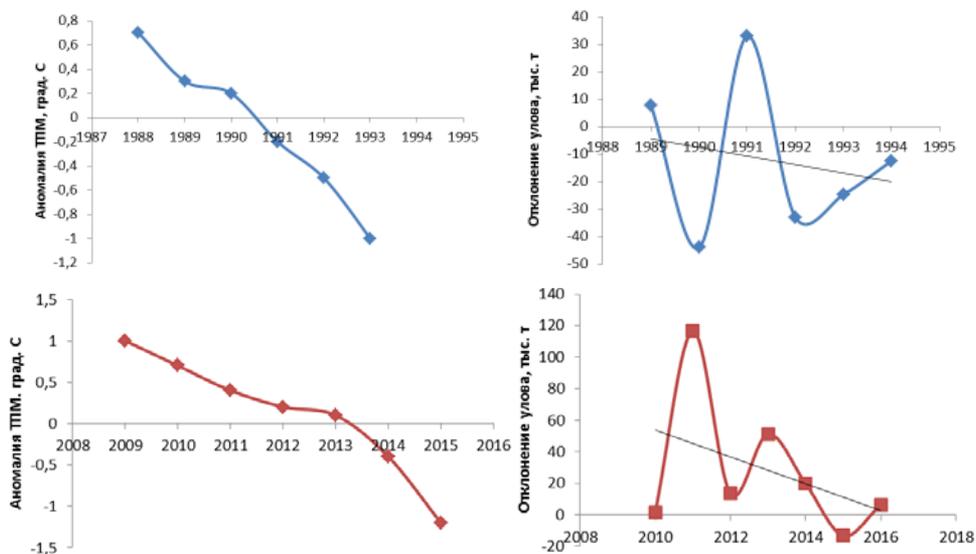


Рис. 10. Аномалии ТПМ у восточного Сахалина в июне и отклонения уловов горбуши в циклы лет с устойчивым понижением температуры воды

Вполне вероятно, что устойчивое понижение температуры вод в прибрежье способствует ухудшению условий выживания молоди горбуши рассматриваемого района и формированию более низкой численности возврата в смежные годы.

Можно предположить, что тренд снижения годовых уловов горбуши у восточного Сахалина, сложившийся после 2009 г., в определенной, но существенной мере обусловлен последовательным ухудшением условий выживаемости ее молоди в ранний морской период жизни. Одним из индикаторов

этого служит устойчивое ежегодное понижение ТПМ у восточного Сахалина в июне 2009–2015 гг.

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что более детальная разработка гипотезы о влиянии термического режима вод на выживание молоди горбуши в эстуарно-прибрежный период ее жизни у восточного Сахалина может стать весьма полезной как для осмысливания процессов формирования ее численности в ранний морской период, так и для применения в прогностических целях.

Представленные результаты анализа имеющейся информации на данном этапе исследований позволили выявить лишь некоторые контуры возможного влияния температурных условий на выживаемость горбуши восточного Сахалина в прибрежный период жизни ее молоди. Для выявления четких связей численности горбуши с факторами среды в ранний морской период жизни и более глубокого понимания экологических механизмов этих отношений необходима дальнейшая более детальная проработка целого комплекса вопросов. Безусловно, необходим подробный анализ динамики уловов горбуши линий четных и нечетных лет.

Конечно, необходимо принимать во внимание, что у берегов восточного Сахалина температура поверхностных вод, в том числе на прибрежном мелководье, формируется не только ледовым режимом, но и другими факторами в их полном взаимодействии (стоки крупных рек, радиационный прогрев, барические поля и циркуляция воздушных масс).

Рассматриваемая акватория моря, прилегающая к восточному побережью Сахалина, характеризуется значительной протяженностью – до 1 000 км, и вследствие этого далеко неоднородна по своим гидрологическим характеристикам в отдельных крупных районах: северо-восточный шельф, зал. Терпения, юго-восточный Сахалин, зал. Анива (*Морошкин, 1966; Шевченко, Частиков, 2007*). Многолетняя динамика уловов горбуши в этих районах восточного Сахалина при общем сходстве и одинаковых трендах все же характеризуется некоторыми отличиями, особенно в отдельные годы (*Котенев и др., 2015*). Видимо, анализ динамики уловов горбуши, как и сопоставление с ней динамики различных гидрометеорологических факторов, следует первоначально проводить отдельно для каждого из четырех вышеуказанных подрайонов.

Также можно ожидать и проявления в динамике численности горбуши и ее уловов новых нюансов, которые при анализе материалов на большом пространственном масштабе либо не заметны, либо труднообъяснимы с позиций первоначального предположения.

Эти важные обстоятельства необходимо учитывать при дальнейшей разработке гипотезы о влиянии термического режима вод на выживание молоди горбуши в эстуарно-прибрежный период ее жизни у охотоморских берегов Сахалина.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По направленности трендов и диапазону величин годовых уловов в многолетней динамике вылова восточно-сахалинской горбуши четко выделяются две серии лет (два периода). В 1951–1988 гг. уловы этой рыбы не превышали 42,3 тыс. т и межгодовые колебания были небольшими. В последующей серии (1989–2015) вылов достиг исторического максимума (224,34 тыс. т), а уловы характеризовались значительной межгодовой амплитудой.

Представленные материалы показали, что рост уловов горбуши в период 1980–2015 гг. протекал на фоне наблюдаемой изменчивости в центрах действия атмосферы (ЦДА) над вторым естественно-синоптическим районом Северного полушария (Азиатско-Тихоокеанский регион). Важными чертами в изменчивости ЦДА являются наличие режимных сдвигов в конце 70-х гг. и начало новой циркуляции с 80-х гг. прошлого столетия.

Анализ многолетней изменчивости аномалий ряда климатических факторов показал хорошее совпадение направленности трендов с годовыми уловами в многолетней изменчивости геопотенциала (H_{500}) Азиатской депрессии и геопотенциала юго-западной части Охотского моря, а также приземной температуры воздуха юго-западной части Охотского моря и этого же показателя в районе восточного Сахалина. В многолетней изменчивости аномалий приземного давления над Охотским морем и у восточного Сахалина, а также аномалий накопленной ледовитости Охотского моря выявлена противоположная направленность трендов по отношению к уловам.

Анализ представленных данных свидетельствует о том, что в динамике годовых уловов горбуши восточного Сахалина в современный период доминируют квазисеми- и шестилетние циклы. Аналогичные уловам горбуши квазисеми- и шестилетние циклы выявлены также в многолетней динамике геопотенциала (H_{500}), показателя приземного давления и динамике аномалий ТПМ у восточного Сахалина и юго-западной части Охотского моря в целом.

В результате применения метода интервального распознавания экстремальных процессов были получены высокие коэффициенты распознавания в годы экстремально низких уловов в нечетные годы. Исходя из полученных данных, для умеренной зоны критическими месяцами для воспроизводства и формирования численности горбуши восточного Сахалина по геопотенциалу H_{500} является период с мая по ноябрь, по показателю приземного давления – январь и период с августа по декабрь, а по приземной температуре воздуха – практически все месяцы года, за исключением апреля.

Выявлены типовые структуры барических полей в феврале, мае и июне, неблагоприятные для воспроизводства и формирования численности горбуши. В то же время обнаружение сходства в тенденциях динамики уловов и в климатометеорологических условиях не объясняет в полной мере механизм влияния абиотических условий на выживаемость горбуши в районе восточного Сахалина. Несмотря на то, что глобальное потепление проявлялось вплоть до 2015 г., после 2009 г. наступило поступательное сокращение годовых уловов горбуши у восточного Сахалина на фоне устойчивого понижения ТПМ в этом районе. Этот факт свидетельствует о том, что в понимании экологических механизмов влияния гидрометеорологических условий на жизненные циклы и выживаемость горбуши остается еще много неясного.

В связи со всем вышесказанным для оценки эффективности воспроизводства горбуши восточного Сахалина представляется продуктивной разработка гипотезы о влиянии термического режима вод на выживание молоди этой рыбы в эстуарно-прибрежный период ее жизни. В частности было выявлено, что циклы лет устойчивого понижения аномалий ТПМ в июне 1988–1993 и 2009–2015 гг. сопровождалась постепенным снижением уловов (отклонением от среднемноголетней) от плюсовых к отрицательным значениям соответственно в 1989–1994 и 2010–2016 гг. Существенные отрицательные отклонения уловов горбуши имели место также тогда, когда им предшествовали годы

с экстремально низкими аномалиями ТПМ в июне и высокими значениями накопленной ледовитости. В целом, имеются основания полагать, что снижение численности горбуши, воспроизводящейся в реках восточного побережья Сахалина, во многом обусловлено неблагоприятными условиями обитания ее молоди в эстуарно-прибрежный период жизни. Важным индикатором состояния таких условий обитания у восточных берегов Сахалина могут служить аномалии ТПМ в июне.

Можно также думать, что снижение годовых уловов горбуши восточного Сахалина после 2009 г. (поколения нечетных лет) во многом обусловлено устойчивым ежегодным понижением температуры прибрежных вод.

Представленные результаты анализа имеющейся информации на данном этапе исследований позволили выявить лишь некоторые контуры возможного влияния температурных условий на выживаемость горбуши восточного Сахалина в прибрежный период жизни ее молоди. Для выявления четких связей численности горбуши с факторами среды в ранний морской период жизни и более глубокого понимания экологических механизмов этих отношений необходима дальнейшая более детальная проработка целого комплекса вопросов.

В целом, использование для анализа многолетней динамики уловов горбуши показателей гидрометеорологических условий в бассейне Охотского моря, включая район восточного Сахалина, свидетельствует о том, что региональные климатогидрологические факторы играют существенную роль в формировании численности горбуши, воспроизводящейся на восточном Сахалине. Следует подчеркнуть, что связь с этими факторами прослеживается как в эстуарно-прибрежный период, так и в период обитания молоди в эпипелагиали Охотского моря, особенно в сентябре.

ЛИТЕРАТУРА

Антонов А. А. Биология и динамика численности горбуши залива Анива (остров Сахалин) : Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ю-Сах. : СахНИРО, 2005. 23 с.

Бирман И. Б. Влияние климатических условий на динамику численности горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) // Вопр. ихтиологии. 1966. Т. 6, вып. 2. С. 208–221.

Бирман И. Б. Морской период жизни и вопросы динамики стада тихоокеанских лососей М.: Агропромиздат. 1985. 208 с.

Бугаев А. В., Шевляков Е. А. Флюктуации численности горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* западного и восточного побережий Камчатки на рубеже XX и XXI веков // Реализация «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». ТИНРО-Центр: 2008. Бюл. № 3. С. 63–74.

Бугаев А. В., Тепнин О. Б. Оценка влияния некоторых климатических факторов на численность азиатских стад горбуши и кеты // Известия ТИНРО. 2011. Т. 166. С. 67–87.

Барнавская Н. В., Кудзина М. А., Вронский А. Г. и др. Сравнительная характеристика долгопериодных флюктуаций популяционной динамики поколений горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*) четных и нечетных лет из различных регионов Азии // Сборник научных трудов. П-Камчат.: КамчатНИРО. 1995. Вып. 3. С. 109–119.

Волобуев В. В., Изергина Е. Е., Голованов И. С. Экология горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) Магаданского региона в пресноводный, эстуарный, начальный морской периоды жизни и основные факторы, определяющие ее выживаемость // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2017. № 1. С. 67–79.

Горяинов А. А., Шатилина Т. А. Динамика азиатской горбуши и климатические изменения над Азиатско-Тихоокеанским регионом в XX веке // Биология моря. 2003. № 6. С. 429–435.

Гриценко О. Ф., Ковтун А. А., Косткин В. К. Экология и воспроизводство кеты и горбуши. М.: Агропромиздат. 1987. 166 с.

Каев А. М. О динамике стада горбуши как индикаторе процессов в среде обитания // Бюл. № 10 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО-Центр. 2011. С. 196–201.

Каев А. М. Развитие некоторых тенденций в динамике стад горбуши восточного Сахалина и южных Курильских островов // «Концепция дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». ТИНРО-Центр: 2012. Бюл. № 7. С. 135–142.

Каев А. М. Некоторые итоги промысла горбуши на Сахалине и южных Курильских островах в 2014 г. // Изучение тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. ТИНРО-Центр: 2014. Бюл. № 9. С. 37–43.

Каев А. М., Антонов А. А., Ким Хе Юн, Руднев В. А. Показатели воспроизводства горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* южной части острова Сахалин // Тр. СхНИРО. 2004. Т. 6. С. 3–38.

Каев А. М., Сидоренко М. Е. Прогноз и фактическое развитие промысла горбуши в 2015 г. в основных районах ее воспроизводства в Сахалинской области // Бюл. № 10 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО-Центр. 2015. С. 35–40.

Каев А. М., Животовский Л. А. Новые данные к дискуссии о локальных и флуктуирующих стадах горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* // Известия ТИНРО. 2016. Т. 187. С. 122–144.

Канидьев А. Н. Закономерности изменения численности сахалинской горбуши и промысловые прогнозы // Труды ВНИРО. 1973. Т. 91. С. 9–32.

Карпенко В. И. 1998. Ранний морской период тихоокеанских лососей. М.: Изд-во ВНИРО. 165 с.

Кляшторин Л. Б. Тихоокеанские лососи: климат и динамика запасов // Рыбное хозяйство. 2000. № 4. С. 32–34.

Кляшторин Л. Б., Любушин А. А. Циклические изменения климата и рыбопродуктивность. М.: ВНИРО, 2005. 235 с.

Коновалов С. М. Факторы, лимитирующие численность и биомассу тихоокеанских лососей // Биологические исследования лососевых: Сб. науч. тр. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. С. 5–25.

Коновалов С. М. Лососи в северной части Тихого океана // Биологические ресурсы Тихого океана. М.: Наука. 1986. С. 118–134.

Котенев Б. Н., Богданов М. А., Кровнин А. С., Мурый Г. П. Изменения климата и динамика вылова дальневосточных лососей // Вопросы промысловой океанологии. 2010. Вып. 7, № 1. С. 60–92.

Котенев Б. Н., Кровнин А. С., Масленников В. В., Мордасова Н. В. О будущем состоянии популяций массовых гидробионтов в биопродуктивных районах Мирового океана // Труды ВНИРО. 2014. Т. 152. С. 209–248.

Котенев Б. Н., Кровнин А. С., Кловач Н. В. и др. Влияние климатоокеанологических факторов на состояние основных запасов горбуши в 1950–2015 гг. // Тр. ВНИРО. 2015. Т. 158. С. 143–161.

Минервин И. Г., Пищальник В. М. Особенности развития ледовых процессов в Охотском море в зимнем сезоне 2013–2014 гг. // Уч. зап. СахГУ. 2015. Вып. 1 (11–12). С. 16–25.

Морошкин К. В. Водные массы Охотского моря. М.: Наука. 1966. 632 с.

Островский В. И. Специфика современного прогнозирования запаса амурской горбуши // Бюл. № 9 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО-Центр. 2014. С. 84–90.

Островский В. И. Траектории миграций амурской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* к районам размножения // Известия ТИНРО. 2016. Т. 186. С. 121–134.

Пищальник В. М., Романюк В. А., Минервин И. Г., Батухтина А. С. Анализ ди-

намики ледовитости Охотского моря в период с 1882 по 2015 г. // Изв. ТИНРО. 2016. Т. 185. С. 228–239.

Плотников В. В., Мезенцева Л. И., Дубина В. А. Циркуляция атмосферы над Дальним Востоком и ее отражение в ледовых процессах. Владивосток: Дальнаука, 2015. 159 с.

Полонский А. Б., Кибальчич И. А. Циркуляционные индексы и температурный режим Восточной Европы в зимний период // Метеорология и гидрология. 2015. № 1. С. 5–17.

Радченко В. И., Рассадников О. А. Тенденции многолетней динамики запасов азиатских лососей и определяющие ее факторы // Изв. ТИНРО. 1997. Т. 122. С. 72–94.

Рухлов Ф. Н. Некоторые особенности динамики численности сахалинской горбуши // Известия ТИНРО. 1974. Т. 93. С. 7–13.

Чигиринский А. И. Глобальные природные факторы, промысел и численность тихоокеанских лососевых // Рыб. хоз-во. 1993. № 2. С. 19–22.

Цициашвили Г. Ш., Шатилина Т. А., Кулик В. В., Никитина М. А., Голычева И. В. Модификация метода интервальной математики применительно к прогнозу экстремальной ледовитости в Охотском море // Вестник ДВО РАН. 2002. № 4. С. 111–118.

Шатилина Т. А., Цициашвили Г. Ш., Радченкова Т. В. Комплексная оценка изменчивости температуры воды на поверхности в северо-западной части Тихого океана в июле–сентябре 1950–2014 гг. // Изв. ТИНРО. 2016а. Т. 184. С. 120–134.

Шатилина Т. А., Цициашвили Г. Ш., Радченкова Т. В. Оценка тенденций изменчивости центров действия атмосферы над Азиатско-Тихоокеанским регионом в летние периоды 1950–1979 и 1980–2012 гг. // Метеорология и гидрология. 2016 б. № 1. С. 17–28.

Шатилина Т. А., Цициашвили Г. Ш., Радченкова Т. В. Опыт использования метода интервального распознавания для прогноза экстремальной ледовитости Татарского пролива (Японское море) // Метеорология и гидрология. 2006. № 10. С. 65–72.

Шатилина Т. А., Анжина Г. И. Изменчивость интенсивности дальневосточного муссона в 1948–2010 гг. // Изв. ТИНРО. 2011. Т. 167. С. 146–159.

Шатилина Т. А., Цициашвили Г. Ш., Муктепавел Л. С., Никитин А. А., Радченкова Т. В. Статистические оценки трендов климатических изменений над Дальним Востоком в зимний и летний периоды 1980–2012 гг. // Вопр. промысловой океанологии. 2014. Вып. 10, № 1. С. 76–97.

Шевченко Г. В., Частиков В. Н. Сезонные и межгодовые вариации океанологических условий в юго-западной части Охотского моря // Метеорология и гидрология. 2007. № 3. С. 69–85.

Шершнева О. В., Шевченко Г. В. О прогнозировании термических условий в Сахалино-Курильском регионе по спутниковым данным // Известия ТИНРО. 2005. Т. 142. С. 161–187.

Шунтов В. П. Результаты изучения макроэкосистем дальневосточных морей России: задачи, итоги, сомнения // Вестн. ДВО РАН. 2000. № 1. С. 19–29.

Шунтов В. П. Биология дальневосточных морей России. Владивосток: ТИНРО-Центр. 2016. Т. 2. 604 с.

Шунтов В. П., Темных О. С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2008. Т. 1. 480 с.

Шунтов В. П., Темных О. С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2011. Т. 2. 473 с.

Шунтов В. П., Темных О. С. Дальневосточная лососевая путина-2016: хорошие результаты, успехи и ошибки в прогнозах // Бюл. № 11 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2016. С. 3–13.

Шунтов В. П., Темных О. С., Шевляков В. А. «Провальная» лососевая путина-2014: ожидаемый общий результат и более благоприятная оценка на путину-2015 // Изучение тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2014. Бюл. № 9. С. 3–10.

Beamish R. J., Bouillon D. R. Pacific salmon production trends in relation to climate // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1993. Vol. 50. P. 1002–1016.

Donnelly R. F. Factors affecting the abundance of Kodiak archipelago pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) // Ph. Dr. Thesis Univ. Wash. 1983. 157 p.

Fukuwaka M., Kaga T., Azumaya T. Regional differences in climate factors controlling chum and pink salmon abundance // ICES J. of Marine Sci., doi : 1093/icesjms/fsq 033 – 2011. P. 1–9.

Radchenko V. I., Temnykh O. S., Lapko V. V. Trends in abundance and biological characteristics of Pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in the North Pacific Ocean // NPAFC Bulletin, 2007. No. 4: 7–21.

Sugimoto, T., Kimura, S., Tadokoro, K. Impacts of El Nino events and climate regime shifts on living resources in the western North Pacific // Progress in Oceanography. 2001. Vol. 49. P. 113–127.

Tian Y., Kidokoro, H., Watanabe, T., Iguchi, N. The late 1980s regime shift in the ecosystem of Tsushima warm current in the Japan/East Sea: Evidence from historical data and possible mechanisms // Progress in Oceanography. 2008. Vol. 77. P. 127–145.

Vernon E. H. Enumeration of migrant pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in the Fraser River estuary // Bull. Int. Pac. Salmon fish. Comm. 1966. No. 19. 83 p.

СОСТОЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛОСОСЕЙ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Г.еннадий Н.иколаевич Курганский,
В. Г. Марковцев

ФГБНУ «Тихоокеанский научно-исследовательский
рыбохозяйственный центр», kgn48@yandex.ru

В реках Приморья обитают три вида дальневосточных лососей: кета (*Oncorhynchus keta*), горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*) и сима (*Oncorhynchus masu*). Их численность находится на низком уровне в силу ряда причин: малая площадь нерестилищ, низкий минимальный зимний модуль стока в реках и значительный пресс незаконной добычи (*Ресурсы поверхностных...*, 1972). Особенностью большинства рек Приморья является осушение части нерестилищ в зимнюю межень, что также отрицательно сказывается на воспроизводстве лососей.

Исходя из особенностей воспроизводства лососей на территории Приморья можно выделить четыре зоны. Три зоны относятся к япономорскому побережью: южная (реки зал. Петра Великого), центральная и северная (реки Тернейского района). 4-я зона – реки, впадающие в р. Амур: Уссури и ее притоки.

Искусственное воспроизводство в Приморье ориентировано на два вида – кету и симу. Его развитие связано с КЦП «Лосось». В конце 80-х гг. прошлого века в южной зоне были построены два государственных завода по разведению лососей (Рязановский ЭПРЗ в 1986 г., Барабашевский ЛРЗ в 1987 г.). Рязановский завод был научно-производственным и построен на реке, в которую производители заходили единично. В результате работы завода в р. Рязановка было создано новое заводское стадо кеты. В р. Барабашевка имелось достаточно большое стадо кеты. В результате деятельности завода в р. Барабашевка произошло замещение природного стада заводским.

Кроме кеты оба завода занимались воспроизводством симы. На Рязановском заводе выпускали сеголеток и годовиков, на Барабашевском – только сеголеток. Результаты заводского воспроизводства симы никак не проявились. Ее численность пока остается на низком уровне. Причин тому много, в том числе пресс незаконной и поэтому неучтенной добычи. Деятельность заводов за последние 10 лет приведена в **таблице 1**.

Таблица 1. Выпуск лососевых с государственных заводов Приморья

Год	Рязановский ЭПРЗ			Барабашевский ЛРЗ	
	сеголетки кеты, тыс. шт.	сеголетки симы, тыс. шт.	годовики симы, тыс. шт.	сеголетки кеты, тыс. шт.	сеголетки симы, тыс. шт.
2007	11 153	936,19	140,0	8 270	626,3
2008	12 075	395,18	89,0	8 485	388,8
2009	12 625	628,0	–	8 742	734,0
2010	16 948	490,0	93,9	10 231	380,0
2011	16 957	358,0	96,0	11 685	–
2012	16 422	339,0	101,0	10 708	–
2013	18 728	101,0	109,0	9 238	–
2014	15 800	100,0	140,0	9 740	–
2015	15 143	83,7	116,0	10 080	–
2016	14 248	85,5	4,98	10 104	–
2017	13 810	–	–	5 028	–

В 2012 г. в центральной зоне Приморья были введены в строй два частных лососевых завода (ЛРЗ «Вербное» и ЛРЗ «Лидовский»). Построены они на реках, где производители кеты заходили в небольшом количестве. Следует отметить, что первые два года частные заводы покупали икру и завозили ее на стадии «глазка». Лишь на третий год они самостоятельно отлавливали производителей и производили закладку. В настоящее время заводы создают собственные стада кеты в своих базовых реках. До 2016 г. заводы использовали для закладки икры донорские реки – Аввакумовка и Зеркальная. С 2017 г. отлов производителей для закладки икры осуществляется исключительно в базовых реках. Деятельность заводов приведена в **таблице 2**.

Таблица 2. Выпуск лососевых с частных заводов Приморья

Год	ЛРЗ «Вербное»	ЛРЗ «Лидовский»
	Сеголетки кеты, тыс. шт.	
2013	239	128
2014	1 174	1 090
2015	6 206	4 021
2016	15 550	9 703
2017	6 980	10 590

Динамика численности природных и даже заводских популяций кеты в реках западной части Японского моря имеет значительные межгодовые колебания. В последние годы наметилась тенденция к снижению подходов кеты к рекам Приморья (**рис. 1**).



Рис. 1. Подходы кеты к основным рекам Приморья

Следует отметить, что на графиках приведены фактические данные по вылову кеты для трех основных рек Приморья. Здесь не учтено несанкционированное ее изъятие, что имеет место практически во всех реках Приморья.

К основным проблемам в области воспроизводства лососей следует отнести:

- низкие коэффициенты возврата производителей к базовым рекам ЛРЗ;
- замещение природных популяций заводскими;
- нарушения биотехники воспроизводства;
- отсутствие стратегии развития лососеводства.

Государственные заводы в зал. Петра Великого работают около 30 лет. Ежегодно выпускается от 18 до 26 млн шт. молоди кеты. Поскольку промышленной добычи кеты в зал. Петра Великого не ведется (исключением являются 1991 и 2016 гг.), заводы работают сами на себя, а также обеспечивают НН-промысел (**рис. 2**). Усугубляется ситуация снижением общих подходов кеты к рекам Приморья.

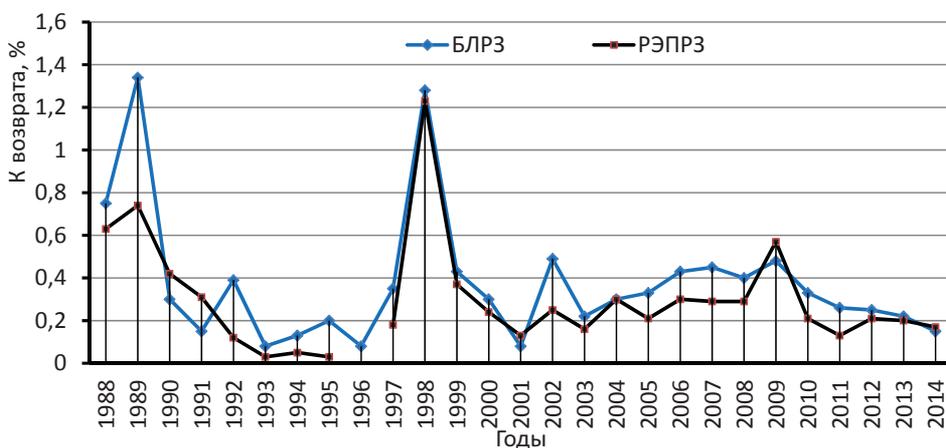


Рис. 2. Коэффициенты возврата приморских ЛРЗ с 1988 по 2014 г. (Горяинов и др., 2012)

Анализ зависимости возвратов от массы выпускаемой молоди (рис. 3) показал, что на возврат влияет комплекс факторов.

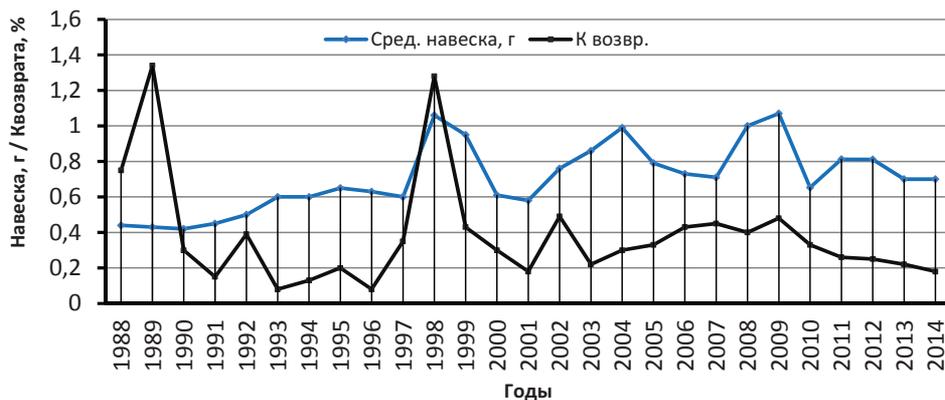


Рис. 3. Зависимость коэффициентов возврата от массы выпускаемой молоди

Частные заводы выпускают молодь кеты в Приморье только четыре года и в текущем году получили свой первый возврат. Планируемый в соответствии с РБО возврат на уровне 0,8% в 2017 г. превышен в 1,5 раза (табл. 3). Более того, он еще увеличится после прихода в 2018 г. поколения 4+.

Таблица 3. Возврат кеты в реки частных заводов в 2017 г.

Завод	Возврат, т по РБО	Факт вылова в 2017 г., т	Пропуск на нерестилища, т	Итого, т	Заложено икры, млн шт.
«Вербное»	30	25,546	16,517	42,063	11,953
«Лидовский»	30	38,430	1,770	40,2	17,202
Итого	60	63,976	18,287	82,263	29,155

Результаты искусственного воспроизводства в Приморье являются классическим примером как создания новых стад (р. Рязановка), так и замещения природных заводскими (р. Барабашевка). В р. Барабашевка до строительства завода заходило на нерест до 120 тыс. производителей кеты. В настоящее время количество бугров сократилось на два порядка. Стадо кеты в реке в последние 10 лет поддерживается исключительно за счет работы завода.

Одной из главных причин нарушения биотехники является отсутствие воды с требуемой температурой. Примером являются Рязановский ЭПРЗ и Барабашевский ЛРЗ.

Рязановский ЭПРЗ был построен на небольшой реке с малыми запасами грунтовой воды. Дрена, из которой забирается вода, проложена вдоль реки. Поскольку температура этой воды не соответствует биотехническим нормативам, был предусмотрен ее подогрев в период инкубации икры и выдерживания личинок. Завод проработал с подогревом воды почти 30 лет. В 2016 г. из-за сокращения финансирования подогрев технологической воды был прекращен, что естественно привело к задержке в развитии лососей (Марковцев, Курганский, 2016). Ранее на данном заводе среднемноголетняя масса выпу-

скаемой молоди кеты в конце апреля – начале мая составляла более 1,2 г. В 2017 г. молодь кеты начали выпускать только в середине мая при средней массе 0,6 г и закончили выпуск в июне. В результате проблем с водоснабжением заводов работы по воспроизводству симы были прекращены.

Барабашевский ЛРЗ также был построен на участке, где недостаточно грунтовой воды. Основной водоисточник завода – ручей Остросопочный. Площадь его водосбора – около 15 км². При низком модуле зимнего стока в районе расположения дрены от 0,6 до 1,5 л/с/км² потенциальный расход воды в период межени не превышает 45 л/с, что существенно ограничивает мощность завода. Использование насосной подачи воды из р. Барабашевка приводит к снижению температуры в технологическом процессе и, в конечном счете, к задержке в эмбрионально-личиночном развитии кеты.

Плачевными оказались результаты реконструкции Барабашевского ЛРЗ. При проектировании не были учтены результаты 25-летней работы завода и проигнорированы рекомендации, изложенные в РБО к его реконструкции. Как следствие, не решены проблемы с водоснабжением, инкубационное и выростное отделения заглублены ниже нулевой отметки, применена непродуманная технология очистки воды. В 2017 г. в результате прохождения циклона новый завод был затоплен. Уровень воды в инкубационном отделении превышал 2 м.

Частные заводы в Приморье построены на основе рыбоводно-биологических обоснований (РБО), разработанных ФГБНУ «ТИНРО-Центр». Места их размещения и мощности выбраны исходя из наличия грунтовой воды с оптимальной температурой. Оба завода имеют источники водоснабжения с температурой около 6°С в зимний период. Температурные режимы приморских ЛРЗ в 2016–2017 гг. приведены на **рисунке 4**.

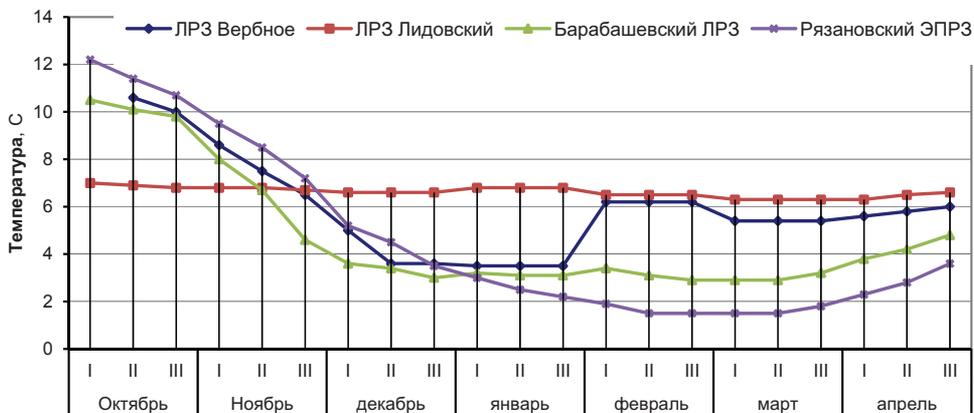


Рис. 4. Температурный режим ЛРЗ Приморья в 2016–2017 гг.

Следует отметить, что снижение температуры воды в декабре, январе и повышении в феврале на ЛРЗ «Вербное» – результат управления температурным режимом. На ЛРЗ «Лидовский» также требуется управление температурным режимом в течение зимы, чтобы обеспечить оптимальное развитие личинок и молоди кеты.

Наряду с оценкой возвратов производителей в базовые реки ЛРЗ целесообразно рассмотреть и экономическую эффективность. Для строитель-

ства ЛРЗ в Приморье необходимы капиталовложения на уровне 15–18 руб. на 1 шт. выпускаемой молоди. Затраты заводского воспроизводства лососей в конечном счете увеличивают цену каждого килограмма выловленной рыбы. Если частные заводы получают молодь лососей за счет собственных средств, то государственные заводы получают средства из госбюджета. В соответствии с плановыми показателями стоимость получения 1 шт. молоди кеты для Приморского края возрастала от 2,70 руб./шт. в 2011 г. до 3,69 руб./шт. в 2016 г. При таких затратах и возврате на уровне 1% в каждом килограмме вернувшихся в реку производителей уже заложено порядка 100 руб. на воспроизводство. Если к этой стоимости добавить затраты на отлов и первичную переработку, то получим цену выше рыночной.

При коэффициентах возврата ниже 1% и таких затратах на воспроизводство деятельность ЛРЗ неэффективна. О неэффективной работе ЛРЗ в Магаданской области и на Камчатке написано достаточно много (*Смирнов и др., 2006; Ксенофонов, Гольденберг, 2008*).

Следовательно, необходимо уходить от практики строительства неэффективных заводов. Для того чтобы не строить неэффективные ЛРЗ, необходимо ответственно подойти к разработке РБО.

Эффективность работы любого ЛРЗ зависит от комплекса факторов и в первую очередь от выбранного места. Перечень исходной информации, которую необходимо иметь для написания РБО, был подготовлен еще в 1992 г. Он включал детальное изучение биологии конкретного вида лососей, обитающих в данной реке, гидрологии реки и ее притоков, сбор информации о термическом и гидрохимическом режимах водоисточников, их стабильности, особенно в период зимней межени. Первой задачей РБО являлось обоснование оптимальной величины искусственно воспроизводимой части популяции в данной реке. Мощность завода на конкретном месте рекомендовалось определять исходя из дебета водоисточника. Рекомендуемый комплекс исходных данных для подготовки РБО под создание лососевого рыбоводного завода приведен в **приложении**.

На практике при разработке РБО многое не учитывается. В результате вновь построенные заводы сталкиваются с проблемами, начиная от водоснабжения, нарушения технологии и заканчивая периодическим затоплением.

Ответственность науки в создании и дальнейшей работе ЛРЗ сегодня по своей сути никак не регламентирована. В обязанность НИИ, подведомственных Росрыболовству, входит только подготовка рекомендаций, на базе которых должен формироваться план работы ЛРЗ (п. 7 Правил организации искусственного воспроизводства водных биологических ресурсов, утвержденных Постановлением Правительства от 03.03.2012 г. № 174). Что касается подготовки РБО, определения целесообразности строительства завода на конкретной реке, его мощности, дальнейшего его влияния на природные популяции лососей – не озвучено ни в одном документе.

Администрацией Сахалинской области издавался в свое время ряд постановлений (например, от 10.09.2004 г. № 141-па «Временный порядок рассмотрения материалов о проектировании, строительстве и организации деятельности негосударственных лососевых рыбоводных заводов на территории Сахалинской области»). Но роли науки в нем не было прописано. Как результат – малоэффективные ЛРЗ или замещение природных популяций заводскими.

Важным моментом является научно обоснованное управление технологическим процессом. Завод должен выпускать оптимальную по массе молодь в оптимальные для данной реки сроки. Для этого необходимо управление технологическим процессом на основе знаний особенностей эмбрионального и личиночного развития. В настоящее время имеются методы, позволяющие рассчитать влияние температуры воды на темп развития лососей. Но для этого заводы должны иметь возможность регулировать температуру воды в технологическом процессе, то есть иметь несколько источников водоснабжения.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛОСОСЕЙ В ПРИМОРЬЕ

В крае дважды предпринимались попытки разработки программы «Лосось Приморья»: в середине 90-х гг. прошлого века и в 2005–2006 гг. (Курганский, Марковцев, 2005, 2008). Из-за отсутствия финансирования ни одна из программ не была доработана.

Тем не менее, в последние годы отмечен интерес бизнеса к искусственному воспроизводству лососей. Начиная с 2011 г. на основе экономических договоров в ФГБНУ «ТИНРО-Центр» подготовлено девять рыбоводно-биологических обоснований по размещению малых лососевых заводов, по двум из которых построены заводы, еще по одному начато строительство. Следовательно, количество ЛРЗ в Приморье в ближайшие годы увеличится. Исходя из мощности уже действующих ЛРЗ и подготовленных РБО под строительство новых, в Приморье планируется выпускать около 150 млн шт. молоди кеты.

При подготовке рекомендаций к размещению ЛРЗ в Приморье ФГБНУ «ТИНРО-Центр» придерживается стратегии сохранения природного генофонда лососей и считает необходимым не размещать ЛРЗ на реках со стабильным естественным воспроизводством. Более того, в каждой зоне выделены реки, где не рекомендуется смешивать природные и заводские стада лососей.

При размещении ЛРЗ на малопродуктивных реках с единичными заходами лососей возникает необходимость в донорских реках. Донорская река должна быть рекомендована на стадии разработки РБО. На этой же стадии определяется последовательность ввода в эксплуатацию производственных мощностей. То есть необходима последовательность в строительстве и запуске в эксплуатацию заводов в каждой из рыбоводных зон Приморья. Этот процесс должен решаться на уровне региональных администраций, и для этого необходимы региональные программы развития лососеводства.

ЛИТЕРАТУРА

Курганский Г. Н., Марковцев В. Г. Биологические и технические основы разведения лососей в Приморском крае // Изв. ТИНРО. – 2005. – Т. 141. – С. 325–334.

Курганский Г. Н., Марковцев В. Г. О Концепции разведения тихоокеанских лососей в Приморье // Бюл. № 3 Реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – 2008. – С. 214–222.

Ксенофонтов М. Ю., Гольденберг И. А. Экономика лососевого хозяйства Камчатки. Анализ рыбохозяйственного комплекса бассейна реки Большая и разработка предложений по повышению эффективности использования лососевых ресурсов в целях развития устойчивого рыболовства и сохранения видового разнообразия. – М.: Права человека, 2008. – 152 с.

Марковцев В. Г., Курганский Г. Н. Культивирование симы на государственных лососевых заводах Приморья // Бюл. № 11 Реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – 2016. – С. 140–143.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Дальний Восток. – Л.: Гидрометиздат, 1972. – Т. 18, вып. 3. – 595 с.

Смирнов Б. П., Леман В. Н., Шульгина Е. В. Заводское воспроизводство тихоокеанских лососей в России: Современное состояние, проблемы и перспективы // Современные проблемы лососевых рыбоводных заводов Дальнего Востока : Материалы науч.-практ. семинара 30 ноября – 1 декабря 2006 г. – П.-Камчат., 2006. – С. 16–26.

Горяинов А. А., Крупяно Н. И., Лысенко А. В., Парпура И. З., Клишкин В. В. Результаты рыбохозяйственного мониторинга кеты и горбуши в Приморском крае // Бюл. № 7 Реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – 2012. – С. 29–44.

ПРИЛОЖЕНИЕ

КОМПЛЕКС ИСХОДНЫХ ДАННЫХ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ РБО ПОД СОЗДАНИЕ ЛОСОСЕВОГО РЫБОВОДНОГО ЗАВОДА

Разработчик: завлабораторией ФГБНУ «ТИПРО-Центр», канд. техн. наук **Г. Н. Курганский**

1. Данные по биологии конкретного вида лососей, обитающих в данной реке.

Основные данные:

1.1. Характеристика нерестящихся в реке лососей (средняя многолетняя) как минимум за 3 года.

1.2. Средняя многолетняя динамика подходов производителей на нерест в зависимости от термического режима реки и побережья.

1.3. Численность скатывающейся молоди и динамика ската.

1.4. Информация о состоянии окружающей среды до начала строительства завода.

Дополнительные данные:

1.5. Оценка численности и состояния стада лососей, нерестящихся в соседних реках.

1.6. Биологическая оценка состояния естественной молоди, включая ихтиопатологическую оценку.

1.7. Допустимая величина изъятия производителей из соседних рек.

2. Данные о гидрологии реки, термическом и гидрохимическом режимах.

Основные данные:

2.1. Гидрология реки и ее притоков, площадь водосбора, повторяемость паводков на реке, их интенсивность в разные годы, затопляемость участков.

2.2. Динамика изменения уровней воды в периоды полноводья и зимней межени в местах предполагаемого строительства завода.

2.3. Данные по гидрохимическому режиму реки и будущего водосточника (поквартальные за два года).

2.4. Данные по термическому режиму воды в реке и будущего водосточника (ежедекадные за два года).

Дополнительные данные:

2.5. Оценка изменения гидрохимического режима в периоды снеготаяния, осенних и весенних паводков.

- 2.6. Термический режим побережья в летне-осенний и весенний периоды.
- 2.7. Состояние кормовой базы побережья, динамика роста численности кормовых организмов, связь с термическим режимом.

3. Биологическое обоснование для строительства рыбоводного завода на данной реке и определение оптимальной мощности по воспроизводству.

Основные данные:

- 3.1. Обоснование оптимальной величины искусственно воспроизводимой части популяции.
- 3.2. Обоснование мощности ЛРЗ и графика ввода производственных мощностей (включает определение допустимой величины донорского изъятия из конкретной реки с учетом ожидаемого возврата производителей от заводского выпуска).
- 3.3. Определение режима потребления воды из источника подекадно в течение всего производственного процесса.
- 3.4. Прогноз возможного воздействия от строительства ЛРЗ на окружающую среду и рекомендации по снижению отрицательного воздействия.

Дополнительные данные:

- 3.5. Предполагаемая эффективность искусственного воспроизводства лососей в данной реке.
- 3.6. Выводы по возможному взаимодействию искусственной и естественной популяций.
- 3.7. Оптимальная технологическая схема водоснабжения завода.

СТРАТЕГИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛОСОСЕВЫХ РЫБ В САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.ев А.натольевич Животовский^{1,2},

Б. П. Смирнов¹

¹ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», ² ФГБУН «Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова» РАН, levazh@gmail.com

ВВЕДЕНИЕ

Основные объекты естественного и искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей в Сахалинской области – это кета и горбуша. В 2001–2016 гг. общие промысловые уловы горбуши варьировались от 38,1 до 247,1 тыс. т, а кеты – от 4,7 до 47,55 тыс. т (рис. 1).

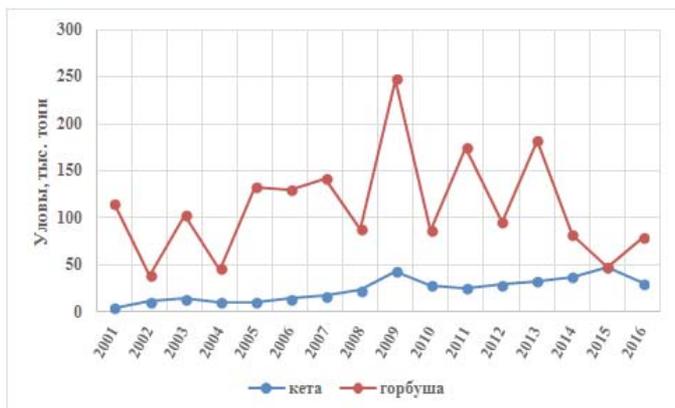


Рис. 1. Промысловые уловы горбуши и кеты в Сахалинской области в 2001–2016 гг. (по материалам NPAFC и Сахалинрыбвода)

В настоящее время в Сахалинской области действуют 46 лососевых рыбобоводных заводов (ЛРЗ), из них 11 государственных, пять на правах аренды и 30 частных. В частности, в 2016 г. молодь кеты (горбуши) выпускали 11 (3) государственных ЛРЗ, 4 (4) на правах аренды, 23 (14) частных завода и 9 (3) предприятий, занимающихся внезаводским выращиванием. При этом в выпуске с государственных и частных ЛРЗ преобладала кета (94 и 80,8%), с арендованных ЛРЗ – горбуша (55,2%). Доля государственных ЛРЗ в общем выпуске постоянно сокращается (рис. 2), падает доля горбуши и, соответственно, растет доля более привлекательной для разведения кеты из-за ее значительного хоминга (рис. 3). За последние 20 лет общие объемы выпуска молоди лососевых в области выросли, варьируясь от 459 до 822 тыс. экз. (см. рис. 3).

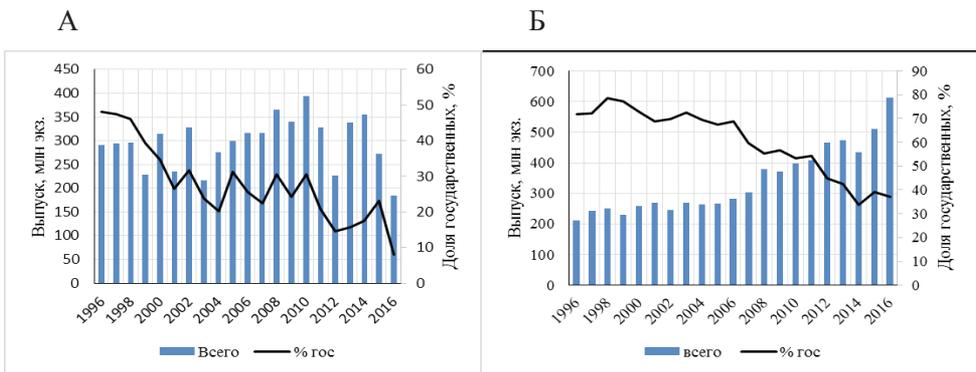


Рис. 2. Выпуск молоди горбуши (А) и кеты (Б) с ЛРЗ Сахалинской области в 1996–2016 гг. и доля государственных ЛРЗ в общем выпуске молоди данных видов

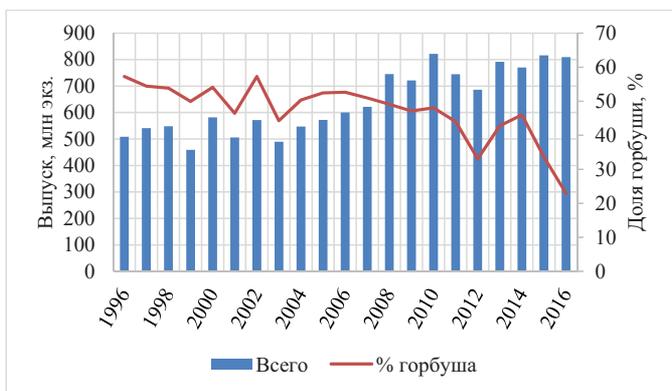


Рис. 3. Выпуск молоди лососевых с ЛРЗ Сахалинской области в 1996–2016 гг. и доля горбуши в общем выпуске

Искусственное воспроизводство увеличивает численность стад за счет создания дополнительных искусственных «нерестилищ» в цехах ЛРЗ и снижения смертности на ранних этапах развития. В тех условиях, в которые поставлен о. Сахалин нынешним ростом антропогенных нагрузок, в том числе загрязнением водоемов и перекрытием водостоков из-за добычи нефти и газа и прокладки нефте- и газопроводов, вырубкой лесов в районах водосбора рек, золотодобычи, браконьерства и пр., искусственное воспроизводство – это основное, что может не только поддержать стада лососей на должном уровне, но и прирастить их добычу.

Вместе с тем отсутствует какая-либо программа искусственного воспроизводства лососевых рыб в Сахалинской области и практически отсутствует надежная и легкодоступная информационная база о состоянии заводских и диких стад лососей. Прогнозы нерестовых подходов лососей, в особенности горбуши, неудовлетворительны из-за плохой осведомленности о стадах лососей Сахалинской области, малонадежных данных о динамике их численности, отсутствия информации о деятельности частных ЛРЗ, о скате молоди с естественных нерестилищ, условиях нагула в ранний морской период жизни и т. п. Основные меры, которые необходимо безотлагательно принять для

улучшения ситуации с разведением тихоокеанских лососей в Сахалинской области и прогнозированием их промысловых возвратов, касаются следующих трех главных в этом отношении проблем:

- (1) оценки эффективности работы лососевых рыбоводных заводов (ЛРЗ);
- (2) выявления единиц запаса кеты и горбуши и создания общедоступной онлайн-базы данных о состоянии стад лососей (в т. ч. о текущем вылове в каждом районе промысла, закладке икры на каждом ЛРЗ, заполнении нерестилищ и скате, данных биоанализов и пр.);
- (3) видового и популяционного состава разводимых лососей и соотношения объемов искусственного и естественного воспроизводства.

ОСНОВНЫЕ МОМЕНТЫ СТРАТЕГИИ ИСКУССТВЕННОГО РАЗВЕДЕНИЯ ЛОСОСЕЙ

Рыбохозяйственное районирование. Стратегия развития искусственного воспроизводства, закрытие неэффективных и строительство новых заводов невозможны без генеральной карты территориального размещения рыбоводных хозяйств. Неоднократно поднимался вопрос о районировании Сахалинской области с выделением районов, где строительство новых ЛРЗ целесообразно, запрещено или возможно с предосторожным подходом; предлагалось также создание РХЗЗ – рыбохозяйственных заповедных зон (*Спрингмейер и др., 2007; Глубоковский и др., 2010; Каев и др., 2010*). Однако до сих пор в регионе не предпринято конкретных шагов для решения данного вопроса: не создано ни одной особо охраняемой природной территории (ООПТ), ориентированной на сохранение лососевых рыб; ни тем более РХЗЗ. Лишь только в этом году (2017) провели совещание о создании двух государственных природных заказников для охраны важных лососевых рек Набиль и Даги в Ногликском районе. На фоне сложившейся в последние годы ситуации с низкими подходами лососевых и разгулом браконьерства без скорейшего решения данного вопроса можно потерять уникальные популяции лососевых рыб всех видов в Сахалинской области.

Рыбоводно-биологическое обоснование (РБО). Основной целью строительства и деятельности ЛРЗ является удовлетворение нужд промысла. Говоря о деятельности рыбоводного завода, хотелось бы обратить внимание на безусловную важность рыбоводно-биологического обоснования при утверждении места размещения ЛРЗ, его мощности, видового состава разводимых видов и прочих производственных параметров завода. Препятствием к построению эффективно работающей системы искусственного воспроизводства лососей в Сахалинской области в настоящее время является отсутствие законодательно закрепленных норм разработки РБО. Поразительно, но факт: из нормативных документов исчезло даже само понятие РБО! В результате обоснование пишет кто угодно и как угодно. И тем более не проверяется исполнение требований к рыбоводному заводу, указанных в РБО.

Требования к РБО подробно изложены в книге *В. В. Зиничева с соавторами (2012)*. В идеале заявитель на строительство нового рыбоводного завода (независимо от того, частный ли это предприниматель или государственная организация) должен подать заявку на строительство нового ЛРЗ в территориальное управление Росрыболовства. Данное агентство поручает разработать РБО научной организации с проведением всех необходимых гидрологиче-

ских, рыбоводно-биологических и инженерных исследований. После строительства рыбоводного завода территориальные управления должны проверить исполнение всех требований РБО и, что важно, *нести ответственность за деятельность этого завода.*

Грубейшими нарушениями в деятельности рыбоводного завода являются:

- выпуск вида лососевых, не указанных в РБО;
- выпуск большего объема молоди, чем указано в РБО;
- закладка оплодотворенной икры от производителей из иных водоемов, а не из базового, или завоз оплодотворенной икры из другого речного бассейна, если только отдельным пунктом в РБО не указаны обоснованность, места сбора, объемы и сроки таких перевозок.

Если требования РБО не исполняются в течение нескольких лет после запуска завода, то всех владельцев этого рыбоводного завода следует лишить права его эксплуатации.

Оценка эффективности деятельности рыбоводного завода. Важнейшим показателем успешности работы ЛРЗ является величина возврата заводской рыбы после нагула в море. Рыбоводный завод должен быть признан неэффективным, если в течение нескольких лет возврат отсутствует или он столь низкий, что не обеспечивает необходимого объема закладки икры от подходящей к забойкам завода рыбы, а производители изымаются с естественных нерестилищ, а зачастую даже с других нерестовых рек. Дальнейшее существование такого ЛРЗ нецелесообразно.

К сожалению, ни в отчетах рыбоводов, ни в материалах, предоставляемых территориальными управлениями Сахалинской области, не присутствуют какие-либо данные по коэффициентам возврата молоди лососевых для частных ЛРЗ. Достоверные данные по коэффициентам возврата имеются только по федеральным заводам Сахалинской области и арендованным ЛРЗ. Для точной оценки коэффициентов возврата необходимо проводить мечение всей выпускаемой в Сахалинской области молоди и организовать учет заводской рыбы на путях миграции и в промысловых уловах (оценки браконьерского изъятия носят экспертный характер, тем не менее их также следует принимать во внимание).

Согласно Временным биотехническим показателям по разведению молоди (личинок), выращенной в учреждениях и на предприятиях, подведомственных Федеральному агентству по рыболовству (утверждены приказом Росрыболовства от 19.04.2010 № 349), для выпуска 1 млн экз. молоди кеты и горбуши необходимо заложить на инкубацию 1,25 и 1,18 млн икры соответственно (при выживаемости от заложенной икры до выпуска молоди 80 и 85%). При рабочей плодовитости 2 500 и 1 200 икринок для кеты и горбуши потребуется 1 и 2 тыс. производителей соответственно. С учетом отхода при выдерживании до созревания и выбраковки производителей, не соответствующих рыбоводным требованиям, необходимое количество производителей возрастет примерно еще на 30%. Таким образом, для выпуска с ЛРЗ 1 млн молоди кеты и горбуши потребуется около 1 400 и 2 800 производителей соответственно. Для получения такого количества производителей коэффициент возврата от выпущенной молоди должен быть не менее 0,14% для кеты и 0,28% для горбуши. Если коэффициенты возврата на ЛРЗ остаются ниже указанных величин на протяжении нескольких лет, то такие

заводы необходимо закрывать, поскольку они не только не вносят никакого вклада в промысел, а, напротив, наносят вред естественному воспроизводству лососевых.

Маркирование всей выпускаемой молоди – необходимый инструмент оценки эффективности рыбоводного завода. Для оценки коэффициента возврата необходимо метить всю выпускаемую молодь каждым рыбоводным заводом независимо от формы собственности – государственным, арендованным или частным. Без этого невозможно оценить эффективность работы ЛРЗ. На сегодня наилучшей для этой цели является отолитная метка (*Akinicheva et al., 1998*). Безусловно, необходимо *обеспечить отолитное маркирование всей выпускаемой молоди каждым ЛРЗ и создать широкую систему отолитного мониторинга по идентификации происхождения рыбы в речных и прибрежных уловах.* На его основе следует разработать общую методику оценки возврата и соответствующую оценку эффективности деятельности каждого рыбоводного завода Сахалинской области.

На основе мониторинга маркированной рыбы необходимо выявить проблемные ЛРЗ и возможность их усовершенствования, перепрофилирования или закрытия. Разводить данный вид тихоокеанских лососей следует только на рыбоводных заводах с доказанной эффективностью выпуска этого вида, а неэффективные ЛРЗ закрывать. В частности, неэффективные горбушковые ЛРЗ Сахалинской области следует переводить на разведение более ценной летней кеты р. Поронай при наличии соответствующего рыбоводно-биологического обоснования (РБО) с дальнейшей оценкой эффективности ее разведения. Возможность разведения летней кеты на горбушковых заводах с низкими температурами воды показана экспериментально (*Лапшина и др., 2015; Лапшина, 2017; Лапшина и др., наст. сборник*). Также следует провести строгие научные исследования и практические разработки о возможности разведения осенней кеты на горбушковых ЛРЗ.

Рентабельность рыбоводного завода. Для оценки деятельности ЛРЗ с экономической точки зрения (рентабельность) необходимо учитывать следующие параметры:

- количество выпускаемой молоди и ее видовой состав; данный показатель четко и определенно фиксируется на всех ЛРЗ, информация о нем доступна;

- затраты на содержание ЛРЗ (для федеральных заводов этот показатель отражался в годовых отчетах рыбводоов; в последние годы в отчетах отсутствует, но может быть получен по запросам; от частных ЛРЗ данные по затратам на содержание завода не поступают в территориальные управления и рыбводоов);

- коэффициенты возврата (в настоящее время они не поддаются точной оценке, а для большинства ЛРЗ или не определяются вообще, или информация об этом не поступает в вышестоящие органы);

- стоимость возврата (официальная статистика по стоимости улова непосредственно у рыбаков отсутствует; в открытом доступе находятся оптовые цены на рыбопродукцию в различных регионах Российской Федерации).

При оценке рентабельности ЛРЗ необходимо также учитывать затраты на промысел. Так, установка и обслуживание ставного невода на время пути-

ны стоят около 3 млн рублей. Если у владельца ЛРЗ есть перерабатывающие мощности, то нужно учитывать стоимость разделки рыбы. Поскольку оптовые цены указываются на потрошеную рыбу, то для оценки стоимости целой рыбы применяются коэффициенты.

Как модельный пример мы рассчитали взаимосвязь между затратами на содержание ЛРЗ, объемом выпуска и коэффициентом возврата, взяв для модельных расчетов цены на 2016 г. Средний выход разделанной рыбы принимали: для горбуши – 85%, для кеты – 85,5–86%. Так как выход икры варьируется в зависимости от вида рыбы, региона и места лова (то есть от стадии зрелости), то в расчетах в среднем принимали величину 5% от общей массы самцов и самок в уловах и цену 1 200 руб./кг. На основании вышеизложенного рассчитывается стоимость рыбы на промысле. Затем оценивается, сколько нужно поймать рыбы, чтобы оправдать затраты на содержание ЛРЗ. В конкретных расчетах необходимо учитывать затраты на промысел, хранение, переработку и т. д., а также количество производителей, необходимое для закладки определенного количества икры. На **рисунке 4** приведены графики, демонстрирующие связь между объемом выпуска молоди кеты и коэффициентами возврата, при которой достигается нулевая рентабельность при различных затратах на содержание ЛРЗ.

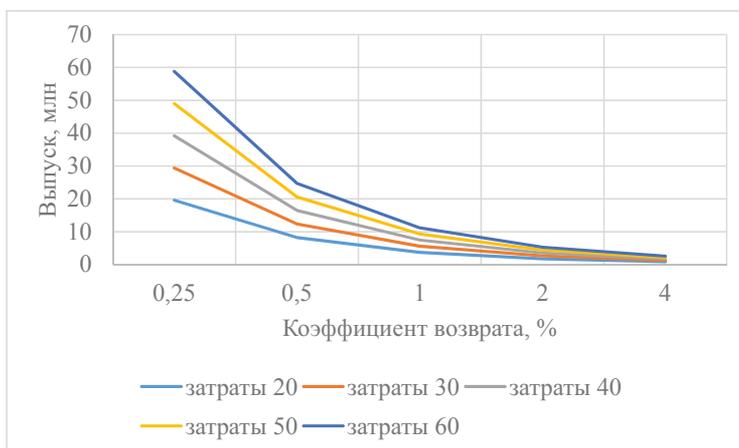


Рис. 4. Зависимость объема выпуска молоди кеты от коэффициента возврата, при котором достигается нулевая рентабельность, при различных затратах (в млн руб.) на содержание ЛРЗ

Так, например, при коэффициенте возврата 0,5% и затратах на содержание ЛРЗ в 20 млн руб. в год необходимо выпускать не менее 8,2 млн экз. молоди кеты. Увеличение объемов выпуска или коэффициентов возврата приведет к повышению рентабельности, то есть доход от реализации продукции превысит затраты. Из наших расчетов следует также, что поскольку цена на горбушу лишь незначительно ниже цены на кету, то для оправдываемости затрат на содержание горбушевого ЛРЗ необходимо выпускать в 2–2,5 раза больше молоди или добиваться такого же увеличения промыслового возврата (исходя из допущения, что масса тела горбуши в 2–2,5 раза меньше массы тела кеты). Естественно, что данные расчеты носят модельный характер, так как на разных ЛРЗ и в разные годы оценка рентабельности может существенно

изменяться. Однако в перспективе на основании предлагаемого подхода и при наличии необходимой информации можно оценивать экономическую эффективность деятельности каждого ЛРЗ.

РИСКИ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛОСОСЕВЫХ РЫБ

При оценке деятельности каждого ЛРЗ необходимо учитывать и оценивать как негативные и позитивные воздействия на деятельность ЛРЗ, так и обратные влияния деятельности данного ЛРЗ на промысел и экосистему (последнее означает экологические и генетические риски от искусственного воспроизводства). Многие экологические риски деятельности ЛРЗ относятся только к некоторым видам лососевых. Одним из возможных рисков является выпуск большого количества заводской молоди, что может привести к вытеснению дикой молоди с местообитаний, конкуренции за пищу и, в итоге, к снижению выживаемости естественной молоди, превышению приемной емкости в реке, побережье или в океане.

Тем не менее, есть много примеров, когда выпуск большого количества молоди горбуши и кеты не приводил к негативному влиянию на объемы возврата. Наиболее яркий пример – воспроизводство горбуши в проливе Принца Уильяма на Аляске. Выпуск молоди горбуши с хозяйств в заливе в 2010–2016 гг. варьировался от 600 до 673 млн экз., а общий выпуск всех видов лососевых (горбуша, кета, нерка, чавыча, кижуч) достигал 860 млн экз. (табл.). И это результат деятельности всего только шести рыбоводных хозяйств, причем одно из них – Solomon Gulch – ежегодно выпускает более 200 млн молоди горбуши. При этом уловы лососевых в данном регионе резко возросли и превысили исторический максимум. И в то же время наблюдался рост численности естественных популяций, заходы на нерестилища соответствовали оптимальному уровню или даже превышали его. Даже при большом количестве заводских рыб в уловах, превышавшем в 5–6 раз количество диких особей, промысел смешанных популяций не приводил к перелову диких группировок лососей. В 2015 г. возврат заводской горбуши составил 72 млн экз., а коэффициенты возврата варьировались за эти годы от 2 до 6%.

Таблица. Выпуск молоди лососевых (млн экз.) с рыбоводных хозяйств, расположенных в зал. Принца Уильяма, Аляска

Год	Горбуша	Кета	Все виды
2010	647,1	130,2	812,9
2011	641,6	139,5	817,4
2012	673,5	140,3	850,7
2013	600,6	148,3	783,9
2014	672,9	151,5	860,6
2015	665,2	108,9	810
2016	643	133,2	804,3

Таким образом, этот пример показывает большие экономические выгоды от крупномасштабного заводского воспроизводства горбуши, а также отсутствие влияния заводского воспроизводства на дикие популяции. Еще одним примером успешного заводского воспроизводства является о. Итуруп. Сейчас

там действуют 12 ЛРЗ, а общий выпуск молоди кеты и горбуши в 2016 г. превысил 300 млн экз. Проведенные нами анализ структуры чешуи и обратное расчисление роста показали, что скорости роста не различалась в первый год жизни у кеты в периоды низкой численности заводских стад и в периоды их высокой численности. Это доказывает, что при данных объемах выпуска условия нагула в ранний морской период не лимитируют роста молоди. Однако нельзя забывать о возможности плотно-зависимого роста и поэтому при дальнейшем наращивании выпуска кеты и горбуши на Итурупе необходимо контролировать состояние молоди в прибрежье.

Риски селективного разведения. Основное негативное влияние на деятельность ЛРЗ оказывает селективное воспроизводство, вызванное как селективным промыслом, так и селективностью самого рыбоводного процесса.

В настоящее время в самом начале нерестового хода промыслом изымаются практически все производители. Вследствие этого из рыбоводного процесса исключаются рыбы самых ранних сроков нереста. Такое тотальное изъятие рыбы промыслом в начале путины фактически оборачивается интенсивным искусственным отбором против ранней рыбы. Это может привести к изменению временной динамики нерестового хода в последующих поколениях, поскольку сроки возврата лососей наследственно обусловлены (*Smoker et al., 1998; McGregor et al., 1999; Sato et al., 2000*), и даже отрицательно сказаться на товарном качестве рыбы (*Животовский и др., 2010*). Более того, закладка икры на инкубацию производится обычно лишь при массовом подходе зрелых производителей, так как чем меньше времени рыба выдерживается в ловушках до созревания, тем удобнее работать рыбоведам – тем более что на некоторых ЛРЗ отсутствуют возможности для длительной передержки производителей. Такая организация рыбоводного процесса также преобразует стадо, вводя искусственный отбор как против ранней рыбы, так и на наследственное закрепление в стаде быстро созревающих производителей.

Не менее вредное влияние селективного разведения не только на заводское стадо, но и на естественные популяции лососевых в базовых реках рыбоводных заводов может оказать противоположная ситуация – когда рыбоводный процесс заканчивается в начале–середине рунного хода. Такое происходит тогда, когда к ЛРЗ подходит большое количество рыбы в ограниченный отрезок времени, что ведет к исключению из рыбоводного процесса производителей второй части хода и, тем самым, к искусственному отбору против поздней рыбы. Заложка икры от производителей начала массового хода в сжатые сроки может привести также к изменению возрастной структуры и соотношения полов в популяции, поскольку в начале хода преобладают крупные самцы старших возрастных групп. Точно так же при больших подходах рыбы нерестилища коротких базовых рек могут быть заполнены за несколько дней на все 100%, так что и в дикой части стада этой реки исключится из естественного воспроизводства рыба поздних сроков нереста, если доступ в реку остальной части стада будет перекрыт промыслом.

Селективность промысла в отношении размеров рыб, особенно браконьерского вылова, когда промыслом изымаются наиболее крупные особи или преимущественно самки, ведет к измельчанию популяции и нарушению половой структуры.

Риски неконтролируемого пропуска рыбы в базовые реки. Свободный пропуск рыбы в реки чреват экономическими и экологическими рисками. Пропуск рыбы в чрезмерном количестве – намного больше, чем требуется для искусственного воспроизводства и полноценного заполнения нерестилищ, ведет к потере товарной продукции, вместо того, чтобы ей попасть на рынок. Это экономический риск. Экологические риски возникают из-за возможности массовых заморов и гибели инкубируемой икры как на нерестилищах, так и на ЛРЗ, если туда попадет речная вода с разлагающимися тканями рыб. Общеизвестный пример тому – экологическая катастрофа на западной Камчатке в 1983 г., когда неожиданный заход в реки огромного количества горбуши привел к замору такой силы, что выжила только ничтожная доля икры на нерестилищах. Как результат, в течение многих лет поколения нечетных лет горбуши западной Камчатки практически не имели промыслового значения, лишь недавно численность западно-камчатского стада горбуши стала восстанавливаться после этой экологической катастрофы (Бугаев, Шевляков, 2008).

В последние годы разразилась полемика по поводу постановки или снятия рыбоучетных заграждений (РУЗов) в устьях базовых рек. Аналогично вышесказанному, при чрезмерных подходах рыбы полный запрет промыслового изъятия на РУЗах может привести к отрицательному воздействию на естественные популяции, вплоть до их полного угнетения, а также к снижению экономической составляющей путины. Особенно это касается тех базовых рек ЛРЗ, где в естественных условиях размножаются кета и горбуша. Например, при больших подходах кеты ставные невода не справляются с изъятием всей рыбы, тем более в штормовую погоду, и тогда огромное количество кеты, пропущенной в реку, может привести к заморам, перекапыванию нерестилищ как самой кеты, так и горбуши. К тому же рыба, выловленная на самих забойках ЛРЗ, существенно хуже по качеству выловленной на РУЗах. Поэтому полный запрет РУЗов не снимает проблемы. Проблема – в надлежащем контроле пропуска рыбы в реки. Хищническое использование РУЗов рыболовными компаниями и неисполнение своих функций контрольными органами, которым надлежит контролировать работу РУЗов, – это и есть основная проблема. Но относится она к сфере невыполнения должностных обязанностей официальными лицами соответствующих компаний и соответствующих государственных органов.

Риски чрезмерного промысла. Очевидно, что если не будет ограничивающего контроля за промыслом, то в путину будет выловлена вся подошедшая рыба. Путина 2017 г. на Сахалине, когда практически вся рыба изымалась промыслом, несмотря на очень низкую численность подходов горбуши и кеты к южному Сахалину, являет собой очередной пример хищничества. Как итог, нерестилища рек южной части о. Сахалин оказались малозаполненными, возобновились перевозки икры из ЛРЗ других районов Сахалинской области, в том числе с рыбоводных заводов о. Итуруп. В результате не хватило рыбы даже медведям, и на о. Сахалин были отмечены случаи гибели людей от голодного зверя. Аналогичный чрезмерный вылов в этом году был на Амуре. Если подобное будет повторяться впредь, то Сахалин ожидает печальное будущее – без своего лосося.

Риски разведения видов с длительным пресноводным периодом. Выпуск сеголеток лососевых с длительным пресноводным периодом жизни может привести к серьезным экологическим и экономическим рискам в Сахалинской области. Молодь, выпущенная при навеске ниже порогового размера смолта, не мигрирует в море в год выпуска, а остается для нагула в пресной воде еще на один-два года. Смертность молоди от хищников сразу после выпуска и во время зимовки в пресной воде очень высокая. Нагульные площади в пресноводных водоемах ограничены, поэтому наращивать выпуск сеголеток нереально. Поскольку выпущенные сеголетки занимают те же станции, что и дикая молодь, а спектр питания у них сходный, то наблюдаются конкурентные отношения как за корм, так и за пространство. После одного-двух лет нагула в пресной воде молодь кижуча становится хищником по отношению к молоди кеты и горбуши. Именно хищничеством молоди кижуча по отношению к заводской молоди кеты было обусловлено прекращение выпуска сеголеток кижуча с Охотского ЛРЗ (юго-восточный Сахалин). В настоящее время в Сахалинской области молодь кижуча навеской около 1,5 г выпускают только Адо-Тымовский и Буюкловский ЛРЗ. Поскольку промысловый возврат от выпуска сеголеток невысокий, то деятельность этих заводов можно рассматривать лишь как природоохранную, предотвращающую полное исчезновение данного вида в реках Тымь и Поронай.

Смягчить данный экологический риск можно за счет выпуска молоди видов с длительным пресноводным периодом небольшими партиями в течение продолжительного периода времени, с ее расселением по руслу реки.

Напомним, что пороговый размер смолта равен для кижуча 15–20 г, в то время как для нерки – 4 г, а для чавычи – 7 г. Поэтому получить смолта-сеголетка реально только для нерки и чавычи, что возможно на ЛРЗ с подогревом воды или на заводах с замкнутым водоснабжением. В настоящее время частные владельцы (кроме ЗАО «Гидрострой») не готовы вкладывать средства в такие дорогостоящие ЛРЗ. Ввиду важности таких проектов государству следовало бы построить несколько ЛРЗ для воспроизводства нерки и чавычи в Сахалинской области.

Другие риски. Имеются и другие ошибки в управлении рыбоводным процессом с существенным негативным влиянием на эффективность деятельности ЛРЗ:

- перевозки оплодотворенной икры между стадами, принадлежащими разным единицам запаса (см. ниже); они приводят к аутбридингу, нарушению генетической структуры нативных стад и низким возвратам лососей;
- выпуск молоди с ЛРЗ в сроки, когда температурные условия в прибрежье являются неоптимальными; при этом практически отсутствуют исследования раннего морского периода жизни лососей;
- неадекватные условия выращивания на ЛРЗ; например, низкая температура воды в зимний период при подращивании молоди осенней кеты приводит к высоким отходам и низкому качеству выпускаемой молоди.

ИСКУССТВЕННОЕ РАЗВЕДЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

Несомненно, искусственное воспроизводство важно при создании стад в местах, где этот вид отсутствовал, при восстановлении подорванных популяций, причем не только тихоокеанских лососей, но и других лососевых рыб,

в том числе редких и исчезающих видов. Поэтому общий вопрос, важны ли для Сахалинской области лососевые рыбоводные заводы, имеет один общий ответ – да, важны. Но важны только те ЛРЗ, что работают эффективно, обеспечивая требуемый уровень численности качественной рыбы, и при этом не влияют разрушительно на природные популяции разводимого вида и других видов гидробионтов, с которыми у них может возникнуть конкуренция. Сохранение биоразнообразия должно быть положено в основу искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей (*Зиничев и др., 2012*), что в свою очередь связано с необходимостью рыбохозяйственного зонирования бассейнов рек Сахалинской области (*Каев и др., 2010*). Сохранение биоразнообразия включает в себя сохранение: (1) видового разнообразия, (2) внутривидовых форм, (3) диких популяций разводимых видов.

Сохранение видового разнообразия. Критерий устойчивого развития биоресурсов за счет искусственного воспроизводства – это одновременное достижение двух основных целей: *увеличение численности разводимых промысловых видов и сохранение биоразнообразия*. Эти цели взаимно несовместимы, ибо искусственное воспроизводство лососевых в Сахалинской области сейчас ориентировано только на разведение кеты и горбуши в массовом количестве и не учитывает того, что в речных экосистемах существуют другие виды со своими биологическими требованиями, хотя эти виды важны для промысла (как сима), спортивного рыболовства (например, сахалинский таймень) и охоты (медведь) и несут большой экономический потенциал. Поэтому устойчивое воспроизводство биоресурсов требует экосистемного подхода, в котором ищется компромисс между разведением массовых промысловых видов и поддержанием малочисленных видов (*Зиничев и др., 2012*). Необходимы научно обоснованное планирование видовой специализации, территориального размещения и мощностей новых ЛРЗ и объективная оценка эффективности существующих рыбоводных заводов – без этого строительство новых рыбоводных заводов и внезаводских хозяйств неприемлемо.

Сохранение биоразнообразия – базовый природоохранный принцип в оценке влияния деятельности человека на природу. В частности, биоразнообразии лососевых рыб – это весь набор видов лососевых, нерестящихся в реках данной территории. В Сахалинской области это в первую очередь кета и горбуша, являющиеся основными промысловыми и искусственно разводимыми видами тихоокеанских лососей. Кроме них здесь нерестятся сима, кижуч, а также нерка (в частности на островах Уруп и Итуруп), которые в силу своей редкости требуют внимания как в плане сохранения, так и в плане искусственного воспроизводства. Кроме того, в Сахалинской области обитают представители других родов лососевых рыб, в частности краснокнижный сахалинский таймень, являющийся своего рода логотипом дикой природы региона.

Сохранение внутривидового разнообразия. Биоразнообразии – это не только наличие разных видов растений и животных. В любом регионе каждый вид представлен своими уникальными популяциями, приспособленными к своей среде обитания, своим географическим и климатическим особенностям. Вследствие этого вид не однороден, а состоит из популяционных группировок – рас, экологических форм, различных жизненных стратегий. Поэ-

тому сохранение биоразнообразия означает также и сохранение природных популяций, эволюционно сложившейся популяционной структуры вида, а в контексте обсуждаемой проблемы – сохранение нерестовых единиц запаса, из которых складывается суммарный запас данного вида. Важность сохранения нерестовых единиц запаса в том, что восстановление стад в отдельных реках может осуществляться за счет репродуктивных ресурсов стад других рек, входящих в ту же самую нерестовую единицу запаса.

В деле сохранения биологического разнообразия важно поддерживать различные уникальные экотипы, формы и популяции лососей. Они важны для самого искусственного воспроизводства, ибо являются генетически и экологически уникальными и могут служить в качестве генетических резерватов, в том числе для создания и пополнения новых локальных заводских стад. У кеты Сахалинской области к ним можно отнести летнюю кету р. Поронай, озерную кету Южных Курил (островов Итуруп и Кунашир), уникальные популяции кеты некоторых водоемов – таких, как р. Рыбацкая на о. Итуруп, и рек южной части юго-западного Сахалина (единица запаса С2 на **рисунке 5** ниже). Невнимание к проблеме сохранения биологического разнообразия ведет к потере запасов ценной рыбы, как это сейчас происходит на наших глазах с озерной кетой о. Итуруп, где сильнейшее давление расширенного искусственного воспроизводства уже ведет к деградации локальных стад озерной кеты и их исчезновению, хотя основная цель искусственного разведения здесь – увеличение численности горбуши и кеты – достигнута.

Сохранение диких популяций лососевых рыб. Сейчас ширится взгляд на природную продукцию как более качественную и полезную для человека по сравнению с искусственно произведенной рыбой. Поэтому природный лосось предпочтителен. С другой стороны, при заводском разведении лосось защищен от многих негативных внешних воздействий, что позволяет выпускать большие объемы молоди, в то время как наиболее уязвимое место в жизненном цикле дикого лосося – это воспроизводство на нерестилищах, в том числе из-за естественных причин, таких, как паводки или промерзание. Агрессивное вмешательство человека в дикую природу – вырубки лесов в зоне водосбора, добыча ископаемых, браконьерство, загрязнение воды – приводит к сокращению лососевых нерестовых площадей, ухудшению их качества, падению численности дикого лосося.

Однако пастбищное воспроизводство имеет свои минусы при массивном выпуске заводской рыбы в природную среду обитания дикого лосося вследствие отрицательного взаимодействия между ними (*Зиничев и др., 2012*). Негативные взаимодействия между диким и заводским лососем могут возникнуть не только как конкуренция за общие пищевые ресурсы или за место на нерестилищах и при скрещивании, но и в виде отношения «хищник–жертва» – например, при разведении вида с длительными пресноводным периодом, такого, как кижуч, для подросших особей которого выпускаемая молодь кеты или горбуши становится лакомой добычей. Значит, расти число и мощность рыбозаводов должны до разумных пределов – с учетом мощности подходов лосося к конкретным районам воспроизводства, популяционной структуры вида, кормовой базы побережья, качества получаемой продукции, взаимодействия заводского и дикого лосося, селективного воспроизводства и пр.

Важность поддержания естественных стад лососей не означает негативного отношения к искусственному воспроизводству (говоря о Сахалинской области, мы в первую очередь должны иметь в виду пастбищное воспроизводство кеты и горбуши как наиболее массовых видов в этом регионе). Но надо отдавать отчет в том, что пастбищное воспроизводство означает выпуск молоди в среду обитания природного лосося. А значит, одним из необходимых требований к работе существующих и планируемых рыбоводных заводов является минимизация влияния выпускаемого лосося на существующие природные группировки лососей. Это достигается, в частности, размещением новых ЛРЗ в небольших водоемах или в притоках крупных рек, где отсутствуют нерестилища видов, с которыми у заводской рыбы возможна конкуренция.

Устойчивое развитие лососевых биоресурсов может быть достигнуто только через поддержание природного биоразнообразия. А оно требует охраны существующих диких популяций, поддержания нерестилищ. Для этого необходим комплекс законодательных актов и проводимых в жизнь мер, направленных на охрану и сохранение водоемов, приостановку вырубки лесов в районах водосбора лососевых рек, обуздание браконьерства, введение в цивилизованные рамки любительского рыболовства.

Сохранение диких популяций важно не только с позиций общей природоохранной концепции. Оно необходимо для долгосрочной стратегии воспроизводства лососевых рыб, в том числе их искусственного воспроизводства. Дело в том, что выживаемость лососей и коэффициенты их возврата определяются во многом нам неизвестными и неконтролируемыми условиями среды в местах морского нагула. Тем не менее, экспериментально уже давно показано, что наличие генетически различных рыб с различными врожденными требованиями и различной устойчивостью к непредсказуемо меняющимся из года в год условиям морской среды обеспечивает устойчивость генофондов стад (*Geiger et al., 1997*). Именно генофонды естественных, диких популяций всегда будут служить основой улучшения и поддержания имеющихся заводских стад и создания новых искусственно воспроизводимых стад лососей, адаптированных к меняющимся условиям среды. Так что сохранение природных популяций лососей – это экономически выгодно в долгосрочной перспективе и потому требует весомой государственной поддержки.

ЕДИНИЦЫ ЗАПАСА ЛОСОСЕЙ

Для целей искусственного разведения тихоокеанских лососей, впрочем, как и для целей их промысла и охраны, наряду с рыбохозяйственным районированием необходимо выделить единицы запаса данного вида лососей. Основное требование к каждой из единиц запаса – это ее популяционная независимость от других единиц запаса данного вида. Это означает, что стратегия воспроизводства, промысла и охраны разрабатывается для каждой единицы запаса отдельно, без учета того, что делается с другими единицами запаса этого вида.

Единица запаса вида – это группировка особей данного вида, состоящая из одной или нескольких соседних популяций, объединенных:

- общими условиями среды обитания;
- сходными биологическими признаками;
- единым планом управления (воспроизводства, промысла, охраны) (*Животовский, 2016, 2017*).

Для тихоокеанских лососей можно говорить о нерестовой единице запаса, в которую входят нерестовые популяции соседствующих рек, имеющих сходные экологические особенности, генетически близкие друг к другу. Тем самым нерестовая единица запаса очерчивается географическими границами, что удобно для практических целей реализации стратегии управления запасами. Каждая нерестовая единица запаса представляет собой эколого-генетическое подразделение вида и может управляться и регулироваться независимо от других нерестовых единиц запаса данного вида. Например, у кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum), нерестящейся в реках Сахалинской области, предварительно выделены следующие нерестовые единицы запаса – **рисунок 5**:

(С1) кета юго-западного Сахалина, в основном представленная заводскими стадами;

(С2) дикая кета южной оконечности юго-западного Сахалина, которая имеет малую экономическую важность, но представляет ценный уникальный генофонд;

(С3) охотоморская кета юга острова, нерестящаяся в реках Сусунайской низменности (возможно, кету зал. Анива следует учитывать отдельно);

(С4) осенняя кета, нерестящаяся в реках зал. Терпения;

(С5) летняя кета р. Поронай;

(С6) кета северо-восточного Сахалина;

(С7) кета рек побережья Сахалинского залива северной части острова;

(С8) кета рек Амурского лимана северо-западного Сахалина;

(С9) кета западного Сахалина.

На Южных Курилах:

(ЮК1) речная кета Итурупа;

(ЮК2) озерная кета Итурупа;

(ЮК3) речная кета Кунашира;

(ЮК4) озерная кета Кунашира.

Эти нерестовые единицы запаса согласуются с ранее выделенными подразделениями кеты Сахалинской области (Двинин, 1959; Иванков, 1968, 1972; Каев, 2001, 2003; Гриценко, 2002; и др.).

Нерестовые единицы запаса лососевых рыб отличаются друг от друга по экологическим характеристикам, условиям среды на ранних стадиях развития особей данного вида, генетическим параметрам. Поэтому следует *запретить межбассейновые перевозки между стадами из разных единиц запаса*, за исключением случаев формирования новых искусственных популяций уникальных экологических форм, если они отсутствуют в данном водоеме, при наличии рыбоводно-биологического обоснования и на определенный срок. Перевозки оплодотворенной икры, молоди или производителей из одного водоема в другой, где данный вид или разводимая экологическая форма присутствует, *разрешаются только в пределах одной единицы запаса*.

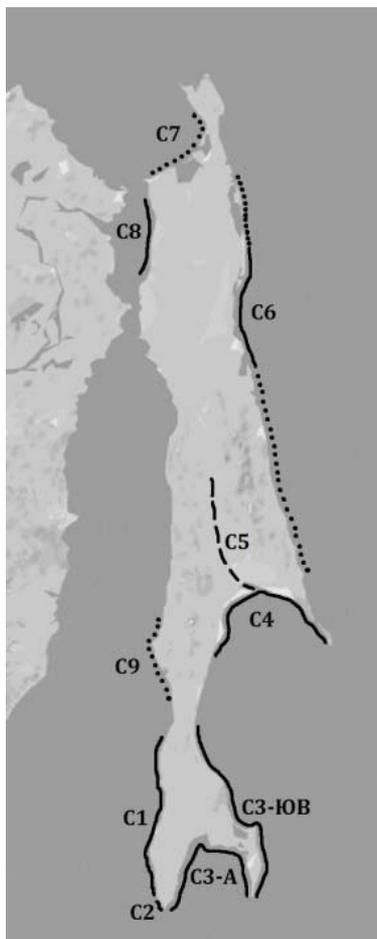


Рис. 5. *Нерестовые единицы запаса кеты о. Сахалин (по: Животовский, 2016)*

Сплошная линия вдоль профиля береговой линии очерчивает примерный район устьев рек, кета которых входит в одну нерестовую единицу запаса; пунктирная линия – предположительное отнесение кеты этого района к одной нерестовой единице. Кодировка С4 указывает на осеннюю кету р. Поронай и соседних рек; С5 относится к кете летней расы р. Поронай (все остальные единицы запаса кеты о. Сахалин и Южных Курил относятся к осенней расе этого вида).

Для однозначного выделения единиц запаса основных видов лососевых рыб Сахалинской области необходимо провести их детальную паспортизацию, то есть собрать гидрологические и биологические данные обо всех нерестовых реках и всех популяциях – как заводских, так и диких. Помимо данных о состоянии бассейна воспроизводства, численности, вылове, заполнении нерестилищ, плотности молоди в прибрежье и пр. каждая популяция обязательно должна описываться размерно-весовыми признаками, показателями плодовитости и упитанности и т. п., а также ее «генетическим паспортом», основанным на ДНК-маркерах. Подчеркнем, что необходимым элементом такой паспортизации является отолитное маркирование заводской молоди с последующим широким мониторингом метки.

Объектами паспортизации являются как промысловые виды лососевых, так и редкие и исчезающие виды, подлежащие охране. Принцип исследования – многолетние сборы материала, охватывающие большую часть ареала вида с учетом решаемых задач, что позволяет делать системные выводы в целом по Сахалинской области. Генетические маркеры необходимы по той причине, что на сегодня они единственные позволяющие с высокой степенью надежности выделять наследственно разные дикие популяции лососей. Кроме того, они важны для оценки взаимодействия природных и заводских рыб, выявления уникальных популяций, идентификации рыб в морских уловах относительно страны и места их происхождения, экологической сертификации морского рыболовства, разработки стратегии охраны редких и исчезающих видов.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ

Анализируя доступные данные по искусственному воспроизводству тихоокеанских лососей в России и других странах, мы заключаем, что не видим непреодолимых проблем в наращивании выпуска молоди лососей в Сахалинской области. При этом мы сталкиваемся с дилеммой: идти ли по пути Японии, наращивая количество малых рыбоводных заводов до нескольких сотен, или учитывать опыт Аляски, где в настоящее время функционируют всего 24 рыбоводных хозяйства, но каждый большой мощности – некоторые до 150–200 млн.

Учитывая небольшие размеры нерестовых рек Сахалинской области, мы рекомендуем строительство здесь в основном небольших рыбоводных заводов, выпускающих порядка до 15–25 млн молоди кеты или горбуши. Деятельность каждого рыбоводного завода обязана строго следовать своему РБО и ежегодно проходить контроль на эффективность. При этом существующие заводы – как большой, так и малой мощности – также должны быть встроены в общую систему ЛРЗ при условии их эффективности и рентабельности.

Масштабы расширенного искусственного воспроизводства кеты и горбуши в Сахалинской области должны в обязательном порядке соответствовать оценкам состояния кормовой базы в прибрежье во время ската молоди, как основному фактору, формирующему численность этих видов.

Для адекватной оценки эффективности и рентабельности ЛРЗ Сахалинской области необходимо получение достаточной для анализа информации. Для уточнения коэффициентов возврата необходимо маркировать всю выпускаемую молодь на всех рыбоводных заводах области. Однако масштабы сбора и идентификации меток пока совершенно недостаточны, особенно на путях миграции рыб и в промысловых уловах.

Рекомендовать территориальным управлениям Росрыболовства запрашивать в обязательном порядке у владельцев частных ЛРЗ данные по коэффициентам возврата и затратам на содержание заводов;

– добиваться повышения коэффициентов промыслового возврата. При коэффициенте возврата для кеты больше 2% завод может выпускать всего около 2 млн молоди при затратах на его содержание 20 млн рублей в год. Это позволяет строить и эксплуатировать высокотехнологичные ЛРЗ на основе замкнутого водоснабжения небольшой мощности;

- строго соблюдать рекомендованные наукой сроки выпуска молоди с ЛРЗ;
- рекомендовать ЛРЗ повышать массу выпускаемой молоди согласно рекомендациям науки; хорошо известно, что при увеличении массы выпускаемой молоди (до определенного предела) выживаемость возрастает;
- отказаться от практики заполнения всех производственных мощностей при нехватке производителей;
- запретить заготовку производителей для закладки икры на ЛРЗ с естественных нерестилищ; в противном случае такая заготовка способна подорвать природные популяции при фиксированном объеме пропуска рыб на нерестилища;
- рекомендовать строительство небольших по мощности ЛРЗ в районах с неблагоприятными для искусственного воспроизводства условиями, что позволит сократить затраты на их содержание;
- поддержать развитие внезаводских малозатратных методов воспроизводства;
- рекомендовать закрытие ЛРЗ, для которых коэффициенты возврата остаются ниже 0,14% для кеты и 0,28% для горбуши по данным о возвратах рыбы как минимум от трех выпусков для кеты и каждой из линий горбуши;
- разработать статус и порядок функционирования ЛРЗ экологической направленности, целью строительства и деятельности которых будет являться восстановление численности популяции какого-либо вида лососевых, находящейся под угрозой исчезновения вследствие антропогенного воздействия.

ВЫВОДЫ

1. Следует знать «в лицо» каждый нерестовый водоем Сахалинской области:

- По производителям: вылов каждого вида, пропуск на нерестилища, состав уловов в реках и прибрежных уловах, численность, репродуктивные и размерно-возрастные характеристики производителей и пр.
- По молоди: закладка икры и выпуск молоди каждого вида с каждого ЛРЗ, происхождение и характеристики производителей, стадии развития молоди при выпуске, сроки выпуска, коэффициенты возврата, скат дикой молоди и т. п.
- По раннему морскому периоду: условия нагула молоди в ранний морской период жизни.
- Создать общедоступные онлайн-базы данных, содержащие указанные данные по лососевым рыбам Сахалинской области.

2. Выделить единицы запаса каждого вида и запретить перевозки в Сахалинской области

- Выделить нерестовые единицы запаса каждого из видов лососевых рыб.
- Запретить межбассейновые перевозки икры, в том числе сбор икры от производителей из рек, которые не являются базовыми водоемами ЛРЗ.
- При необходимости поддержания заводского стада перевозки разрешаются только между группировками, входящими в одну нерестовую единицу запаса данного вида лососевых.
- Зарыбление водоема отсутствовавшим там ранее видом или экоформой лосося из донорской популяции другой нерестовой единицы допускается только при наличии рыбоводно-биологического обоснования и на определенное время.

3. Проводить широкую идентификацию заводских и диких популяций Сахалинской области на основе отолитного маркирования и ДНК-маркеров

– Для оценки эффективности работы ЛРЗ разработать общую методику оценки возврата, обеспечить ежегодное отолитное маркирование всей выпускаемой молодежи каждым ЛРЗ и создать на его основе широкую систему мониторинга по идентификации происхождения рыбы в речных и прибрежных уловах.

– Осуществлять регулярный генетический мониторинг заводских и диких популяций с целью ДНК-идентификации рыб естественного происхождения.

4. Оценивать эффективность деятельности каждого рыбоводного завода Сахалинской области

– Разработать и утвердить положение о рыбоводно-биологическом обосновании на строительство ЛРЗ.

– Провести работы по оценке приемной емкости в прибрежных районах нагула молодежи, где формируется основная численность стад кеты и горбуши.

– Выявлять неэффективные ЛРЗ и возможность их усовершенствования, перепрофилирования или закрытия.

– Разводить горбушу только на ЛРЗ с доказанной эффективностью.

– Закрывать неэффективные горбушовые ЛРЗ о. Сахалин и, по возможности, переводить их на разведение поронайской летней кеты с дальнейшей оценкой эффективности.

– Не выпускать молодь лососевых с длительным пресноводным периодом жизни, не достигшую стадии смолтификации.

5. Сохранять дикие популяции лососевых рыб Сахалинской области

– Восстановить естественное воспроизводство горбуши.

– Поддерживать уникальные дикие популяции кеты как генетические резерваты, в том числе для пополнения локальных заводских стад:

(а) летнюю кету р. Поронай (о. Сахалин),

(б) озерную кету островов Итуруп и Кунашир,

(в) генетически уникальные стада малых рек (например, южной части юго-запада Сахалина, р. Рыбацкая о. Итуруп).

– Организовать охрану, воспроизводство и мониторинг редких видов лососевых рыб Сахалинской области: симы, кижуча, нерки Итурупа и Урупа, сахалинского тайменя и др.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнялась отчасти по госзаданию № АААА-А18-118012490139-7 (Программа Президиума РАН № 41 «Биоразнообразии природных систем и биологические ресурсы России») и гранту РФФИ № 18-016-00033.

ЛИТЕРАТУРА

Бугаев А. В., Шевляков Е. А. 2008. Флюктуации численности горбуши *Oncorhynchus gorbusha* западного и восточного побережий Камчатки на рубеже XX и XXI веков. КамчатНИРО, Петропавловск-Камчатский. 12 с.

Глубоковский М. К., Павлов Д. С., Леман В. Н., Букварева Е. Н., Шевляков А. Е., Кучерявый А. В. 2010. Методические рекомендации по организации рыбохозяй-

ственных заповедных зон на примере лососевых рыб Дальнего Востока России. В кн. «Лососевые рыбохозяйственные заповедные зоны на Дальнем Востоке России» (ред. Д. С. Павлов и М. К. Глубоковский). Изд-во ВНИРО, ВНИРО-ИПЭЭ РАН, М.: С. 98-123.

Гриценко О. Ф. 2002. Проходные рыбы острова Сахалин. Систематика, экология, промысел. М.: ВНИРО. 248 с.

Двинин П. А. 1959. Лососи Сахалина и Курил. М.: Глав. госинспекция по охране рыбных запасов и регулированию рыболовства при Совете Министров СССР. 37 с.

Животовский Л. А. 2016. Провизорное районирование единиц запаса кеты Дальнего Востока России. Бюл. № 11 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. С. 193–198.

Животовский Л. А. 2017. Две ветви исследований популяционной структуры вида – экологическая и генетическая: история, проблемы, решения. Генетика. Т. 53. С. 1244–1253.

Животовский Л. А., Федорова Л. К., Шитова М. В., Борзов С. И., Погодин В. П., Рубцова Г. И., Афанасьев К. И. 2010. Изменчивость цвета мяса у производителей заводской кеты о. Итуруп. Вопросы рыболовства. Т. 11. № 2. С. 313–326.

Зиничев В. В., Леман В. Н., Животовский Л. А., Ставенко Г. А. 2012. Теория и практика сохранения биоразнообразия при разведении тихоокеанских лососей. Изд-во ВНИРО, М. 238 с.

Иванков В. Н. 1968. Тихоокеанские лососи острова Итуруп. Изв. ТИНРО. Т. 65. С. 49–74.

Иванков В. Н. 1972. Особенности экологии и структура популяций осенней кеты различных районов Сахалина. В кн. «Фауна и рыбохозяйственное значение прибрежных вод северо-западной части Тихого океана». Владивосток. Учен. зап. ДВГУ. Вып. 60. С. 27–35.

Иванков В. Н. 1985. Экотипы лососевых рыб. В кн. «Морфология и систематика лососевидных рыб. – Л. : ЗИН АН СССР. С. 85–91.

Каев А. М. 2001. Распространение осенней кеты в связи с особенностями водоносных комплексов Сахалина и Курильских островов. Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 1. С. 344–349.

Каев А. М. 2003. Особенности воспроизводства кеты *Oncorhynchus keta* в связи с ее размерно-возрастной структурой. СахНИРО. Южно-Сахалинск. 288 с.

Каев А. М., Сафронов С. Н., Никитин В. Д., Самарский В. Г., Семенченко А. Ю. 2010. Подходы к созданию лососевых рыбохозяйственных заповедных зон в Сахалинской области. В кн. «Лососевые рыбохозяйственные заповедные зоны на Дальнем Востоке России» (ред. Д. С. Павлов и М. К. Глубоковский). ФГУП ВНИРО-ИПЭЭ РАН, М. С. 51–59.

Лапшина А. Е. 2017. Летняя раса кеты (*Oncorhynchus keta*) острова Сахалин: биологические особенности и возможности заводского разведения. Автор. дис. ... канд. биол. наук. ВНИРО. М. 23 с.

Лапшина А. Е., Самарский В. Г., Животовский Л. А. 2015. Летняя кета Сахалина: происхождение, биологические особенности, перспективы использования. Ю-Сахалинск. Ученые Записки СахГУ. С. 77–81.

Павлов Д. С. и Глубоковский М. К. (ред.). 2010. Лососевые рыбохозяйственные заповедные зоны на Дальнем Востоке России. Изд-во ВНИРО, ВНИРО-ИПЭЭ РАН, М. 141 с.

Спрингмейер Д., Пинский М. Л., Портлин Н. М., Бонкоски Ж., Рэнд П. 2007. Ранжирование сахалинских речных бассейнов для сохранения лососевых. Тр. СахНИРО. Т. 9. С. 264–294.

Akinicheva E., Rogatnykh A., Safronenkov B. 1998. Mass marking of salmon and identification of hatchery fish in mixed stocks. (NPAFC Doc. 379). Pacific Research Institute of Fishery and Oceanography, Magadan Branch, Magadan, Russia. 8 p.

Geiger H. J., Smoker W. W., Zhivotovsky L. A., Gharrett A. J. 1997. Variability of family size and marine survival in pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) has implications for conservation biology and human use. *Canad. J. of Fisheries and Aquatic Sci.* 54, 1997. P. 2684–2690.

McGregor A. J., Lane S., Thomason M. A., Zhivotovsky L. A., Smoker W. W., Gharrett A. J. 1998. Migration timing, a life history trait important in the genetic structure of pink salmon // *N. Pac. Anadr. Fish. Comm. Bull.* No. 1. Pp. 262–273.

Sato H., Amagaya A., Ube M., Ono N., Kudo H. 2000. Manipulating the timing of a chum salmon (*Oncorhynchus keta*) run using Preserved sperm. *NPAFC Bulletin.* No. 2. P. 353–357.

Smoker W. W., Gharrett A. J., Stekoll M. S. 1998. Genetic variation in return date in a population of pink salmon: A consequence of fluctuating environment and dispersive selection in Alaska. *Fish. Res. Bull.* Vol. 5. P. 46–54.

ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ВОСПРОИЗВОДСТВА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕВЫХ В САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

В.ладимир Г.ригорьевич Самарский

**АО «Гидрострой», ООО «Меридиан»,
samarskiy@yahoo.com**

Промысел тихоокеанских лососей основан на возможности выловить весь объем подошедшей для воспроизводства рыбы за вычетом того количества производителей, которые могут эффективно вместить нерестовые площади региона промысла.

Возможность эффективного нереста определяется тем, что производители лососей строят гнездо определенных размеров, куда самка выметывает икру и где происходит ее дальнейшее развитие. Размеры гнезд определяются размерами производителей и специфичны для разных видов.

Только при эффективном использовании площади нерестилищ, когда не происходит перекапывание уже построенных гнезд более поздними нерестующими парами, мы наблюдаем наилучшие показатели естественного воспроизводства в виде соотношения количества отнерестившихся производителей к количеству скатившейся после их нереста молоди (личинок).

Система воспроизводства неразрывно связана с организацией промысла лососей. Количество пропущенных на нерест производителей должно обеспечить наибольшее количество молоди (личинок).

В систему воспроизводства входят:

- знания о количестве нерестовых площадей и производителей, которое необходимо пропустить на нерест;
- работа лососевых рыбоводных заводов;
- работа органа, принимающего решения по регулированию промысла;
- система наблюдения за количеством производителей в нерестовых водоемах;
- система получения оперативной информации о ходе промысла;
- система контроля промысла;
- система охраны нереста.

Все очень просто, но в итоге мы видим вырезанные браконьерами нерестилища, так как количество инспекторов рыбоохраны сегодня минимально и не способно полноценно охранять нерест, и неповоротливый механизм работы Комиссии, который оперативным назвать не получается, при том, что нормативная база принципиально не изменилась.

Мнение рыбохозяйственной науки фактически должно играть ведущую роль в организации промысла, но сегодня наука не имеет своего права «вето». По-прежнему существует «телефонное право», в чем мы убедились в 2017 г. касаясь организации промысла на участке Свободное–Анива.

Основная проблема, с которой мы сталкиваемся, это то, что по непонятным причинам нас пытаются лишить возможности обеспечивать оптимальное заполнение нерестилищ. Вокруг понятия «оптимальное заполнение нерестилищ» именно в Сахалинской области создаются и нагнетаются искусственный ажиотаж и спекуляции, несмотря на то, что это понятие существует как природный факт, очень подробно описанный рядом отечественных и зарубежных специалистов.

Всем рекомендую ознакомиться с организацией промысла в р. Озерная и заполнением нерестилищ оз. Курильское в Камчатском крае. Если коллегам сказать, что нужно довериться природе и пропустить всю нерку в озеро, как тысячу лет назад, а лишняя нерка просто не пойдет туда, куда не надо, то предполагаю совершенно однозначную реакцию.

Все коллизии начались с того, что в процессе административной реформы претерпела изменения нормативная база, регулирующая порядок выдачи разрешений, и изменились Правила рыболовства. Когда столкнулись с необходимостью как всегда регулировать заход производителей в реки и протоки, то выяснилось, что для этого нужна специальная статья Правил рыболовства, так как новые Правила не предусматривали возможность вне рыбопромысловых участков и без использования сплошного перекрытия водотока устанавливать какие-либо орудия лова. Возможность регулировать, то есть пропускать рыбу в течение всего нерестового хода и изымать излишки, имеется только у одного орудия лова, которое традиционно использовалось, – РУЗ. Но, к сожалению, юристы Росрыболовства не пропустили в статье 31.16 цель постановления и работы РУЗ как обеспечение оптимального заполнения нерестилищ. И в итоге появилось предотвращение заморных явлений. Ну а дальше начинается история борьбы с «заморами». Прокуратура подхватила этот термин, требовала и продолжает требовать наличие замора, несмотря на то, что статья говорит о предотвращении замора, а не его факте.

Сегодня не решены вопросы:

- права собственности на возврат от выращенной за свои деньги и выпущенной на нагул молоди. Отсюда и желание у рыбаков половить рыбу, выращенную за счет чужих средств;

- фактического отсутствия регулирования промысла, ориентированного на данные о заполнении нерестилищ. Пример 2017 г. – зал. Терпения и Анива;

- отсутствия понимания необходимости обеспечения оптимальных условий нереста горбуши. Не определены целевые показатели оптимального количества производителей в реках;

- непонимания и неприятия во внимание наличия потенциального нерестового фонда и фактически доступных нерестилищ в зависимости от текущей гидрологической обстановки.

На самом деле все хорошо известно и описано в литературе и десятилетиями используется в практике, но по непонятным причинам не используется в настоящее время. Попытки заняться ревизией работы ЛРЗ выглядят наивно, так как указать путь возможных решений по увеличению эффективности их работы могут только те группы специалистов, которые имеют успешный опыт практического повышения эффективности работы заводов. Иначе весь подобный ревизионизм превратится в наукоподобный фарс, где «диагноз» будут ставить общественные деятели, а не специалисты.

Сегодня мы наблюдаем значительные климатические изменения, которые перестраивают среду обитания лососей, особенно драматично это происходит в южных границах ареала горбуши и кеты.

Тревожная информация, поступающая от коллег из Японии, заставила уже давно задуматься над происходящим – там эти изменения произошли раньше.

Совершенно непродуманные инициативы в части сокращения воспроизводства кеты и увеличения выпуска горбуши не выдерживают никакой критики. Там, где климатические условия не позволяют добиваться высоких возвратов (урожаев) горбуши, нам предлагают увеличить объемы выпуска именно этого вида. В итоге горбуши не будет и не будет кеты. Очень хороший план по уничтожению целой индустрии.

Сегодня, как ни грустно это звучит, наука, курирующая разведение лососей, не успевает за разработками и технологиями, внедренными частными лососеводами. По сути, за последние годы произошло три революционных события:

- разработка промышленной технологии выращивания молоди кеты и горбуши с использованием морской воды;
- разработка систем оборотного водоснабжения на этапе инкубации и выдерживания личинок кеты, позволяющих в отсутствие «теплой» природной воды заниматься эффективным разведением кеты;
- разработка биотехники разведения кеты в условиях ограниченного количества «теплой» грунтовой воды;
- разработка компактных инкубационных систем и широкое внедрение бассейнового выращивания кеты.

Несмотря на понимание значимости раннего морского периода в выживании молоди лососевых, до сих пор не организованы его изучение и систематические наблюдения. Нарушен основной принцип и задача заводского разведения кеты – за счет созданного заводского ресурса снизить пресс на дикие стада. Этого можно было достичь только путем ведения промысла возле рек рыбоводных заводов и в самих реках рыбоводных заводов. Но по политическим, лишенным биологического смысла решениям, направленным на широкий доступ к ресурсу, уже третий год организован массовый промысел кеты. Итог – заводы не могут обеспечить себе полноценный сбор икры и легальный вылов, уничтожается дикая рыба, ОПГ зарабатывают огромные деньги.

Организаторы промысла забывают, что сбор икры кеты и горбуши ведется в течение всего нерестового хода с соблюдением рекомендаций генетиков, и перехваченные промыслом косяки рыбы приводят к провалу полноценного сбора икры.

После того как на пути миграции вылавливается значительная часть кеты, тут же слышны циничные упреки, что рыбоводы неэффективно работают, раз так «мало» рыбы к заводу подошло. Существовала целая эпоха, когда промысловым возвратом заводов считалась только та рыба, которая подходила непосредственно к забойкам, в ту пору написана масса научных работ о слабой эффективности разведения кеты и горбуши, которые до сих пор цитируют и пытаются делать выводы.

Транзитные районы, не имеющие воспроизводственного значения, должны быть закрыты для промысла.

ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ НА ФЕДЕРАЛЬНЫХ ЛРЗ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ. ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Л.еонид В.ладимирович Коряковцев

ФГБУ «Сахалинрыбвод», koryakovtsevl@mail.ru

В настоящее время структурными подразделениями ФГБУ «Сахалинрыбвод» являются 16 федеральных ЛРЗ:

– девять лососевых рыбоводных заводов, а также лососевый рыбоводный комплекс «Найба», включающий Соколовский и Березняковский цеха, финансируются из средств федерального бюджета,

– пять заводов переданы в аренду и осуществляют свою деятельность за счет средств арендаторов.

Общие площади питомников 11 рыбоводных заводов составляют 26 899,3 м² и имеют суммарную производственную мощность по выпуску молоди тихоокеанских лососей **272,2** млн шт.

Выращивание именно такого количества жизнестойкой молоди тихоокеанских лососей позволяет загружать производственные мощности федеральных заводов в полном объеме. Данная мера позволит прежде всего сохранить объемы выпуска молоди, которые сложились в последние десятилетия, а также добывать рыбу в зоне действия заводов на уровне прошлых лет. Однако реалии таковы, что антропогенные нагрузки ежегодно только возрастают, и потому ослабление усилий по заводскому разведению приведет к деградации стад лососей, маломощным подходам и, как следствие, сокращению уловов, что, в свою очередь, ведет к другим неутешительным социальным последствиям.

Отдавая должное ученым и практикам, прежде всего рыбводам, сумевшим в сложных экономических условиях достигнуть в развитии искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей значительных успехов, констатируем, что ежегодное снижение финансирования и, как следствие, объемов выпуска может свести все их достижения на нет.

Сегодня эффективность использования производственных мощностей федеральных рыбоводных заводов зависит, во-первых, от установленного государственного задания по искусственному воспроизводству водных биологических ресурсов и, во-вторых, от подходов производителей, что может быть даже более актуально.

Так, на 2015 г. план выпуска молоди тихоокеанских лососей был утвержден в объеме **256,12** млн шт., при этом степень использования производственных мощностей составляла **94,1%**. В 2016 г. план выпуска молоди тихоокеанских лососей составил **190,879** млн шт., при этом степень использования производственных мощностей снизилась до **69,9%**. В 2017 г. – **161,07** млн шт., степень использования производственных мощностей сократилась до **59,0%**.

Фактически в 2017 г. с федеральных лососевых рыбоводных заводов для государственных нужд было выпущено **167,5095** млн шт. молоди тихоокеанских лососей, в том числе: горбуша – 41,1932 млн шт., кета – 125,0949 млн шт., кижуч – 0,753 млн шт., сима – 0,4888 млн шт. Кроме того, по договорам с хозяйствующими субъектами выращено и передано для выпуска 12,9 млн шт. молоди кеты и горбуши.

В 2017 г. в связи с малочисленными подходами производителей лососей к забойкам рыбоводных заводов под государственное задание было задействовано всего **48,5%** производственных площадей, выпуск молоди в 2018 г. составит **129,0** млн шт. молоди. Остальные площади будут не востребованы.

Таким образом, прослеживается ежегодная тенденция снижения объемов государственного задания по искусственному воспроизводству, в основном в связи с сокращением бюджетного финансирования по данному виду работ. При этом неизменными остаются большинство затрат на содержание лососевых рыбоводных заводов, которые зависят от площади цехов и административных зданий, а не от объема выпускаемой продукции, в том числе: коммунальные расходы, оплата налогов, расходы на ГСМ и электроэнергию, услуги охраны, лабораторные исследования воды и др.

В создавшихся условиях учреждение вынуждено для выполнения государственных работ дополнительно к бюджетной субсидии расходовать значительные средства от приносящей доход деятельности, которые могли быть направлены на развитие учреждения.

Дальнейшее сокращение объемов государственного заказа возможно только при переходе на **товарную аквакультуру**, чтобы имеющиеся производственные мощности, не задействованные под госзаказ, использовались в целях индустриальной и (или) пастбищной аквакультуры.

В 2017 г. на федеральных ЛРЗ незначительная часть производственных площадей была задействована под выращивание молоди для хозяйствующих субъектов (12,9 млн шт.), оставшаяся часть площадей, позволяющая осуществить выращивание более 90 млн шт. молоди, – не востребована. Причиной отсутствия покупателей на приобретение рыбопосадочного материала (молоди) является отсутствие гарантий со стороны государства на предоставление возможностей вылова промвозврата.

Кроме того, для развития товарной (пастбищной) аквакультуры необходимы рыбоводные участки, которых до сих пор нет. Создание рыбоводных участков на базовых реках лососевых рыбоводных заводов ФГБУ «Сахалинрыбвод» осложнено наличием на базовых реках федеральных ЛРЗ рыбопромысловых участков (далее – РПУ) для промышленного рыболовства, созданных в 2011 г. Границы РПУ определены от устья рек, вверх по течению, за исключением заводских пунктов отлова производителей (рыбоводной забойки).

Таким образом, создание рыбоводного участка на базовых реках федеральных ЛРЗ возможно только на пунктах отлова производителей (забойках), включая зону накопления и отстоя рыбы (от 200 до 700 м), при этом место выпуска молоди и место изъятия (вылова) производителей территориально не совпадают (место выпуска молоди находится на значительном удалении от пункта отлова производителей – рыбоводной забойки, а в соответствии с Федеральным законом № 148-ФЗ «Об аквакультуре» выпуск и вылов объектов аквакультуры должен осуществляться только в границах рыбоводных участков).

В результате реализации права осуществления товарной аквакультуры на базовых водоемах ЛРЗ ФГБУ «Сахалинрыбвод», дополнительно к бюджетной субсидии на выполнение государственного заказа, смогло бы получать доход от реализации объектов аквакультуры (производителей тихоокеанских лососей) и от реализации посадочного материала, что обеспечит финансирование учреждения без сокращения штатной численности и его дальнейшее развитие.

Другим направлением для обеспечения работы государственных ЛРЗ на полную мощность в целях сохранения численности заводских стад тихоокеанских лососей может быть **искусственное воспроизводство за счет собственных средств**.

В соответствии с поручением губернатора Сахалинской области О. Н. Кожемяко (перечень поручений от 28.07.2016 № 83ПП) ФГБУ «Сахалинрыбвод» проработал вопрос о финансировании рыбоводных мероприятий на государственных лососевых рыбоводных заводах с предприятиями, осуществляющими промысел в зоне действия государственных ЛРЗ.

В рамках выполнения вышеуказанного поручения в путину 2017 г. на рыбоводных заводах юго-западного побережья (Калининский, Сокольниковский и Ясноморский) заложено на инкубацию 1,473 млн шт. икры кеты, что позволит осуществить в 2018 г. выпуск молоди кеты в количестве 1,2 млн шт. Финансирование данных работ будет осуществлять ООО «Каниф» путем перечисления целевых средств на расчетный счет учреждения. На других заводах сбор икры для искусственного воспроизводства за счет собственных средств не производился в связи с малочисленными подходами рыбы к пунктам отлова производителей. Работы по данному виду деятельности также запланированы в следующем рыбоводном сезоне (2018–2019 гг.).

Путина 2017 г. для ФГБУ «Сахалинрыбвод» стала одной из самых сложных за последние десятилетия из-за крайне низких подходов горбуши и кеты в базовые реки рыбоводных заводов.

Для выполнения поставленных государством задач по выпуску молоди лососевых в 2018 г. необходимо было осуществить сбор икры в количестве **187,127** млн штук, в том числе: горбуши – 50,593 млн шт., кеты – 135,541 млн шт., кижуча – 0,745 млн шт., симы – 0,248 млн шт.

ГОРБУША

В условиях практически полного отсутствия горбуши на базовых реках (Брянка, Таранай (зал. Анива), Черная Речка – юго-западное побережье Сахалина) на заводах ФГБУ «Сахалинрыбвод» смогло заложить на инкубацию всего **28,7085** млн шт. икры горбуши, или **56%** от плана, в том числе:

– собрано икры горбуши силами учреждения на базовых реках ЛРЗ и «диких» реках – **3,259** млн шт.;

– безвозмездно оказали помощь в закладке **икры горбуши** ЛРЗ частных форм собственности и ЛРЗ в аренде в количестве **25,4495** млн шт., а именно:

– ООО «Меридиан» ЛРЗ «Фирсовка» в количестве **5,7353** млн шт.,

– ООО «ЛРЗ Пугачевский рыбоводный завод» – **6,3255** млн шт.,

– ООО «Континент» Куйбышевский ЛРЗ – **4,738** млн шт.,

– ООО «Рыбак» ЛРЗ «Поречье» – **8,6507** млн шт.

Пользуясь случаем, хочу поблагодарить владельцев частных заводов (ООО «Меридиан», ООО «Континент», ООО «Рыбак»), а также арендаторов

федеральных ЛРЗ (ООО «Салмо», ООО «Пугачевский рыболовный завод», АО «Гидрострой») за оказание помощи учреждению в закладке икры.

КЕТА

Из планируемых к сбору в 2017 г. 135,541 млн шт. **икры кеты** заложено на инкубацию **115,135** млн шт., или **84,9%**.

Закладку икры кеты для выполнения государственного задания в полном объеме осуществили заводы юго-западного побережья (Калининский, Сокольниковский, Ясноморский и Урожайный). В рамках выделенных объемов ВБР на этих заводах дополнительно собрано 12,27 млн шт. икры кеты. На заводах Восточно-Сахалинской подзоны работы по сбору икры кеты были осложнены слабыми подходами рыбы. В связи с полным отсутствием производителей не удалось осуществить сбор икры на забойке ЛРК «Найба». При этом промышленный вылов кеты в Долинском районе (район выпуска заводской молоди) составил более 2 000 т кеты, основной вылов осуществлялся в прибрежной зоне с кунгасов плавными и ставными сетями. Ежедневно на промысел выходили порядка 300 плавсредств. При такой промысловой нагрузке основная часть кеты была изъята еще в море, не достигнув нерестовых рек.

Для заполнения производственных мощностей ЛРК «Найба», ООО «Салмо» безвозмездно передано на инкубацию **9,07** млн шт. икры кеты.

Адо-Тымовский ЛРЗ осуществил сбор икры кеты только на 49,1% (4,58 млн шт.). Ежегодно из-за браконьерского промысла в период сбора икры этот завод испытывает острый дефицит производителей кеты. Подходы кижуча практически полностью отсутствуют, что также осложняет выполнение государственного задания. На протяжении многих лет для заполнения производственных площадей Адо-Тымовского ЛРЗ учреждение осуществляло перевозки икры кеты и кижуча с рыболовных заводов зал. Терпения (Буюкловский и Побединский), так как реки Поронай и Буюклинка (бассейн р. Поронай) охраняются пользователем речных РПУ – ООО «Лангери».

В путину 2017 г. нерестовые миграции в р. Поронай были очень скудными, и заводы-«доноры» не смогли оказать помощь в сборе икры кеты другим заводам. Мало того, Буюкловский ЛРЗ для собственных нужд собрал только 13,7 млн шт. икры кеты, что составило 62% от необходимого объема. Причина таких низких подходов кеты пока остается непонятной. Промыслом в зал. Терпения изъято всего 637,8 т кеты.

Несмотря на увеличение объемов выпуска молоди кеты с рыболовных заводов всех форм собственности, в последние годы наблюдается падение численности кеты по всем районам промысла (**рис. 1–6**).

Подходы кеты в р. Таранай – базовый водоем Таранайского ЛРЗ в 2017 г., также были минимальными. Начиная с 2000-х гг. на р. Таранай сформировано стабильное стадо кеты – за последнее десятилетие ежегодный вылов составлял от 100 до 400 т. В 2017 г. произошел резкий спад численности заводского стада кеты, до этого года Таранайский ЛРЗ также являлся заводом-«донором» по икре кеты для ЛРК «Найба».

Закладку икры кижуча ФГБУ «Сахалинрыбвод» выполнило на 104,3%, сбор икры осуществлялся на р. Буюклинка. Всего собрано икры кижуча 0,7772 млн шт.

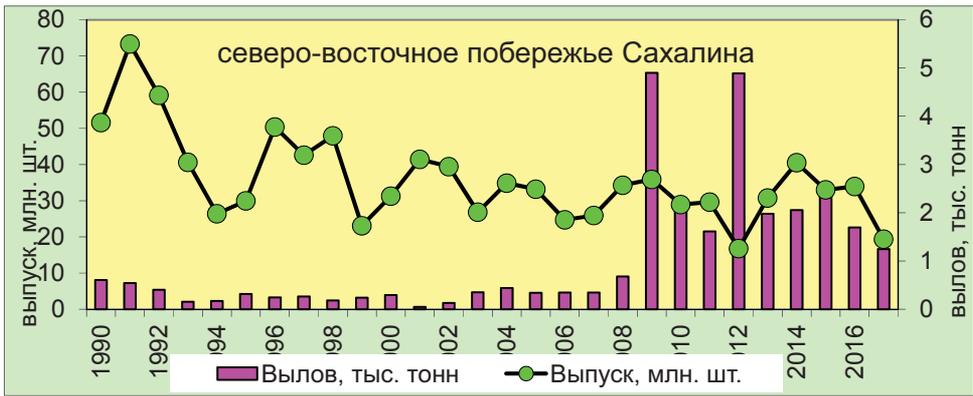


Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

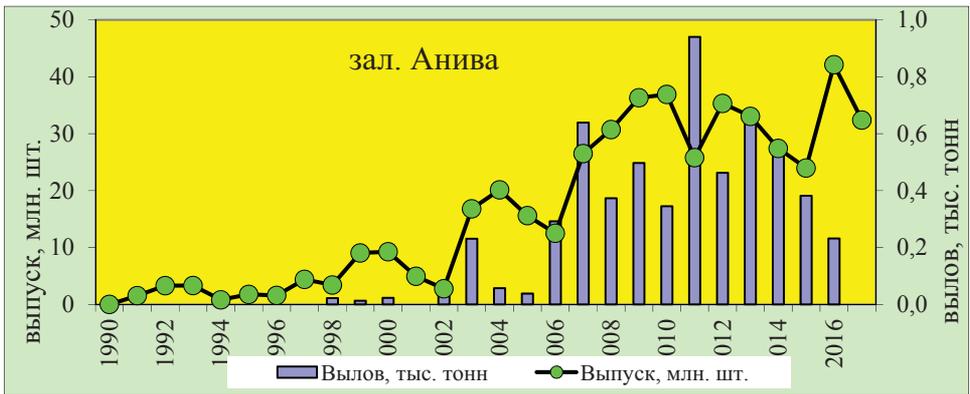


Рис. 4

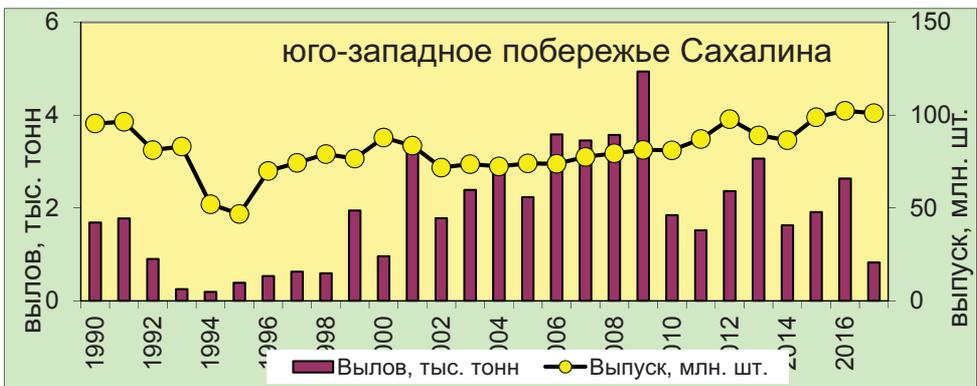


Рис. 5

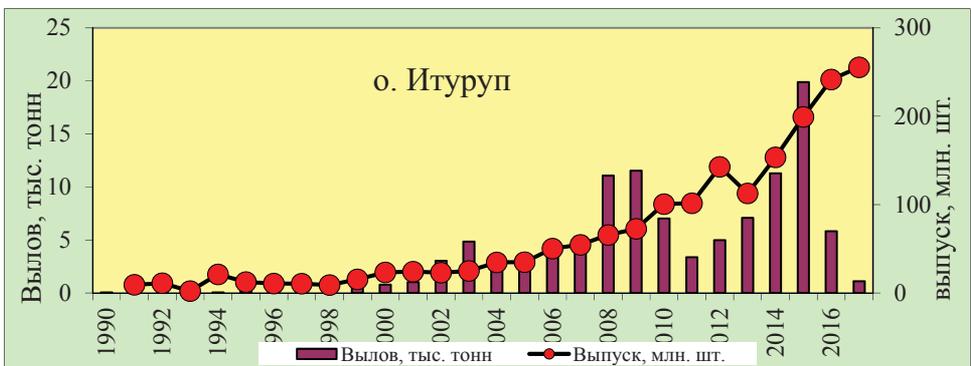


Рис. 6

Традиционно икру симы заводы собирают от производителей, скатывающихся с верховьев рек в период паводков. В этом году подходы производителей симы в базовые реки рыбоводных заводов были очень малочисленными. Осуществить закладку икры симы не удалось.

Итого по результатам путины 2017 г., с учетом оказания помощи частными и федеральными ЛРЗ, находящимися в аренде, на заводах ФГБУ «Сахалинрыбвод» будет заложено **150,270** млн шт. икры лососевых, что обеспечит в 2018 г. выпуск молоди в количестве не менее **132,0** млн шт.

Предложения по внесению изменений в государственное задание в части осуществления работ по искусственному воспроизводству тихоокеанских лососей в 2018 г. ФГБУ «Сахалинрыбвод» направил на рассмотрение в ФГБУ «Главрыбвод» 26.10.2017 г.

По итогам путины 2017 г. считаем, что одним из препятствий для ФГБУ «Сахалинрыбвод» в выполнении поставленных государством задач по сбору икры лососевых видов рыб стала чрезмерная промысловая нагрузка на водные биоресурсы ставными неводами, плавными и ставными сетями в прибрежной морской зоне, а также браконьерство в крупных нерестовых реках, таких, как Тымь, Пороной и Найба.

В настоящее время рыбоводство на Дальнем Востоке переживает сложнейшее время, когда ясно и понятно, как формировать запасы кеты и горбуши, но есть и полное представление о том, как они уничтожаются. И как ни прискорбно признавать, разрушительный фактор является главенствующим. Браконьерство приняло неконтролируемые масштабы и является первостепенной проблемой, которая наносит непоправимый ущерб рыбному хозяйству Сахалинской области и с которой сталкиваются рыбодоводы ежегодно.

Для решения проблемы с браконьерством на крупных реках необходима организация дополнительных охранных мероприятий силами рыбопромышленников, осуществляющих добычу (вылов) ВБР на рыбопромысловых участках, расположенных на базовых реках федеральных ЛРЗ. В период нерестового хода тихоокеанских лососей – полностью запретить морской промысел в районах деятельности ЛРЗ плавными и ставными сетями.

Ежегодно рыбодоводные заводы ФГБУ «Сахалинрыбвод», расположенные на больших реках Тымь и Найба, испытывают стрессовую ситуацию при сборе и закладке икры на инкубацию из-за отсутствия подходов производителей к пунктам отлова в необходимом количестве.

Так, в связи с большой протяженностью р. Найба (миграционный путь производителей до пункта сбора икры – более 60 км), активным промысловым ловом в прибрежной зоне и сильнейшим браконьерским прессом ЛРК «Найба» (Соколовский и Березняковский цеха) ежегодно испытывают нехватку производителей для сбора и закладки икры на инкубацию. Уже более десяти лет для обеспечения своих производственных мощностей оплодотворенная икра перевозится с других заводов области.

В 2017 г. до забойки ЛРК «Найба» не дошел ни один производитель кеты, и соответственно, завод на своей забойке не собрал ни одной икринки. Загрузка производственных мощностей ЛРК «Найба» стопроцентно осуществлялась икрой, перевезенной с Охотского ЛРЗ, арендуемого ООО «Салмо».

Аналогичная картина складывается и на другой крупной реке Сахалина – Тымь. Из-за браконьерского промысла в период сбора икры Адо-Тымовский завод ежегодно испытывает острый дефицит производителей кеты. Подходы кижуча практически полностью отсутствуют, что также осложняет выполнение государственного задания.

В 2017 г. к этим заводам присоединился Анивский ЛРЗ, расположенный на притоке р. Лютога (р. Быстрая). В этом году завод не заложил ни одной

икринки со своей реки. ФГБУ «Сахалинрыбвод» было вынуждено обращаться к частным заводам за помощью в сборе икры горбуши, заниматься сбором икры на «диких» реках юго-восточного Сахалина, где ситуация с подходами производителей была более благополучной (реки Вознесенка, Жуковка), а также осуществлять перевозку икры с о. Итуруп.

Считаем, что для решения проблемы с браконьерством необходимо рассмотреть возможность при формировании областного бюджета предусмотреть компенсационные средства для возмещения затрат на проведение охранных мероприятий в период путины.

В работе, связанной со сбором икры в период прохождения рыбоводной путины, приходится сталкиваться с проблемами, рожденными, как нам видится, из-за некомпетентности, по незнанию или неразумению.

Практически всех бассейновых учреждений коснулась проблема утилизации биологических отходов (погибших при выдерживании производителей, отходов икры, личинок, молоди). Сегодня действующее ветеринарное законодательство относит снулых производителей, которые неминуемо присутствуют в районе забоек, к биологическим отходам и требует соответственного обращения с ними.

В соответствии с п. 1.5 ветеринарно-санитарных правил сбора, утилизации и уничтожения биологических отходов (в ред. Приказа Минсельхоза РФ от 16.08.2007 № 400) биологические отходы утилизируют путем переработки на ветеринарно-санитарных утилизационных заводах (цехах), обеззараживают в биотермических ямах, уничтожают сжиганием или, в исключительных случаях, захоранивают в специально отведенных местах. Категорически запрещается уничтожение биологических отходов путем захоронения в землю, а также сброс в водоемы, реки и болота.

Однако при разработке данных правил никто ни учитывал биологические особенности анадромных видов рыб, в частности тихоокеанских лососей, которые совершают нерестовые миграции вверх по течению реки с целью размножения, а после нереста погибают. При этом тысячи тонн погибших после нереста лососей остаются в реке и по берегам, тем самым обогащая почву фосфором и давая возможность активно развиваться растительности. При этом в период нереста лососей многие лесные звери (медведи, лисы, еноты) выходят к берегам рек, чтобы насытиться белковой пищей и запастись жиром на зиму, птицы также не остаются равнодушными к такому «блюду». Кроме того, биогенные вещества, образующиеся в результате разложения погибших производителей, способствуют развитию кормовой базы, в том числе и для вышедших из бугров личинок лососей как в самой реке, так и в прибрежье. Погибшая (неоплодотворенная) икра лососей активно поедается хищными рыбами. И этот круговорот белка и биогенов в природе продолжается миллионы лет. И никому в голову не приходило утилизировать снулую рыбу, закапывать и сжигать, поскольку она является одним из звеньев пищевой цепочки и мощной добавкой по обогащению почвы минеральными элементами для растительности, произрастающей по берегам нерестовых рек.

Однако ветеринарно-санитарное законодательство в части утилизации и уничтожения отходов не предусматривает исключений из правил. А бассейновым учреждениям приходится приобретать морозильные емкости для хранения отходов рыбоводной продукции, заключать договоры со специализиро-

ванными организациями по утилизации биологических отходов, которые, как нужно заметить, располагаются в сотнях километров от рыбоводных заводов. Все это требует привлечения дополнительных штатных единиц и, соответственно, ведет к повышению себестоимости рыбоводной продукции.

Это создает сложности, которые приходится решать, тратя на это драгоценное время и деньги. При этом в самой реке и по ее берегам в период нерестового хода, и особенно в разгар нереста и после него, находятся сотни тысяч снулых производителей. Это естественный процесс, несущий сотни тонн органического вещества, создающего кормовую базу и обогащающего окрестности биогенными веществами. Например, в США и Канаде снулую рыбу с забоек заводов разбрасывают вдоль долины реки, мы же тратим деньги и время на ее утилизацию как биологических отходов.

Считаем, что санитарно-ветеринарные правила должны быть пересмотрены и адаптированы к биологическим особенностям видов, в отношении которых они применяются, в частности к тихоокеанским лососям, разводимым на рыбоводных заводах Дальнего Востока.

Несмотря на значительные трудности, рыбководство в Сахалинской области пытается сохранить объемы выпуска, ищет новые более совершенные и эффективные пути для достижения высоких результатов в воспроизводстве тихоокеанских лососей.

ЛОСОСЕВОЕ БРАКОНЬЕРСТВО В ЗЕРКАЛЕ СОЦИАЛЬНОЙ ПСИХОЛОГИИ

С.ергей С.тепанович Макеев

ФГБУ «Сахалинрыбвод», smak02@mail.ru

Сотрудники Сахалинрыбвода проводят лицензионный лов более 30 лет и наблюдают на местах лова не только взрывной рост браконьерства всех видов, но и снятие всяких ограничений, смену установок и поведения на потребительское. Известная иерархия потребностей А. Маслоу (*Maslow, 1954*) не работает – требуют доступной для всех рыбы люди, давно удовлетворившие первичные потребности.

Проблема исчерпания ресурсов лососевых не только биологическая или юридическая, ее необходимо рассматривать и с позиций социальной психологии. Изучение явления браконьерства уже начато на Камчатке, многие знают эту классификацию (*Запорожец, Запорожец, 2003*; и др.).

1. Промышленное браконьерство: промысловая деятельность предприятий рыбохозяйственного комплекса в той ее части, которая связана с превышением выделенных им квот.

2. Криминальное браконьерство: организованная нелегальная промысловая деятельность, осуществляемая в промышленных масштабах и ориентированная преимущественно на заготовку икры, как наиболее дорогостоящей продукции.

3. Бытовое браконьерство I типа: неорганизованная нелегальная промысловая деятельность местного населения, имеющая своей целью последующую продажу рыбы и икры (на рынке и/или предприятиям рыбохозяйственного комплекса и/или нелегальным заготовителям).

4. Бытовое браконьерство II типа: неорганизованная промысловая деятельность местного населения без разрешений, имеющая своей целью обеспечение потребностей домашних хозяйств в продовольствии (рыбной продукции).

В зарубежной литературе об управлении ресурсами можно найти множество публикаций, описывающих подходы к борьбе с этим явлением (*Gifford, 2002*; и др.). Суть браконьерства одна – вместе с легальными пользователями оно изымает ценный природный ресурс. Действия региональной власти ставят целью обеспечить расширение доступа к ресурсу большего числа пользователей. Многие ресурсы, такие, как ископаемое топливо, изначально являются конечными. Другие ресурсы, такие, как популяции промысловых рыб, не могут бесконечно самовосстанавливаться и при чрезмерном использовании могут потерять эту способность. Рыбные ресурсы – это всего лишь частный случай глобальной окружающей среды или общей собственности.

В условиях ограниченных ресурсов возникает ситуация так называемой социальной дилеммы. Иногда человеку приходится делать выбор: вести себя эгоистично или нет. Социальная дилемма – это ситуация, когда условия та-

кого выбора особые – если личность действует эгоистично, это приносит ей выгоду, но если бы все действовали эгоистично, они могли бы причинить вред группе. Другими словами, это конфликт между тем, что приносит пользу отдельным совладельцам, а что – всей группе владельцев (*Gifford, 2002*).

Классическим примером такой дилеммы является трагедия общин (общей собственности, общедоступных ресурсов), впервые описанная в статье Г. Хардина (*Hardin, 1968*). В начале у нас есть пастбище, которым все могут пользоваться. Его используют вместе много пастухов, каждый из них хочет пасти на нем как можно больше скота. Пастухи, желающие увеличить свою прибыль, поневоле стремятся к уничтожению пастбища. Несмотря на известные всем негативные последствия, люди до сих пор выбирают эгоистичное поведение. То же самое, что про пастбище, можно сказать и про любой другой природный ресурс – ту же рыбу.

Есть несколько теорий, объясняющих причины возникновения социальных дилемм. Теория социальной ловушки – поведение имеет незамедлительный положительный результат (выгоду), а расплата наступит в отдаленном будущем и недостаточно осознается человеком (*Platt, 1973*). Биосоциальная теория – конкурентная борьба и эгоизм определяют поведение людей, это заложено генетически (*Dawkins, 1976*). Теория трагического отбора – нет равенства и справедливости, так как люди обладают разными способностями и мотивацией, поэтому без сильной центральной власти распределение ресурсов будет нацелено на увеличение благосостояния богатых за счет общей собственности (*Calabresi, Bobbit, 1978*). А также теория справедливости, теория ограниченной обработки информации, теория трех мотивов и другие, которые рассматривать не будем.

А есть ли решение трагедии общедоступных ресурсов?

Сам Г. Хардин видел только два возможных пути решения трагедии: национализация и приватизация. Национализацией здесь мы называем обычное ведение дел в рыбной отрасли – когда государство берет на себя все функции охраны и контроля, правда, в последнее время реальность демонстрирует картину ослабления и развала этих функций. Приватизацию рыбных ресурсов мы наблюдаем на тех реках, которые охраняются рыбопромышленным бизнесом. То есть, по Хардину, мы должны требовать от государства или восстановления и усиления системы охраны, или передачи ценного ресурса в частную собственность (*Hardin, 1968*).

Третье решение нашла лауреат Нобелевской премии по экономике 2009 г. Э. Остром (*Ostrom, 1990*). Ее предложение заключалось в применении полицентрического подхода, где ключевые управленческие решения должны приниматься как можно ближе к месту событий и самими участниками. Оказывается, можно общими ресурсами успешно управлять людьми, а не правительствами или частными компаниями. Необходимо выработать такие правила пользования ограниченным ресурсом, которые бы добровольно применяли все пользователи. Люди устанавливают систему взаимно согласованного взаимного принуждения.

На Сахалине не так давно испробован подобный общественный подход – лососевые Советы. В 2007–2011 гг. на территории области действовали шесть лососевых (бассейновых) Советов: Анивский, Макаровский, Углегорский, Смирныховский, Ногликский, Охинский. Их основной задачей была координация действий по сохранению и устойчивому управлению лососевыми ре-

курсами. С различной степенью успешности в программы Советов входили: борьба с браконьерством, анализ состояния речных бассейнов, общественный мониторинг деятельности добывающих компаний, проекты по восстановлению среды обитания лососей, образовательная и просветительская деятельность в области сохранения лососей (*Лососевые бассейновые...*, 2010).

Остановимся подробнее на последнем пункте деятельности лососевых Советов – почему она не приносит ощутимых результатов? Высшей целью экологического образования (и просвещения, и воспитания) у нас является формирование так называемого «экологического сознания». Однако само это понятие в силу своей масштабности достаточно размыто, его критерии не выделены, неясны пути. Отечественный подход недостаточно определенный, конкретный, имеет слишком широкий охват. Нацеленность на глобальные категории и желание сформировать эколочеловека на данном этапе в какой-то мере контрастирует с реалиями окружающего мира. Направлены наши усилия в основном на детей младшего и среднего школьного возраста, хорошо воспринимающих различные программы, а потом образователи часто их «теряют» (*Смолова, 2010*).

Изменить отношение людей к окружающей природной среде могут способы управления поведением людей. Эти способы – не наше традиционное размытое «повышение экологического сознания», а специальные технологии формирования социально важного поведения с целью увеличения частоты такого поведения. На этой блок-схеме (**рис. 1**) показан один из таких подходов – теория запланированного поведения (*Ajzen, 1991*).

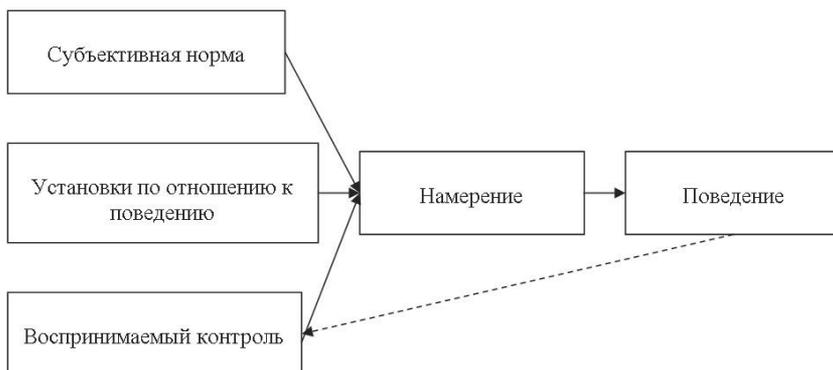


Рис. 1. Теория запланированного поведения

На акты поведения воздействуют психологические вмешательства, которые бывают предшествующими (информирование, представление знаний, принятие обязательств, напоминания о желаемом поведении, система подсказок) и последующими (наказания, награды, стимулирование, обратная связь). Эта система вмешательств и актов поведения может подвергаться анализу и планированию (*Dunlap et al., 1995*).

Результаты этой непрерывной работы демонстрируются графиком перехода поведения целевой группы в новую для себя область (*Rogers, 1971*) (**рис. 2**).



Рис. 2. Появление сторонников инновации

Как правило, изменения поведения бывают необратимыми, когда число последователей преодолевает некую границу – возникает «мода» на новое поведение и его принимает большинство людей из целевой группы, хотя всегда остаются маргиналы. На Сахалине в качестве примера можно привести развитие принципа «поймал–отпусти» в отношении молодежи сими и сахалинского тайменя. В этих проектах рыболовы-любители – где-то в районе раннего большинства, но надо продолжать интенсивную работу.

Подобные подходы применялись при выполнении на Сахалине образовательных и просветительских программ, посвященных сохранению лососей, – «Подари жизнь», «Наблюдай лосося», «Живое серебро» и многих др. Они были направлены на все возрасты от дошкольного (программа «Капелька») до студенческого (спецкурс для СахГУ). Мы придумали слоган для этих программ: «Узнать. Полюбить. Сохранить». Дети должны много знать о лососе, чтобы смогли его полюбить, а затем и сохранить. Много позже мы узнали, что этот девиз в точности соответствует трем компонентам социального познания: когнитивному, аффективному и конативному (Андреева, 2000).

К сожалению, проведение подобных программ прекратилось, а Сахалинский лососевый парк с визит-центром, музеем лосося и экологической тропой не востребован. А ведь он может стать многоцелевым объектом, там можно развивать такие направления, как образование, просвещение, наука, сохранение, восстановление, туризм, профориентация, культура, сотрудничество.

Часть наших программ адаптирована из международной практики, например, программа Pride международной НКО Rare – проведено уже более 250 публичных кампаний в 56 странах, она тоже хорошо теоретически обоснована (Butler et al., 2013). Мы предлагаем проведение общественной кампании против браконьерства с «флаговым» символом – сахалинским тайменем. Площадкой для этого может стать сайт «Сахалинский таймень в XXI веке», созданный при поддержке ООО «Роснефть-Сахалинморнефтегаз» (<http://www.sakhtaimen.ru>).

ЛИТЕРАТУРА

- Андреева Г. М. 2000. Психология социального познания. М.: Аспект-Пресс. 288 с.
- Запорожец О. М., Запорожец Г. В. 2003. Научный подход к учету браконьерского промысла лососей в некоторых водоемах Камчатки // Рыб. хоз-во. № 3. С. 25–26.

Лососевые бассейновые советы: путь совместного управления лососевыми реками на Дальнем Востоке России. Обзор опыта Сахалина. 2010. 9 с. Доступна на <http://www.russiansalmon.ru/sites/default/files/ssi.pdf>

Смолова Л. В. 2010. Психология взаимодействия с окружающей средой. СПб.: ГИПСР. 711 с.

Ajzen I. 1991. The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 50 (2). P. 179–211.

Butler P., Green K., Galvin D. 2013. *The Principles of Pride: The science behind the mascots*. Arlington, VA: Rare. Available online at <http://www.rare.org/publications>.

Calabresi G., Bobbit P. 1978. *Tragic Choice*. N.-Y.: Norton & Co. 252 p.

Dawkins R. 1976. *The Selfish Gene*. N.-Y.: Oxford University Press. 224 p.

Dunlap G., Foster-Johnson L., Clarke S., Kern L., Childs K. E. 1995. Modifying activities to produce functional outcomes: Effects on the problem behaviors of students with disabilities // *Journal of the Association for Persons with Severe Handicaps*. 20(4). P. 248–258.

Gifford R. 2002. Resource management: A matter of life and death. Keynote address to the International Association of Applied Psychology, Singapore.

Hardin G. 1968. *Tragedy of the Commons* // *Science*. 3859. P. 1243–1248.

Maslow A. 1954. *Motivation and Personality*. N.-Y.: Harper & Brothers. 411 p.

Ostrom E. 1990. *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. N.Y.: Cambridge University Press.

Platt J. 1973. *Social Traps* // *American Psychologist*. 28. P. 641–651.

Rogers E. M. 1971. *Diffusion of Innovations*. London: Collier Macmillan Publishers. 236 p.

НАУЧНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИСКУССТВЕННОМУ ВОСПРОИЗВОДСТВУ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В КАМЧАТСКОМ КРАЕ

**А. Александр В. Викторович Бугаев, С. Л. Рудакова,
Н. А. Растягаева, А. И. Чистякова, О. В. Фролов,
Н. Н. Ромаденкова, О. О. Ким**

**ФГБНУ «Камчатский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии», bugaev.a.v@kamniro.ru**

ВВЕДЕНИЕ

В Камчатском крае в настоящее время осуществляется только один вид аквакультурной деятельности – искусственное воспроизводство тихоокеанских лососей в целях сохранения их запасов в водных объектах, подверженных значительному антропогенному воздействию. В данном случае речь идет о пастбищной аквакультуре (или пастбищном лососеводстве), которая включает следующие стадии процесса воспроизводства: 1) инкубация икры; 2) подращивание молоди на рыбоводном заводе; 3) выпуск подрощенной молоди в естественную среду обитания для последующего нагула в пресных и морских водах до достижения полового созревания.

В Камчатском крае искусственное воспроизводство осуществляется на пяти государственных лососевых рыбоводных заводах (ЛРЗ): Вилюйский (ВЛРЗ), Паратунский (ЭПЛРЗ), Кеткино (КЛРЗ), Малкинский (МЛРЗ) и Озерки (ОЛРЗ) (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения ЛРЗ Камчатки, объекты разведения и их доля в общем выпуске тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке России

На ЛРЗ Камчатки объектами разведения являются следующие виды тихоокеанских лососей: кета – ~60–70%, нерка – ~25–30%, чавыча – ~2–3%, кижуч – ~2–3%. Суммарный среднемноголетний выпуск всей заводской молоди в Камчатском крае ежегодно составляет около 35–40 млн экз. В качестве примера на **рисунке 2** показана динамика объемов закладки икры и выпуска молоди тихоокеанских лососей с ЛРЗ Камчатки в 2012–2016 гг. Отметим, что общий выпуск молоди камчатскими ЛРЗ составляет порядка 10–15% от общего выпуска заводских лососей на ЛРЗ Дальнего Востока РФ. Из этого объема вклад ЛРЗ Камчатки в Дальневосточном бассейне по видам лососей составляет: кета – ~5%, нерка – 100%, чавыча – 100%, кижуч – ~30%.

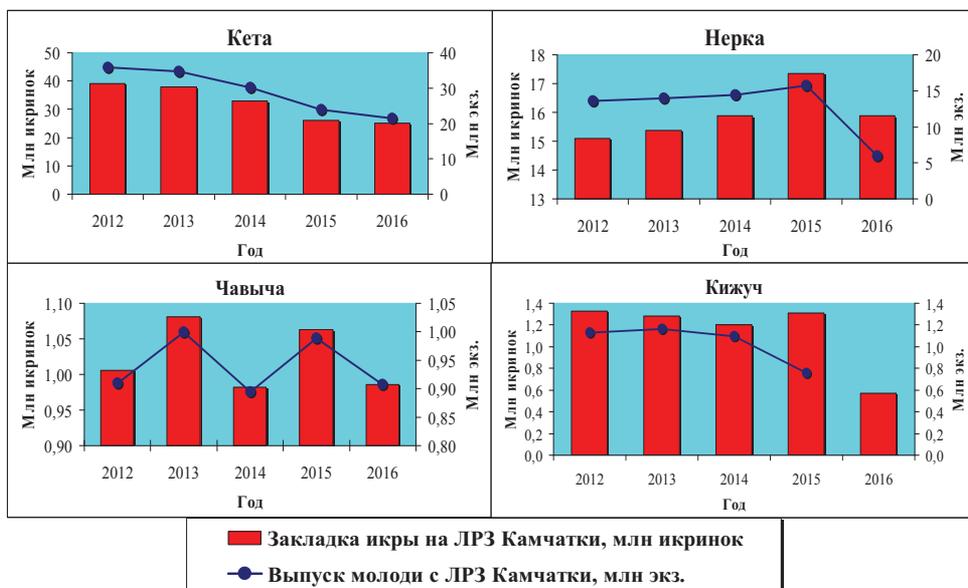


Рис. 2. Динамика объемов закладки икры и выпуска молоди тихоокеанских лососей с ЛРЗ Камчатки в 2012–2016 гг.

Учитывая, что искусственное воспроизводство в Камчатском регионе осуществляется в рамках государственной программы и направлено на поддержание уровня запасов тихоокеанских лососей в водных объектах, наиболее подверженных антропогенному воздействию, необходим комплекс исследовательских работ, чтобы обеспечить научное сопровождение основных этапов аквакультурной деятельности. Данные работы включают следующие базовые мероприятия: оценку эпизоотической обстановки на ЛРЗ, контроль биологического состояния подращиваемой молоди, проведения маркирования выпускаемой молоди, определение приемной емкости базовых водоемов ЛРЗ, идентификацию заводских рыб в контрольных и промысловых уловах, оценку эффективности работы ЛРЗ.

Отметим, что без проведения данных научно-исследовательских работ невозможно полноценно заниматься мероприятиями по искусственному воспроизводству тихоокеанских лососей. Это связано с тем, что пастбищная аквакультура подразумевает значительный по времени контакт выпускаемой продукции с естественной средой обитания в условиях ведения рыбохозяйственной деятельности во всех базовых водоемах ЛРЗ и акваториях морского

нагула. Поэтому специалисты ФГБНУ «КамчатНИРО» осуществляют ежегодный биологический мониторинг тихоокеанских лососей, воспроизводящихся на ЛРЗ Камчатки (Бугаев и др., 2015).

Основная цель работы – обеспечение комплексным научным сопровождением предприятий, осуществляющих искусственное воспроизводство тихоокеанских лососей в Камчатском крае.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТ

На современном этапе развития аквакультуры, как с целью сохранения отдельных видов и популяций биоресурсов, так и развития товарного рыбоводства, все более актуальным становится вопрос о научном сопровождении процесса воспроизводства гидробионтов. В рамках данных мероприятий специалисты ФГБНУ «КамчатНИРО» осуществляют комплекс научно-исследовательских работ, включающих следующие направления:

1. На стадии инкубации икры:

Разработка схем отолитного маркирования с целью дальнейшей идентификации рыб заводского происхождения;

2. На стадии инкубации и подращивания молоди:

Наблюдение за биологическим состоянием лососей и оценка эпизоотической обстановки на ЛРЗ с целью разработки профилактических мер в случае необходимости;

3. На стадии выпуска молоди:

Контроль биологического состояния;

4. На стадии откочевки молоди в море:

Идентификация происхождения заводских лососей в смешанных контрольных уловах;

5. На стадии преднерестовых миграций:

Идентификация рыб заводского происхождения в смешанных морских и речных уловах;

6. Оценка эффективности работы ЛРЗ:

Расчет коэффициентов возвратов на основе оценок подходов к ЛРЗ и результатов идентификации промысловых уловов;

7. Оценка приемной емкости водоемов:

Разработка рекомендаций по допустимым объемам выпуска молоди искусственного происхождения в водные объекты.

Остановимся на некоторых наиболее важных моментах научного сопровождения аквакультурной деятельности.

ОЦЕНКА ЭПИЗОТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА ЛРЗ

Одним из важнейших направлений научного сопровождения рыбоводной деятельности является профилактика болезней на стадии инкубации икры и подращивания молоди. Исследования производятся на наличие нескольких вирусных и микробных патогенов, а также гельминтов. Наиболее опасными являются случаи развития эпизоотии инфекционного некроза гемопоэтической ткани нерки, возникающие в процессе искусственного воспроизводства этого вида (Рудакова, 2003, 2004; Рудакова и др., 2017).

Показательным следует считать случай инвазии на ЛРЗ «Озерки», когда в марте 2017 г. при обследовании мальков нерки, выращиваемых на ЛРЗ «Озерки» (ОЛРЗ), выявили клинические признаки инфекционного заболевания.

При вирусологическом тестировании на перевиваемых линиях клеток проб от погибающих рыб диагностировали вирусное заболевание инфекционный некроз гемопоэтической ткани. В результате болезни с марта по июнь 2017 г. погибло и/или было уничтожено 60% молоди нерки, выращиваемой на ОЛРЗ. Вероятно, вспышка инфекции у рыб произошла в результате вертикальной передачи вируса от производителей потомству.

По всей вероятности, первоначальное заражение ИHN выращиваемой на ОЛРЗ молоди нерки произошло в результате вертикальной передачи вируса от производителей-вирусоносителей потомству (рис. 3). В 2016 г. при закладке икры на инкубацию на ОЛРЗ асимптоматическое носительство ИHNV обнаружили у 23,3% производителей, причем значения вирусных титров были высокими. Начиная с 2002 г. ИHNV регулярно выделяли у половозрелой нерки, вернувшейся на нерест в бассейн р. Большая (базовый водоем ОЛРЗ). Таким образом, естественные популяции нерки в бассейне р. Большая являются естественным резервуаром вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани.

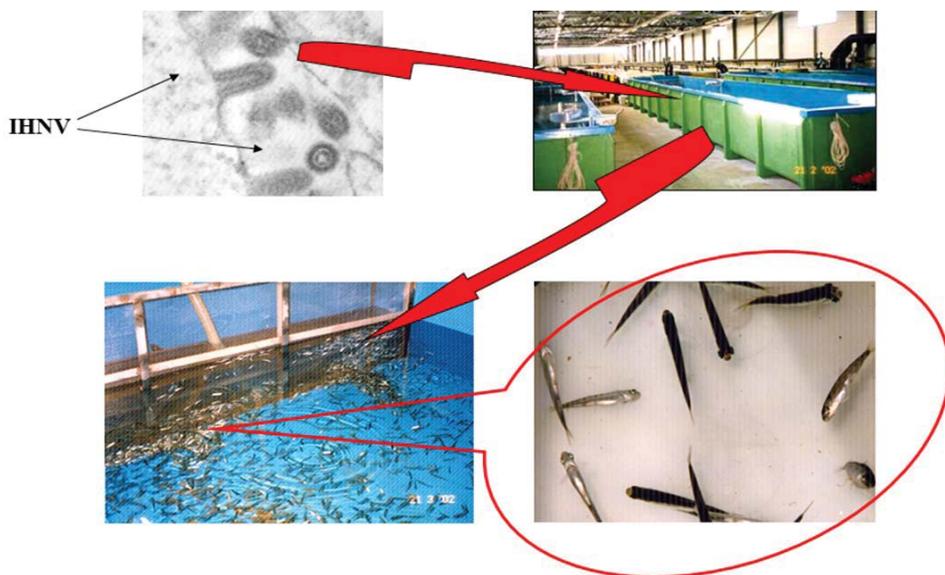


Рис. 3. Развитие эпизоотии на ЛРЗ (вирус попадает на завод и вызывает значительный отход молоди)

На **рисунке 4** показано суммарное количество погибших рыб в бассейнах ОЛРЗ, пораженных инфекционным некрозом гемопоэтической ткани, в 2017 г. Овалами обозначены вспышки болезни у молоди нерки в разных группах бассейнов. За время эпизоотии произошло пять пиков повышения смертности молоди в разных группах бассейнов.

Дальнейшее распространение заболевания по бассейнам, вероятнее всего, стало результатом разноса вируса при различных манипуляциях при осуществлении кормления и чисток бассейнов. В соседние бассейны вирус мог попасть с брызгами воды, поскольку они расположены в полуметре друг от друга.

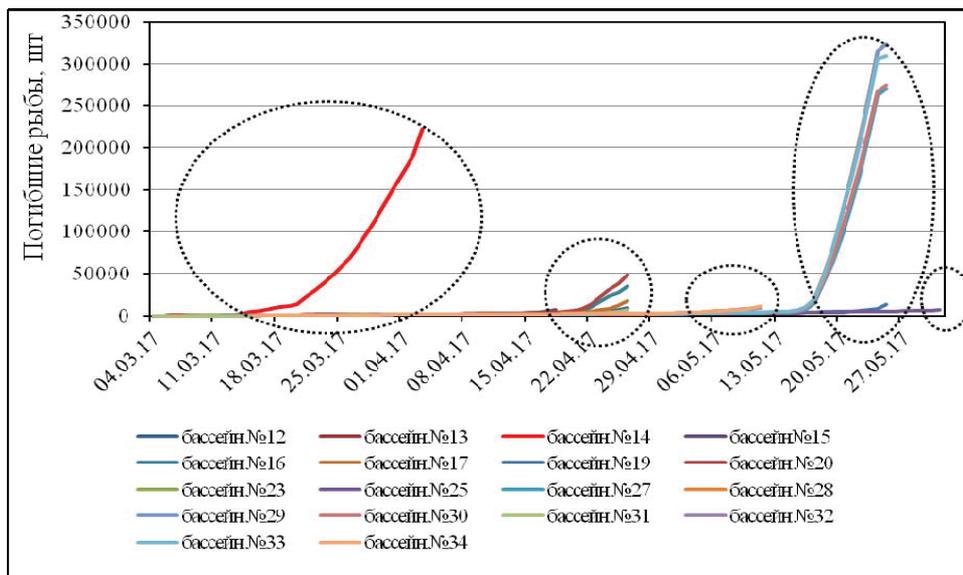


Рис. 4. Суммарное количество погибших рыб в бассейнах ОЛРЗ, пораженных инфекционным некрозом гемопоэтической ткани, в 2017 г. Овалами обозначены вспышки болезни у молоди нерки в разных группах бассейнов. За время эпизоотии произошло пять пиков повышения смертности молоди в разных группах бассейнов

Инфекционный некроз гемопоэтической ткани – это опасное заболевание молоди лососей, включенное в Перечень болезней Международного эпизоотического бюро, которые необходимо контролировать на государственном уровне. При искусственном воспроизводстве молоди потери в результате эпизоотий могут достигать 100%.

С целью предотвращения подобных ситуаций ФГБНУ «КамчатНИРО» в 2017 г. были разработаны методические рекомендации «Профилактика и контроль инфекционного некроза гемопоэтической ткани на лососевых рыбоводных заводах Камчатки» для сокращения потерь от болезни. В них дана пошаговая инструкция для успешного воспроизводства нерки на ЛРЗ Камчатки.

Методические рекомендации включают в себя три основных составляющих:

1. Использование во всех процессах воспроизводства воды (источник водоснабжения), свободной от вируса;
2. Специальные методы дезинфекции йодиномом;
3. Сдерживание инфекции за счет отдельного выращивания и изоляции разных партий икры и рыбы.

Для того чтобы не допустить проникновения вируса на ЛРЗ и сократить потери при его попадании на завод, персоналу ЛРЗ предписано неукоснительно соблюдать все принципы, предложенные в методических рекомендациях.

ПРОВЕДЕНИЕ МАРКИРОВАНИЯ ВЫПУСКАЕМОЙ МОЛОДИ НА ЛРЗ

На стадии инкубации икры специалистами ФГБНУ «КамчатНИРО» также проводится немаловажная работа по разработке типов отолитных меток, которые ежегодно включаются в международный банк данных Комиссии по анадромным рыбам северной части Тихого океана (NPAFC). На **рисунке 5** показаны типы меток для двух способов маркирования – термомечение и «сухое» мечение.

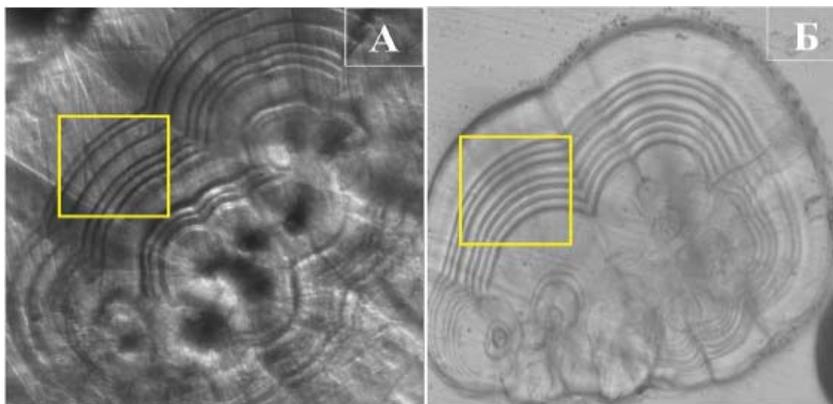


Рис. 5. Фотографии образцов отолитных меток тихоокеанских лососей, разработанных специалистами ФГБНУ «КамчатНИРО» для международной базы Комиссии по анадромным рыбам северной части Тихого океана (NPAFC): А – с применением термомечения (нерка – Малкинский ЛРЗ), Б – с применением «сухого» мечения (кета – ЛРЗ «Озерки»)

На основе разработанных меток осуществляется идентификация заводских тихоокеанских лососей в смешанных морских и речных уловах. В качестве примера можно привести полученные результаты по идентификации заводских лососей в смешанных морских уловах (Чистякова, Бугаев, 2013, 2016). На **рисунке 6** показана сравнительная динамика выпусков с ЛРЗ (данные NPAFC) и встречаемости в морских уловах маркированной молоди горбуши и кеты Дальнего Востока России и Японии в бассейне Охотского моря в 2011–2016 гг. Оценки встречаемости меток получены из траловых уловов во время проведения осенних учетных съемок ФГБНУ «ТИНРО-Центр».

Из представленных данных видно, что в уловах наиболее часто встречаются лососи тех регионов, где наиболее налажен выпуск маркированной молоди. К сожалению, доли выпуска маркированных рыб значительно разнятся по отдельным ЛРЗ и регионам, что не дает возможности увидеть более целостную картину распределения и соотношения заводских лососей в Охотском море. Наличие подобной информации значительно повысило бы потенциальные возможности для прогнозирования возвратов горбуши и кеты в охотоморские регионы воспроизводства.

На **рисунке 7** представлен среднесезонный региональный состав маркированной молоди горбуши и кеты во время осенних миграций в Охотском море (по данным 2011–2016 гг.). Видно, что в траловых уловах обоих видов доминируют рыбы, представляющие ЛРЗ Сахалина, Южных Курил и японских островов.



Рис. 6. Соотношение региональных выпусков молоди горбуши и кеты ЛРЗ России и Японии (данные 2011–2016 гг.)

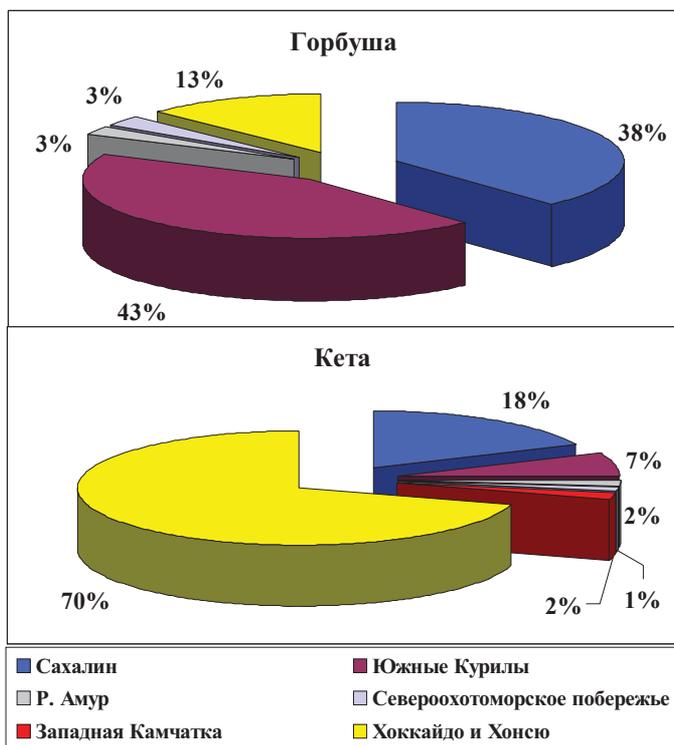


Рис. 7. Среднегодовой региональный состав маркированной молоди горбуши и кеты во время осенних миграций в Охотском море (по данным 2011–2016 гг.)

На основе полученных данных по идентификации заводских стад горбуши и кеты во время осенней откочевки в открытые воды Охотского моря были построены генерализированные схемы их бассейновых миграций (рис. 8). У обоих видов заметен циклический характер миграций, который указывает на то, что южно-охотоморские группировки заводских лососей совершают миграцию в северо-восточном направлении и потом по кругу смещаются в южном направлении. Предположительно, это напрямую связано с системой течений в бассейне Охотского моря.

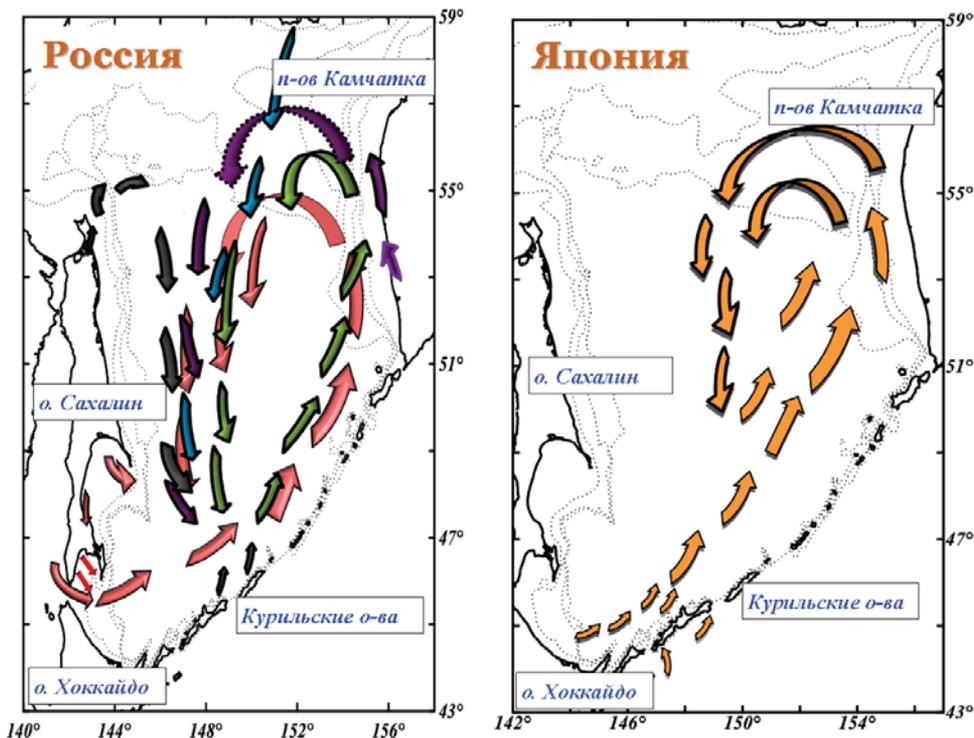


Рис. 8. Генерализированные схемы миграций заводской молоди горбуши и кеты в бассейне Охотского моря в период осенней откочевки

В качестве примера работ по идентификации заводских лососей, вернувшихся в базовые водоемы ЛРЗ Камчатки, представлены среднееголетние оценки, полученные на основе результатов отолитного маркирования (рис. 9). Эта информация напрямую служит для определения объемов изъятия заводских лососей в водных объектах Камчатского края. Как видно из представленных данных, доли встречаемости в уловах рыб заводского происхождения варьируются от 3 до 13%. На рисунке 10 показана динамика оцененных возвратов заводских производителей тихоокеанских лососей (промысел+подходы к ЛРЗ) в водоемы Камчатского края в 2012–2015 гг.

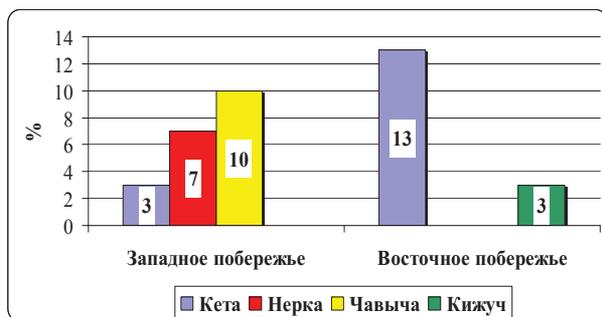


Рис. 9. Среднегодовая встречаемость тихоокеанских лососей заводского происхождения в смешанных уловах в базовых водоемах ЛРЗ, полученная на основе результатов отолитного маркирования (данные 2012–2015 гг.)

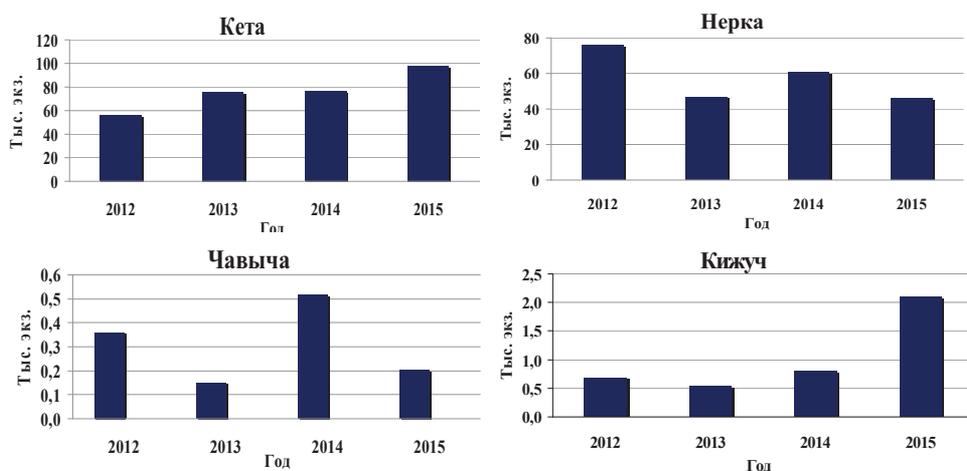


Рис. 10. Динамика оцененных возвратов заводских производителей тихоокеанских лососей (промысел+подходы к ЛРЗ) в водоемы Камчатского края в 2012–2015 гг.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЛРЗ

С биологической точки зрения оценка эффективности работы ЛРЗ определяется отношением уровней выпусков молоди и возвратов производителей тихоокеанских лососей в базовые водоемы, где непосредственно осуществлялось их воспроизводство (Хованский, 2004). Данное отношение, приведенное к процентному содержанию, называется коэффициентом возврата, то есть показателем, на котором строится биологическая оценка эффективности работы ЛРЗ.

В **таблице 1** представлены среднегодовые значения рассчитанных коэффициентов возвратов по поколениям вернувшихся производителей в базовые водоемы ЛРЗ. Как мы видим, эффективность работы различных ЛРЗ заметно варьируется как по видам, так и по водным объектам. Максимальные показатели демонстрирует ЛРЗ Малкинский, на котором коэффициенты возвратов нерки превышают 4%. Данный эффект достигается подогревом выростных бассейнов термальной водой, в результате чего навески выпускаемой молоди выше, чем обуславливается ее повышенная выживаемость.

Таблица 1. Коэффициенты возвратов поколений производителей тихоокеанских лососей, вернувшихся в базовые водоемы ЛРЗ Камчатского края, оцененные по данным отолитного маркирования в 2005–2013 гг.

МЛРЗ		ОЛРЗ		КЛРЗ	ПЛРЗ	ВЛРЗ
нерка	чавыча	нерка	кета	кета	кета	кижуч
4,82	0,04	0,18	2,24	0,05	0,20	0,21

ОЦЕНКА ПРИЕМНОЙ ЕМКОСТИ ВОДОЕМОВ, ЯВЛЯЮЩИХСЯ БАЗОВЫМИ ДЛЯ ЛРЗ

Не менее важными в рамках мероприятий по научному сопровождению деятельности ЛРЗ являются работы по оценке приемной емкости водных объектов Камчатского края (*Растягаева, 2015, 2017*), которые включают следующие этапы исследований:

Ихтиологические работы:

- 1) Контрольные неводные обловы молоди;
- 2) Оценка видового состава и количества молоди в уловах;
- 3) Оценка уровня численности молоди в водном объекте;
- 4) Биологический анализ молоди;
- 5) Сбор проб отолитов и желудков;
- 6) Идентификация молоди заводского происхождения в контрольных уловах по данным отолитного маркирования.

Гидробиологические работы:

- 1) Сбор и обработка проб дреффта и бентоса;
- 2) Обработка проб по питанию;
- 3) Определение уровня кормовой базы водного объекта;
- 4) Оценка потребления молодью кормовой базы.

Подготовка рекомендаций по объемам выпуска молоди в базовые водоемы ЛРЗ.

Основные полученные результаты по оценкам предельно допустимых объемов выпуска молоди тихоокеанских лососей в базовые водоемы ЛРЗ Камчатского края представлены в **таблице 2**. Отметим, что в ФГБНУ «КамчатНИРО» одновременно с работами на водных объектах, где осуществляется воспроизводство лососей на государственных ЛРЗ, производится определение приемной емкости водоемов для потенциального строительства частных ЛРЗ.

В дополнение необходимо сказать несколько слов о проводимых в ФГБНУ «КамчатНИРО» экспериментальных работах по внезаводскому искусственному разведению тихоокеанских лососей в естественных условиях озерно-речной системы Лиственничная.

Целью данных работ являются развитие методов по внезаводскому искусственному воспроизводству тихоокеанских лососей в естественных условиях и дальнейшее внедрение полученного опыта в комплекс мероприятий по восстановлению лососевых запасов в водоемах, подверженных значительному антропогенному воздействию.

Таблица 2. Рекомендации по предельно допустимым объемам выпуска молоди тихоокеанских лососей в базовых водных объектах ЛРЗ Камчатского края

Водный объект	Вид	Кол-во, млн экз.
р. Большая	Кета	14,0
	Нерка	41,0
	Чавыча	1,2
	Кижуч	12,0
р. Паратунка	Кета	34,0
	Кижуч	1,6
р. Авача	Кета	17,3
	Кижуч	2,6
	Нерка	2,0
	Чавыча	0,8
оз. Большой Виллюй	Кижуч	2,0

Ожидаемый практический и научный эффект:

1. Поэтапное восстановление численности тихоокеанских лососей в бассейне р. Лиственничная;
2. Экспериментальная разработка методов для искусственного поддержания запасов тихоокеанских лососей в естественных условиях в водных объектах, наиболее подверженных антропогенному воздействию.

На **рисунке 11** представлены схема и внешний вид инкубаторов, использованных специалистами ФГБНУ «КамчатНИРО» для искусственного воспроизводства лососей внезаводским способом. Генеральная схема установки инкубаторов в бассейне озерно-речной системы Лиственничная представлена на **рисунке 12**.

Подготовка половых продуктов и оплодотворение икры осуществляются общепринятыми в рыбоводстве методами (*Смирнов, 1963; Иванов, 1988*).

Заполнение инкубаторов оплодотворенной икрой производили в зоне пустующих нерестилищ, где формировали искусственные гнезда. Непосредственно загрузку икры в инкубатор осуществляли в воде, чтобы не повредить икру. Оплодотворенную икру равномерно распределяли по всей рабочей поверхности инкубатора, не более чем в полтора слоя. Загруженный оплодотворенной икрой инкубатор медленно опускали в воду и устанавливали в подготовленное гнездо. Убедившись, что инкубатор установлен правильно, аккуратно присыпали его приготовленным очищенным гравием – слоем, не превышающим 2,0–2,5 см. Более толстый слой гравия будет препятствовать потоку воды и, как следствие, доступу кислорода, учитывая, что толщина ледового покрытия на оз. Лиственничное составляет в среднем 50–80 см. Следовательно, размещать инкубаторы необходимо на глубине не менее 1 м от поверхности воды, чтобы предотвратить их вмержание в толщу льда.

За период работ на пустующих нерестилищах данного водного бассейна было заложено следующее количество инкубаторов: нерка 2016 г. – 23, 2017 г. – 25; кижуч 2016 г. – 2, 2017 г. – 3. Общее количество инкубируемой икры составило: нерка 2016 г. – 145,1 тыс. икр., 2017 г. – 160,3 тыс. икр.; кижуч 2016 г. – 15,8 тыс. икр., 2017 г. – 23,9 тыс. икр. Потенциальный выпуск

мальков тихоокеанских лососей, воспроизводившихся внезаводским способом в 2016–2017 гг., с учетом стандартной смертности в инкубационных аппаратах на уровне 10%, оценивается на следующем уровне: нерка 2016 г. – 130,5 тыс. экз., 2017 г. – 144,27 тыс. экз.; кижуч 2016 г. – 14,2 тыс. экз., 2017 г. – 21,5 тыс. экз.

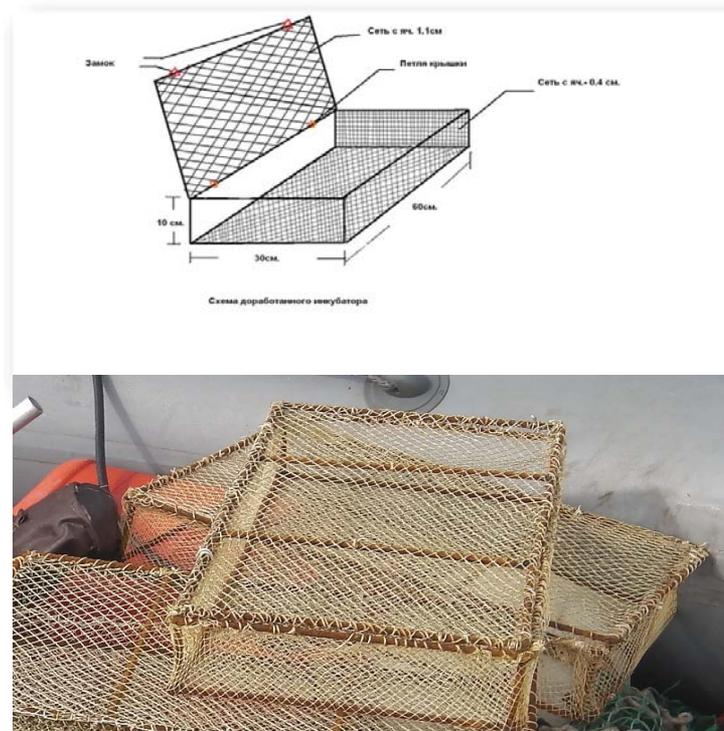


Рис. 11. Схема и внешний вид инкубаторов для осуществления внезаводской инкубации икры тихоокеанских лососей



Рис. 12. Стандартная схема установки искусственных гнезд нерки и кижуча в бассейне р. Лиственничная

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тихоокеанские лососи относятся к видам водных биоресурсов, уровень запасов которых может быть подвержен значительным флюктуациям, как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Существует необходимость наращивания потенциала пастбищного лососеводства в Камчатском крае, также необходимо учитывать, что антропогенная нагрузка на запасы лососей будет только возрастать, несмотря на все меры регулирования промысла и рыбоохранные мероприятия. Тем не менее, развитие аквакультуры следует согласовывать с принципами рационального распределения усилий и средств поддержки условий воспроизводства диких популяций, а также регулированием промысла с учетом возможного влияния рыб искусственного воспроизводства на структуру запасов тихоокеанских лососей в регионе.

Немаловажным условием в обеспечении баланса сохранения диких запасов лососей и их искусственного воспроизводства будет наличие комплексного научного сопровождения аквакультурной деятельности. В настоящее время на базе ФГБНУ «ВНИРО» и региональных отраслевых НИИ разработан и действует документ «Программа развития научного обеспечения аквакультуры в Российской Федерации на 2015–2017 годы». На основе данной программы коллегиально ведутся работы по исследованию основных направлений аквакультурной деятельности.

Применительно к Камчатскому краю, где приоритетной задачей является сохранение запасов именно диких стад, развитие пастбищного лососеводства может быть только точечным, то есть относиться только к водотокам с депрессивным состоянием запасов или наиболее подверженным антропогенному воздействию. Поэтому по заявке Министерства рыбного хозяйства Камчатского края специалисты ФГБНУ «КамчатНИРО» разработали «Программу развития аквакультуры на территории Камчатского края на 2012–2020 гг.», которая предусматривает расширение сети рыбоводных заводов по воспроизводству тихоокеанских лососей.

В рамках данной Программы рассматривается возможность строительства только 35 ЛРЗ (пяти государственных и 30 частных) на водных объектах Камчатского края. Основанием выбора были предполагаемая перспективность для привлечения частных инвестиций, а также необходимость принятия государственных мер по поддержанию и восстановлению лососевых ресурсов в водоемах, наиболее сильно подверженных антропогенному воздействию.

Отбор водных объектов осуществлялся по следующим условиям:

- водный объект не представляет ценности для сохранения генофонда лососей;
- существует дефицит естественного нерестового фонда лососей;
- водный объект низкопродуктивен и не имеет промыслового значения;
- в водном объекте популяции лососей отсутствуют или их численность сильно подорвана;
- существует возможность повышения рыбопродуктивности водного объекта за счет применения наукоемких технологий.

При этом предпочтение было отдано водным объектам, где создание ЛРЗ наиболее рационально, поскольку имеются:

- условия для размещения ЛРЗ на расстоянии не более 10–20 км от устья;

– соответствующая инфраструктура (населенные пункты, развитая береговая производственная база рыбообрабатывающих предприятий и, как минимум, вездеходные подъездные дороги);

– термальные источники для подогрева воды.

По каждому из водных объектов данного перечня подготовлен паспорт, включающий картографические материалы и краткое описание с указанием физико-географических характеристик, продуктивности и рекомендованного объекта аквакультуры.

ЛИТЕРАТУРА

Бугаев А. В., Растягаева Н. А., Ромаденкова Н. Н., Кудзина М. А., Давидюк Д. А., Гаврюсева Т. В., Устименко Е. А., Бочкова Е. В., Погодаев Е. Г. 2015. Результаты многолетнего биологического мониторинга тихоокеанских лососей рыбозаводов Камчатского края // Изв. ТИНРО. Т. 180. С. 273–309.

Иванов А. П. 1988. Рыбоводство в естественных водоемах. Агропромиздат. 367 с.

Растягаева Н. А. 2015. Предварительные данные о приемной емкости водоемов бассейна р. Большая (западная Камчатка) для искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей (*Oncorhynchus* spp.) // Материалы Междунар. науч. конф. «Актуальные проблемы аквакультуры в современный период», 28 сентября – 2 октября 2015 г., г. Ростов-на-Дону, ФГБНУ «АзНИИРХ». Изд-во: ФГБНУ «АзНИИРХ». С. 140–142.

Растягаева Н. А. 2017. К вопросу об оценке приемной емкости некоторых лососевых рек Камчатского края // Тез. докл. VII Всерос. конф. «Чтения памяти профессора В. Я. Леванидова» (г. Владивосток, 20–22 марта 2017 г.). Вып. 6. Владивосток: Дальнаука. С. 51.

Рудакова С. Л., Бочкова Е. В., Акбатыров А. Н. 2017. Эпизоотия инфекционного некроза гемопоэтической ткани у молоди нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) на ЛРЗ «Озерки» (Камчатка) в 2017 г. // Вод. биол. ресурсы России: состояние, мониторинг, управление : Сб. материалов Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию КамчатНИРО (3–6 окт. 2017 г., П-Камчат.). П-Камчат.: КамчатНИРО. 329 с.

Рудакова С. Л. 2003. Некроз гемопоэтической ткани у производителей нерки и предполагаемые источники инфекции // Вопр. рыболовства. Т. 4, № 1 (13). С. 93–102.

Рудакова С. Л. 2004. Анализ развития эпизоотий, вызванной вирусом инфекционного некроза гемопоэтической ткани (IHNV) у мальков нерки *Oncorhynchus nerka* при искусственном выращивании (Камчатка) // Вопр. рыболовства. Т. 5, № 2 (18). С. 362–374.

Смирнов А. И. 1963. Инструкция по искусственному разведению тихоокеанских лососей. М.: Главрыбвод. 62 с.

Хованский И. В. 2004. Эколого-физиологические и биотехнологические факторы эффективности лососеводства. Хабаровск: Хабаровское книжное издательство. 417 с.

Чистякова А. И., Бугаев А. В. 2013. Применение результатов отолитного маркирования для определения происхождения и путей миграций заводской молоди горбуши и кеты в Охотском море в осенний период // Изв. ТИНРО. Т. 173. С. 77–102.

Чистякова А. И., Бугаев А. В. 2016. Оценка происхождения и пути миграций заводской молоди горбуши и кеты в бассейне Охотского моря в осенний период 2011–2014 гг. // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 40. С. 5–23.

ПЕРСПЕКТИВЫ И ОБОСНОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛЕТНЕЙ КЕТЫ В САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.нна Е.вгеньевна Лапшина¹, Л. А. Животовский^{2, 3},
В. Г. Самарский⁴, О. В. Зеленников⁵

¹ ФГБУ «Сахалинрыбвод», cherevataya@gmail.com; ² ФГБНУ «Все-
российский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии»; ³ ФГБУН «Институт общей генетики им. Н. И. Ва-
вилова» РАН; ⁴ АО «Гидрострой», ООО «Меридиан»; ⁵ ФГБОУ ВО
«Санкт-Петербургский государственный университет»

ВВЕДЕНИЕ

Летняя кета о. Сахалин – рыба, представляющая особый интерес для Са-
халинской области. Ее нерестовый ход начинается примерно на два месяца
раньше, чем у кеты осенней (*Берг, 1948; Двинин, 1949, 1952а, б; Гриценко,*
2002; Макоедов и др., 2009), и это означает, что в местах, где удастся нала-
дить ее искусственное воспроизводство и сформировать заводские стада,
срок кетовой путины может быть существенно увеличен. Кроме того, в силу
ограниченности мест ее нереста одной рекой острова (Поронай), постоянно
существующей угрозы перелова в зал. Терпения и браконьерства сама летняя
кета нуждается в мерах по сохранению и увеличению численности. Одной из
таких мер может служить искусственное воспроизводство.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕТНЕЙ КЕТЫ РЕКИ ПОРОНАЙ

Исследования, проведенные в период с 2010 по 2015 г., выявили различия
между летней и осенней расами кеты в р. Поронай (**табл. 1**). Так, осенняя
кета превосходит летнюю по размерно-массовым показателям, абсолютной
индивидуальной плодовитости (АИП), средней массе неоплодотворенной
икры, выраженности нерестовых изменений в устье и числу пилорических
придатков (*Лапшина и др., 2015а; Лапшина, 2017*). Летняя кета превосхо-
дит осеннюю по интенсивности окраски мышц (оценку производили в устье
р. Поронай) (*Лапшина и др., 2015 б; Лапшина, 2017*). Исследования микроса-
теллитных ДНК-маркеров позволили выявить между летней и осенней кетой
р. Поронай четкие генетические различия (*Животовский и др., 2017*).

Особо требуют объяснения наблюдаемые расхождения в числе пилориче-
ских придатков, так как именно по этому признаку отмечены наибольшие разли-
чия между расами кеты в каждом из речных бассейнов (**см. табл. 1**). *А. Н. Све-
товидовым (1953)* была выявлена зависимость между числом пилорических
придатков и составом пищи у рыб. На этом основании *Л. Д. Григо (1953)* и
Н. И. Куликова (1972) делали предположение, что различия по числу пилориче-
ских придатков указывают на неодинаковый состав пищи летней и осенней кеты
р. Амур. Однако мы полагаем, что эти различия объясняются иными причинами.

Во-первых, данный признак имеет высокую генетическую детерминацию: Циммерман с соавторами (*Zimmerman et al., 2005*) нашли у микижи три группы локусов с высоким суммарным вкладом в вариацию числа пилорических придатков (51,3%), а Чевассус с соавторами (*Chevassus et al., 1979*) показали, что наследуемость этого признака у микижи предельно высока ($h^2=0,53$), при этом корреляция между средним числом пилорических придатков у родителей и потомков достигает 0,92. Во-вторых, число пилорических придатков является адаптивно важным признаком, связанным с инкубационной температурой.

Таблица 1. Различия между кетой летней и осенней рас р. Поронай

	Летняя кета	Осенняя кета
АС (см)/Средняя масса тела (кг)	62,13±0,26/3,12±0,04	62,62±0,39/3,06±0,06
АИП	2503±37,02	2708±17,51
Ср. масса неоплод. икринки (г)	210,50±2,03	217,71±0,91
Выраженность брачной окраски в устье	1,08–1,38	2,52–3,04
Выраженность окраски мышц в устье	5,46–5,82	2,75–3,88
Число пилорических придатков	154,98±1,748	174,72±1,732
Число жаберных лучей	13,70±0,057	13,43±0,069
Генетические различия (в ед. θ_p , %)	1,07±0,07	

Действительно, пилорические придатки у рыб, в том числе лососевых, играют важную роль в пищеварении (*Buddington, Diamond, 1986; Falk et al., 2013*), в них экспрессируются мРНК инсулинподобного гормона роста (*Shablott et al., 1995; Palamarchuk et al., 1997*), активизируется трипсин. При этом через регуляцию трипсина температура воды на нерестилищах влияет на темпы роста молоди и размер взрослой особи (*Jonsson, Jonsson, 2014*). На примере атлантического лосося показано, что при различных инкубационных температурах в пилорических придатках активируются генетически разные формы трипсина с разными кинетическими свойствами и разным влиянием на усвояемость корма и темпы роста (*Rungruangsak-Torrissen et al., 1998; Toyota et al., 2007*).

Укажем также на давние работы на радужной форели, в которых показана корреляция числа пилорических придатков и темпов роста (*Bergot et al., 1981a, b*), и что более низкие инкубационные температуры воды способствуют увеличению числа пилорических придатков (*Chevassus et al., 1979*). Результат последней из цитированных работ объясняет, почему число пилорических придатков у осенней кеты больше, чем у летней: оплодотворенная икра осенней кеты на нерестилищах с выходом грунтовых вод начинает инкубироваться при более низких температурах, чем икра летней формы на нерестилищах с подрусловым потоком.

Касательно других меристических признаков интересно отметить, что при значительных экологических различиях между кетой летней и осенней рас (тип нерестилищ, время нереста) различия по ним небольшие. Помимо числа пилорических придатков, у кеты р. Поронай различия отмечены только по одному признаку – числу жаберных лучей (см. табл. 1); по другим исследованным меристическим признакам (число чешуй в боковой линии, число

жаберных тычинок, число ветвистых лучей спинного и анального плавников) различия статистически незначимы.

Имеющиеся генетические отличия между летней и осенней кетой р. Поронай (см. табл. 1) свидетельствуют о недопустимости их скрещивания друг с другом в ходе работ по искусственному воспроизводству (Животовский и др., 2017).

В связи с выявленными различиями между летней и осенней кетой закономерен вопрос, возможно ли искусственное воспроизводство летней кеты в условиях лососевых рыбоводных заводов.

ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕТНЕЙ КЕТЫ РЕКИ ПОРОНАЙ, ВЫРАЩЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ЛРЗ

Исследования, проведенные на рыбоводных заводах о. Сахалин, позволили оценить возможности искусственного воспроизводства летней кеты при различных температурных режимах – от режима, применяемого для воспроизводства горбуши (от 0,3°C в зимние месяцы до 14°C поздней весной; Анивский ЛРЗ), до являющегося наиболее оптимальным для выращивания осенней кеты (6–8°C в течение всего рыбоводного цикла; Охотский ЛРЗ). Побединский ЛРЗ характеризовался промежуточными температурными показателями: не ниже 1,5°C зимой, не выше 7°C поздней весной (рис.) (Лапишина и др., 2015е).

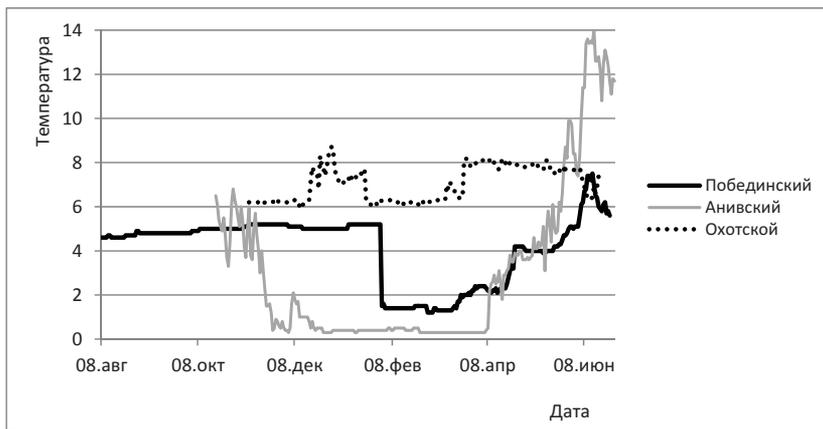


Рис. Температура (°C) при содержании молоди летней кеты на Охотском, Побединском и Анивском ЛРЗ в рыбоводном цикле 2012–2013 гг.

Во все указанные годы икру летней кеты закладывали на инкубацию на Побединском ЛРЗ, а затем, на стадии пигментации глазных бокалов эмбрионов, перевозили на иные ЛРЗ, где темпы ее развития сравнивались с местной осенней кетой. На Охотский ЛРЗ, кроме того, была также перевезена небольшая экспериментальная партия икры осенней кеты Побединского ЛРЗ (р. Поронай). На всех указанных заводах удалось вырастить молодь летней кеты, по размерно-массовым показателям не уступающую собственной молоди этих заводов: на Охотском – до 1,5 г, на Анивском – около 1,0 г и на Побединском – около 750 мг.

Гистологический анализ срезов внутренних органов молоди летней и осенней кеты, выращенной в идентичных условиях, не выявил существенных

различий в развитии их пищеварительной системы ни на одном ЛРЗ. Заметные различия как между молодью, выращенной на разных заводах, так и между молодью кеты двух рас на каждом из заводов, наблюдали только в развитии яичников (табл. 2) (Лапина, 2017; Коломыцев и др., в печ.).

Таблица 2. Состояние яичников молоди осенней и летней кеты перед выпуском на разных ЛРЗ в 2013 г.

Завод, раса	Площадь поперечных срезов гонад, мм ² *10 ⁻³	Число на один срез, %		Диаметр ооцитов, мкм
		гоניים и ооцитов ранней профазы мейоза	ооцитов периода претеллогенеза	
Охотский Осенняя собственная	70,0±7,0	0,87	99,1	96,1±2,6
Охотский Осенняя с Побединского ЛРЗ	66,9±8,3	0,64	97,4	93,2±2,9
Охотский Летняя	61,6±6,1	0,1	99,4	86,1±2,8
Побединский Осенняя	11,7±1,8	48,5	51,5	43,1±2,9
Побединский Летняя	15,2±2,5	28,7	71,3	49,0±2,1
Анивский Осенняя	17,2±1,4	31,8	68,2	57,2±1,8
Анивский Летняя	33,9±4,1	4,1	95,9	67,0±2,3

Так, у молоди летней кеты на Охотском заводе яичники были в два раза крупнее, чем у молоди на Анивском, и в четыре раза крупнее, чем у молоди на Побединском заводе. Аналогичным образом различались также размеры ооцитов и состояние всего репродуктивного фонда. При этом на более холодноводных Побединском и Анивском заводах яичники были более дифференцированными у молоди кеты именно летней расы, а на Охотском заводе, напротив, – у молоди осенней расы.

Степень развитости яичников ко времени выпуска молоди имеет чрезвычайно важное значение для искусственного воспроизводства: показано, что по состоянию ооцитов у самок лососевых рыб перед выходом в море можно спрогнозировать возраст наступления полового созревания у производителей. Чем выше доля самок с более развитыми яичниками, тем больше производителей возвратятся на нерест в более раннем возрасте, и наоборот (Иевлева, 1982, 1985; Мурза, Христофоров, 1991; Зеленников и др., 2001а, б; Зеленников, 2012).

Таким образом, можно полагать, что низкотемпературный режим, традиционно применяемый для воспроизводства горбуши, в большей степени

подходит для воспроизводства кеты именно летней расы, и горбушковые ЛРЗ могут успешно использоваться для ее воспроизводства, не требуя при этом реконструкции и изыскания дополнительных источников грунтовой воды. Тем не менее, создание заводского стада летней кеты в условиях, отличных от условий р. Поронай, будет сопряжено с определенными трудностями, которые, впрочем, нельзя считать преодолимыми. Они заключаются в следующем.

ОСОБЕННОСТИ ВЫДЕРЖИВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ЛЕТНЕЙ КЕТЫ ДО СОЗРЕВАНИЯ ПОЛОВЫХ ПРОДУКТОВ

Река Поронай является самой протяженной рекой о. Сахалин (350 км). Побединский ЛРЗ, вылавливая летнюю кету в 160 км от устья, вынужден был выдерживать ее до полного созревания гонад от 6 до 32 суток, теряя при этом от 4,0 до 18,8% производителей (табл. 3).

Таблица 3. Сроки вылова, темпы созревания и величины отхода производителей летней кеты на Побединском ЛРЗ в разные годы (производители отловлены в р. Поронай)

Год	Сроки вылова	Кол-во выловленных рыб	Сроки закладки икры	Дней выдерживания	Отход производителей, %
2010	26–29.07	1 051	10–21.08	До 25	11,7
2012	13–27.07	1 202	02–14.08	До 32	18,8
2013	23.07–09.08	192	13–23.08	До 20	14,6
2014	22.07–12.08	1 092	11–20.08	До 28	4,0
2015	28–31.07	87	06.08	6–8	8,0

Можно предположить, что при попытках выдерживания производителей летней кеты, выловленных в иных, значительно менее протяженных реках острова (после того как появятся возвраты летней кеты в эти реки как результат работы рыбоводных заводов), сроки выдерживания станут еще длиннее и отход производителей также увеличится.

Вместе с тем величины отхода производителей летней кеты при выдерживании на Побединском ЛРЗ эталонными считать нельзя, так как летнюю кету для закладки на этом заводе вылавливали в основном русле р. Поронай, загружали в емкости для перевозки живой рыбы, транспортировали на завод, где пересаживали в бетонные лотки и далее выдерживали производителей в них. Рыба, изначально подвергшаяся транспортировке и двум пересадкам, далее вступала в процесс длительного выдерживания в прямоугольных бетонных лотках, постепенно травмируясь об их стенки. Эти факторы неминуемо должны были вести к увеличению отхода производителей.

К сожалению, Побединский ЛРЗ не располагал иными возможностями для выдерживания производителей, однако при планировании искусственного воспроизводства летней кеты на других ЛРЗ создание благоприятных условий для длительного выдерживания необходимо, иначе потери производителей окажутся чрезвычайно велики. К таким условиям, по нашему мнению, относятся:

- наличие прудов для выдерживания производителей с возможностью рассаживания рыб, находящихся на разных этапах созревания гонад;

– наличие возможности перепускания производителей из реки в пруды без изъятия их из водоемов и транспортировки.

Данные меры позволяют, насколько это возможно, уменьшить отход производителей при выдерживании. Дать прогноз, насколько высок он будет, к сожалению, невозможно. Однако при соблюдении указанных условий закладки икры летней кеты через определенное число поколений должны привести к сокращению сроков выдерживания и более быстрому созреванию производителей, так как наиболее долгосозревающие рыбы будут составлять большую часть отхода и, следовательно, не будут участвовать в воспроизводстве и передавать этот признак потомкам. На определенном этапе создания заводского стада этот процесс может и должен сыграть положительную роль, однако злоупотреблять им, отбирая для закладки икры только быстросозревающих рыб, категорически нельзя. Закладывать икру нужно от всех производителей, выдержать которых до созревания оказалось возможным, каким бы длительным оно ни было, иначе генофонд созданного стада обеднеет, а товарные качества рыбы, напрямую зависящие от степени выраженности нерестовых изменений, существенно ухудшатся (*Зиничев и др., 2012; Животовский, Смирнов, наст. сб.*).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Летняя кета, характеризуясь рядом ценных товарных качеств и нерестовым ходом в летние месяцы, в случае успешной организации процесса искусственного воспроизводства может приобрести существенное экономическое значение для о. Сахалин, став источником качественного сырья для рыбной промышленности и увеличив срок кетовой путины на два месяца.

Летняя кета р. Поронай уникальна по многим существенным биологическим показателям. Она отличается от осенней кеты по ряду морфофизиологических показателей (размерно-массовым характеристикам, показателям абсолютной индивидуальной плодовитости, средней массе икринок, степени выраженности нерестовых изменений и интенсивности окраски мышц производителей при заходе в устье, числу пилорических придатков), а также аллельным частотам микросателлитных маркеров. Темпы роста и развитие пищеварительной системы молоди кеты летней и осенней рас при содержании в идентичных условиях отличаются незначительно, однако наблюдаются существенные различия в темпах гистологического развития гонад, что имеет чрезвычайно важное значение для искусственного воспроизводства: показано, что по состоянию ооцитов у самок лососевых рыб перед выходом в море можно спрогнозировать возраст наступления полового созревания у производителей.

Таким образом, летняя кета имеет важные отличия от осенней кеты и может быть рекомендована для расширенного искусственного воспроизводства на о. Сахалин.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ВЫВОДЫ ПО РАЗВЕДЕНИЮ ЛЕТНЕЙ КЕТЫ НА ЛРЗ ОСТРОВА САХАЛИН

1. Возможно искусственное разведение летней кеты на рыбоводных заводах с различными температурными режимами, однако наилучшие результаты могут быть достигнуты на предприятиях с температурами воды в зимний период, близкими к 0°C.

2. На соответствующих ЛРЗ с такими температурными режимами допустима замена горбуши летней кетой без реконструкции системы водоснабжения заводов и изысканий источников воды с иными температурами.

3. Для снижения процента отхода производителей летней кеты необходима грамотная организация процесса их выдерживания, в том числе создание прудов для длительного выдерживания производителей.

4. Для снижения угрозы перелова летней кеты в зал. Терпения, где она интенсивно вылавливается в качестве прилова к горбуше (ввиду совпадения сроков их нерестового хода), необходимо введение запрета на вылов обоих видов рыб в пределах 3 км от устья р. Поронай в течение летних месяцев.

5. Для сохранения товарных качеств летней кеты и генетического разнообразия необходимо закладывать икру от всех производителей, выдержать которых до полного созревания половых продуктов оказалось возможным, сколько бы времени это ни занимало.

6. В целях сохранения генетического разнообразия кеты о. Сахалин недопустимы скрещивание кеты летней и осенней рас в процессе искусственного воспроизводства, а также перевозки кеты летней и осенней рас из р. Амур в реки острова Сахалин.

ЛИТЕРАТУРА

Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1948. – Ч. 1. – 467 с.

Григо Л. Д. О морфологических отличиях летней и осенней кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) // Докл. Акад. наук СССР. – 1953. – Т. 92. – № 6. – С. 1225–1228.

Гриценко О. Ф. Проходные рыбы острова Сахалин. Систематика, экология, промысел. – М.: ВНИРО, 2002. – 248 с.

Двинин П. А. Биопромышленная характеристика дальневосточных лососей Южного Сахалина: дис. ... канд. биол. наук. – М., 1949. 74 с.

Двинин П. А. Лососи Сахалина. – Владивосток, 1952а. – 24 с.

Двинин П. А. Лососи Южного Сахалина // Изв. ТИНРО. – 1952 б. – Т. 37. – С. 69–108.

Животовский Л. А., Лапшина А. Е., Михеев П. Б., Подорожнюк Е. В., Пасечник О. И., Мамаева А. В., Ракицкая Т. А., Рубцова Г. А., Афанасьев К. И., Шитова М. В. Дивергенция сезонных рас кеты (*Oncorhynchus keta*) рек Амур и Поронай: экология, генетика, морфология // Биология моря. – 2017. – Т. 43. – № 4. – С. 284–292.

Зеленников О. В., Федоров К. Е., Мосягина М. В., Мельникова Н. О., Хорьков С. В., Пименова Н. В. Исследование особенностей раннего гаметогенеза кеты в условиях естественного и искусственного воспроизводства на Сахалине в связи с проблемой прогнозирования и регуляции темпов полового созревания: отчет по Х/Д № 1/00. – 2001а. – 100 с.

Зеленников О. В., Мосягина М. В., Кузнецов Ю. К. Особенности раннего гаметогенеза кеты в связи с проблемой прогнозирования и регуляции темпов полового созревания производителей // Вопр. рыболовства. – 2001 б. – Прил. 1. – С. 93–96.

Зеленников, О. В. Особенности раннего гаметогенеза кеты в связи с проблемой прогнозирования и регуляции возраста полового созревания производителей // Воспроизводство тихоокеанских лососей (16–17 мая 2012 г.). – 2012.

Иевлева М. Я. Оценка темпа полового развития смолтов нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) (Salmonidae) р. Озерной (Камчатка) при прогнозировании возрастной структуры половозрелой части популяции // Вопр. ихтиологии. – 1985. – Т. 25, вып. 3. – С. 452–458.

Зиничев В. В., Леман В. Н., Животовский Л. А., Ставенко Г. А. Теория и практика сохранения биоразнообразия при разведении тихоокеанских лососей. – М.: Изд-во ВНИРО, 2012. – 238 с.

- Коломыцев В. С., Лапшина А. Е., Зеленников О. В. Состояние яичников у молоди осенней и летней рас *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792) при ее выращивании на рыбобоводных заводах в Сахалинской области // Биология моря. – В печати.
- Куликова Н. И. Изменчивость и пути формообразования у кеты // Вопр. ихтиологии. – 1972. – Т. 12, вып. 2. – С. 211–225.
- Лапшина А. Е. Летняя раса кеты (*Oncorhynchus keta*) острова Сахалин: биологические особенности и возможности заводского разведения: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2017. 23 с.
- Лапшина А. Е., Самарский В. Г., Животовский Л. А. Летняя кета Сахалина: происхождение, биологические особенности и перспективы использования // Ученые записки СахГУ. – 2015а. – Вып. XI/XII. – С. 77–81.
- Лапшина А. Е., Животовский Л. А., Самарский В. Г. Биологические особенности и разведение летней кеты реки Поронай (о. Сахалин) // Современные проблемы исследования биоразнообразия растительных и животных сообществ и пути их сохранения. Сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. (14–17 окт. 2014 г.). Южно-Сахалинск: СахГУ, 2015 б. С. 68–71.
- Лапшина А. Е., Самарский В. Г., Зеленников О. В. Экспериментальный анализ выращивания молоди кеты осенней и летней рас при различных температурных режимах // Международная морская научная школа по искусственному разведению гидробионтов. Сб. науч. тр. – Ю-Сах., 2015в. – С. 63–67.
- Мурза И. Г., Христофоров О. Л. Определение степени зрелости гонад и прогнозирования возраста достижения половой зрелости у атлантического лосося и кумжи. – Л.: ГосНИОРХ, ФНИИ им. Ухтомского ЛГУ, 1991. – 102 с.
- Световидов А. Н. О зависимости между характером пищи и количеством пило-рических придатков // Очерки по общим вопросам ихтиологии. – 1953. – 320 с.
- Bergot P., Blanc J. M., Escaffre A. M., Poisson H. Effect of selecting sires according to their number of pyloric caeca upon the growth of offspring in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson) // Aquaculture. – 1981b. – Vol. 25. – P. 207–215.
- Buddington R. K., Diamond J. M. Aristotle revisited: the function of pyloric caeca in fish // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 1986. – Vol. 83(20). – P. 8012–8014.
- Falk K., Bjerkas I., Koppang E. O. Intestinal morphology of the wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) // Journal of Morphology. – 2013. – Vol. 274(8). – P. 859–876.
- Jonsson, B., Jonsson N. Early environment influences later performance in fishes // Journal of Fish Biology. – 2014. – Vol. 85(2). – P. 151–188.
- Palamarchuk A. Y., Holthuizen P. E., Muller W. E., Sussenbach J. S., Kaysan V. M. Organization and expression of the chum salmon insulin-like growth factor II gene // FEBS Letters. – 1997. – Vol. 416(3). – P. 344–348.
- Rungruangsak-Torrissen K., Pringle G. M., Moss R., Houliha D. F. Effects of varying rearing temperatures on expression of different trypsin isozymes, feed conversion efficiency and growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) // Fish Physiology and Biochemistry. – 1998. – V. 19(3). – P. 247–255.
- Toyota E., Iyaguchi D., Sekizaki H., Itoh K., Tanizawa K. Kinetic properties of three isoforms of trypsin isolated from the pyloric caeca of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) // Biological and Pharmaceutical Bulletin. – 2007. – Vol. 30(9). – P. 1648–1652.
- Zimmerman A. M., Wheeler P. A., Ristow S. S., Thorgaard G. H. Composite interval mapping reveals three QTL associated with pyloric caeca number in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* // Aquaculture. – 2005. – Vol. 247. – P. 85–95.
- Chevassus B., Blanc J. M., Bergot P. Déterminisme génétique du nombre de caeca pyloriques chez la Truite fario (*Salmo trutta*, Linné) et la Truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri* Richardson). II. – Effet du génotype du milieu d'élevage et de l'alimentation sur la réalisation du caractère chez la Truite arc-en-ciel // Annales de génétique et sélection animale. – 1979. – Vol. 11. – P. 79–92.

О ПРИЧИНАХ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО СНИЖЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ГОРБУШИ В САХАЛИНО- КУРИЛЬСКОМ РЕГИОНЕ В 2015-2017 ГОДАХ И РОЛЬ ЕЕ ИСКУССТВЕННОГО РАЗВЕДЕНИЯ

**А.лександр О.рионович Шубин¹,
Д. В. Лисицын²**

¹ В 1982–2015 гг. – научный сотрудник лососевых лабораторий Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, alshub29@mail.ru; ² ООО «Экологическая вахта Сахалина»

О ПРИЧИНАХ СНИЖЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ГОРБУШИ

В 2015 г. в Сахалино-Курильском регионе прошла горбушова путина, впервые за постперестроечный период на всех уровнях названная «катастрофической». И если для региона в целом такая ситуация в период с 2011 по 2015 г. случилась впервые, то по районам воспроизводства, в зал. Анива и на о. Итуруп, – уже повторно. Как следствие – нерестилища многих рек восточного Сахалина остались незаполненными производителями, что привело к дальнейшему снижению численности горбуши – в 2017 г. ее выловили на восточном Сахалине вчетверо меньше, чем в катастрофическом 2015 г.

Еще не были сняты в 2015 г. последние невода, как сахалинская наука озвучила свою версию причин случившегося, тут же подхваченную и в столице пяти морей, это – глобальная перестройка климата и водных экосистем Тихоокеанского бассейна. Свое выражение она нашла во вторжении в традиционный район раннелетнего нагула сахалино-курильской горбуши в прикурильских водах Тихого океана больших масс южных мигрантов – скумбрии и сардины-иваси, которые будто бы подорвали кормовую базу горбуши с катастрофическими для ее численности последствиями (*Буслов, 2015а, б; Глубоковский, 2015*). В этом объяснении настораживает его внезапность: если о приближении нового климатического цикла на рубеже первого десятилетия XXI в. науке известно, то почему же это совсем не было учтено в прогнозах? Кроме того, «климатическая» гипотеза имеет один существенный изъян – вольно интерпретирует данные чужих судовых съемок в южно-курильских водах. Сами же авторы этих съемок гипотезы о роковом влиянии южных мигрантов не разделяют.

Что касается влияния на численность лососей южных мигрантов, то эта трактовка вообще надумана и нелепа. Численность лососей закладывается на ранних этапах в пресноводный и эстуарный периоды жизни в умеренной зоне. Численность скумбрии, сардины, анчоуса, сайры и других южных объектов закладывается в зимне-весенний период в водах Курошио и его ветвей, то есть в субтропической зоне. И позднее, когда южные рыбы в ЮКР подходят для нагула, большая часть лососей уже покидает эти воды, заканчивая нагул (*Шунтов, 2015*). Фактология по кормовой базе, питанию лососей

и сопутствующих видов рыб в южно-курильских водах в 2015 г. приведена в работе *В. П. Шунтова и О. В. Темных (2015)*, поэтому на доказательной базе останавливаться не будем.

Глобальные климатические изменения, влияющие на численность тихоокеанских лососей на современном этапе, несомненно, имеют место (*Шунтов, Темных, 2011*). Однако в нашем случае не они явились причиной (во всяком случае, главной) обрушения численности горбуши на Сахалине и южных Курильских островах в 2015 г. Для понимания природы этого явления стоит отметить, что в наибольшей степени оно затронуло районы интенсивного регулирования (а фактически – ограничения) захода производителей горбуши в реки и искусственного ее разведения – зал. Анива, юго-восток Сахалина и о. Итуруп. При этом в зал. Анива оно произошло раньше – уже в 2013 г., и было связано с локальными факторами, хорошо известными на Сахалине. Поэтому полагаем, что и более обширное обрушение численности горбуши в 2015 г. связано, в первую очередь, все с теми же прозаическими локальными факторами – в частности с переловом.

В регионе долгое время боролись с мифом о перезаполнении нерестилищ, а в результате оставили их полупустыми. Горбуша в 2015 г. никуда не делась, ее не было изначально из-за низкого урожая молоди в 2014 г. (2 млрд мальков, будто бы скатившихся из рек региона, – расчетная величина, ошибочно в разы завышенная), обусловленного, в свою очередь, хронической нехваткой производителей на нерестилищах. Недозаполнение же нерестилищ явилось прямым следствием ошибочных методов управления лососевым хозяйством региона, и катастрофа в горбушовую путину 2015 г. имеет конкретные фамилии, имена, отчества и даже научные звания. Напомним, что и в отношении катастрофического снижения численности сахалино-хоккайдской сельди к концу XX в. наука так же привычно все списывает на климатоокеанологические факторы, как будто и не было массового перелова ее молоди (*Шубин, 2015*).

Основной причиной стремительного снижения численности горбуши считаем управленческие ошибки со стороны Комиссии по регулированию добычи (вылова) анадромных видов рыб в Сахалинской области, Сахалинского агентства по рыболовству, ФГУП «СахНИРО», ФГБУ «Сахалинрыбвод» и СКТУ Росрыболовства в предшествующий период. Кратко история организации перелова такова.

За два года до отмены ОДУ, как инструмента управления промыслом тихоокеанских лососей, была опубликована известная брошюра *Б. Н. Котенева с соавторами (2006)*, в которой предлагалось вернуться к системе управления, существовавшей до 2001 г. Основным аргументом для отмены ОДУ авторы брошюры выдвигали низкую оправдываемость прогнозов возможного вылова лососей дальневосточных НИИ рыбного хозяйства, что соответствовало реальности. В такой ситуации отмена ОДУ действительно была как бы рациональна. Но был и второй путь решения проблемы – совершенствование прогнозирования, который авторы брошюры рассматривать не стали совсем, считая, видимо, что в этом плане потенциал региональных НИИ исчерпан. Не скажем за все дальневосточные НИИ, но для ФГБНУ «СахНИРО» как тогда, так и сейчас, он далеко не исчерпан, о чем – ниже. Революционно подошли авторы брошюры и к другим устоявшимся методам управления запасами лососей. Вместе с отказом от ОДУ они предложили отказаться и от принципа оптимального заполнения нерестилищ. Предосторожный подход в рыбо-

ловстве был назван ими предрассудком экологов, а значительные масштабы браконьерского вылова лососей на Дальнем Востоке – мифом. Предлагалось также оптимизировать (читай – развалить) рыбоохрану. По существу, авторы предлагали дать «зеленый свет» неограниченному промыслу.

Относительно предложения о деоптимизации заполнения нерестилищ уже тогда одни оппоненты посчитали, что все доводы против оптимального заполнения нерестилищ... авторами ”притянуты за уши” (*Шевляков и др., 2006*), другие подметили, что авторы пытаются возродить теорию самозарождения жизни, убеждая читателя в том, что численность потомков не зависит от численности родителей (*Островский, 2006*). Что касается шансов осуществления всего предложенного авторами брошюры комплекса мероприятий, то считалось, что их мало, скорее, их нет совсем (*Ланко, 2006*).

В дальнейшем, в 2008 г. было отменено действительно лишь ОДУ, все остальные предложения не нашли нормативного закрепления и не прижились в регионах Дальнего Востока. Исключение составила Сахалинская область, где рыбные управленцы взяли на вооружение не только все весьма спорные предложения авторов брошюры, но добавили еще и много от себя. Действительно, что будет с запасом горбуши, если отказаться от предосторожного подхода и резко увеличить промысловую нагрузку? Деоптимизировать заполнение нерестилищ? Ослабить рыбоохрану и закрыть глаза на браконьерство? Для чистой науки это представляется интересным экспериментом. Фактически он и был поставлен в Сахалинской области.

С отменой в 2008 г. ОДУ на местах, в том числе и в Сахалинской области, были созданы Комиссии по регулированию добычи (вылова) анадромных видов рыб (далее – Комиссии), которые и стали решать, когда начинать и заканчивать путину, сколько и где ловить, сколько и кому по ходу путины добавлять или убавлять разрешенных к вылову объемов. При этом отметим, что на Сахалине в составе Комиссии никогда не было, нет и сейчас ни одного специалиста по биологии и экологии лососевых рыб, их также почти не было и нет в составе ученого совета ФГБНУ «СахНИРО»: видимо, так, в отсутствие специалистов, «управлять» лососевым хозяйством легче.

Как же сахалинская Комиссия воспользовалась своими правами, и в чем заключался ее метод управления промысла горбуши? Фактически – в следующем. Густо опутать побережье региона ставными неводами, увеличив их число против конца советского периода в три-четыре раза (в 2009–2017 гг. их число изменялось от 770 до 972). Удвоить и даже утроить длину центрального крыла ставных неводов против прежних норм (напомним, что в 70–80-е гг. прошлого века длина неводов в регионе обычно составляла 500–1 000 м, а невода длиной 1 500 м считались гигантскими). Открывать путины предельно рано – за 10–15 дней до начала массового хода горбуши. Продолжать добычу рыб, прорвавшихся через частокол неводов, уже в реках, на псевдоРУЗах (в 2009–2014 гг. их выставлялось от 43 до 109 в сезон, в сумме 428). Деоптимизировать заполнение нерестилищ, заполнять их по минимуму. Минимизировать рыбоохрану. Интенсифицировать искусственное разведение горбуши на реках с высоким уровнем ее естественного воспроизводства и жестко регулировать пропуск производителей горбуши на нерестилища базовых рек лососевых рыбоводных заводов (ЛРЗ).

По существу, управление промыслом на этом этапе отсутствовало: горбушу ловили все, кто хотел, сколько хотел (так называемая олимпийская или зая-

вочная система промысла) и где хотел. Плотность рыбопромысловых участков (РПУ) на побережье региона оказалась такой высокой, что уже к 2011 г. не осталось даже мест для организации любительского рыболовства. И если авторы упоминаемой выше брошюры предлагали регулировать вылов через изменение числа выставяемых неводов, то в регионе пошли другим путем: их число было постоянно максимально высоким. Как следствие поставленного в регионе «управленческого эксперимента» – перелов и опустошение нерестилищ.

Последующее катастрофическое снижение численности горбуши оказалось неожиданным лишь для сахалинских «управленцев», независимые же эксперты прогнозировали его задолго до 2015 г. Так, еще в 2006 г., комментируя брошюру Б. Н. Котенева с соавторами, специалисты (*Шевляков и др., 2006*) отмечали: «Авторы утверждают: “Необходимо также отдавать себе отчет в том, последовательно руководствуясь принципом оптимального заполнения нерестилищ, мы будем регулярно не долавливать рыбу”. Однако регулярно (постоянно и прогрессивно) перелавливая рыбу, мы также будем последовательно сокращать величину пропуска и закономерно столкнемся с ситуацией, которая описывается в динамике численности... как уменьшение величины популяции ниже критической численности, которое ведет к прогрессивной ее деградации и, в конечном итоге, к гибели (исчезновению). Тогда, точно, никаких уловов не будет вообще!». Мы же еще в 2008–2011 гг. и в официальных обращениях, и в публикациях в СМИ (*Горбунов, 2008, 2009, 2010а, б, 2011а, б; Дымов, 2011; Лашкаев, 2011; Смирнов, 2011а, б*) неоднократно предупреждали управленцев рыбной отраслью региона о грядущей катастрофе, которую они сами же и приближали, снимая ограничения на рост промысловых усилий, устанавливая РУЗы, формируя речные РПУ и сокращая борьбу с браконьерами. Ключевая роль в этом «управлении», согласно Закону о рыболовстве, принадлежала науке в лице директора ФГБНУ «СахНИРО» А. В. Буслова и начальника отдела лососевых исследований д-ра биол. наук А. М. Каева: не давай она «добро», с внедрением составляющих «прогрессивного метода» были бы большие проблемы.

Основную роль в подрыве запаса горбуши сыграла, конечно, ее добыча на ставных неводах, численность которых в 2008–2017 гг. никак не контролировалась. В некоторых районах ситуация доходила до абсурда. Так, на юго-западе Сахалина, где стадо горбуши уже не в депрессии – в коме, в 2014 и 2016 гг. на рекомендованный наукой вылов в 1,2 тыс. т Комиссией к установке было разрешено от 60 до 72 неводов (в среднем от 17 до 20 т на невод). В 2016 г. против этого был даже заместитель председателя Правительства Сахалинской области и он же заместитель председателя Комиссии И. М. Быстров. Однако Комиссия большинством голосов все равно приняла решение о выставлении неводов на порядок больше рационального.

Но добыча горбуши, прорвавшейся через частокол неводов, продолжалась и в реках, на псевдоРУЗах, выставяемых будто бы для предотвращения заморных явлений. За период «эксперимента» (2008–2014 гг.) РУЗы выставялись на 120 реках Сахалино-Курильского региона: в 2009 г. – 109, в 2010 г. – 69, в 2011 г. – 64, в 2012 г. – 71, в 2013 г. – 47, в 2014 г. – 43. И это – дополнительно к ставным неводам. При этом на 30 реках были сформированы речные рыбопромысловые участки. С установки РУЗов на 11 реках региона началась и путина 2015 г. Для этого оказалось достаточным всего лишь просьбы группы частных лиц и «добро» со стороны науки.

На РУЗах горбуши вылавливали действительно немного (7–10% от общего вылова за сезон), но это были именно те ее остатки, что прорывались в реки через частокол неводов. Вообще РУЗы – это, как известно, рыбоучетные заграждения, предназначенные именно для учета численности рыб и ни для чего другого. Они широко применяются и за границей. Например, на некоторых реках Аляски ставят по четыре-пять РУЗов плюс сенсорные счетчики в притоках. Однако там они устроены так, что изымать рыбу на них технически невозможно (**рис. 1**), да это никому и в голову не придет. На нерестовых же реках Сахалина и Курильских островов РУЗы ставили не столько для учета численности, сколько именно для ее изъятия.



Рис. 1. РУЗ на реке Бускин, о. Кодьяк, Аляска (Данклин, 2005)

Как были устроены РУЗы на реках нашего региона, показано на **рисунках 2–3**. Это, конечно, не РУЗы, а орудия для коммерческого изъятия. При этом ставили их еще задолго до начала массового хода горбуши, в том числе и на реках, в которых заморные явления в послевоенный период никогда не наблюдались. Вследствие чего даже в суперурожайном 2009 г. ряд рек остались недозаполненными производителями. Практика массовой постановки РУЗов, несомненно, стимулировала не менее массовое браконьерство, поскольку откровенно демонстрировала населению избирательное применение закона (избранным единицам можно преграждать ход горбуши на нерест и вычерпывать ее кранами, а остальным – нельзя). Что при такой системе управления оставалось для заполнения нерестилиц?

Главным пропагандистом массовой постановки РУЗов на реках региона был тогдашний начальник ФГБУ «Сахалинрыбвод» В. Г. Самарский. Со стороны науки его активно поддержал бывший директор ФГБНУ «СахНИРО» А. В. Буслов и доктор биологических наук А. М. Каев. Так, на ученом совете ФГБНУ «СахНИРО» еще в начале 2011 г. В. Г. Самарский предложил список рек для постановки РУЗов из 150 наименований, А. М. Каев – из 100. В тот год наука рекомендовала, а рыбаки – брались выловить в реках более 21 тыс. т горбуши. П. С. Колотушкин, став в том же 2011 г. руководителем Агентства по рыболовству Сахалинской области, по поручению тогдашнего сахалинского губернатора А. В. Хорошавина, начал кампанию по формированию речных промысловых участков для ее добычи. Практику РУЗов поддерживали и тогдашние руководители СКТУ – сначала Е. П. Широков, затем М. Г. Козлов.



Рис. 2. РУЗы на реках Вознесенка, Айдар, Баклановка, Береговая, Кирпичная, Дудинка, Фирсовка (юго-восток Сахалина), Новикова (зал. Анива) (слева направо, сверху вниз)



Рис. 3. РУЗы на реках Восточная, Тихая, Лесная, Лазовая, Макаровка (зал. Терпения), Мелкая, Герань, Чамгу (северо-восток Сахалина) (слева направо, сверху вниз)

Для оптимального заполнения нерестовых рек только восточного Сахалина необходимо пропустить в них 36–39 млн рыб. Анализ прогнозных материалов ФГБНУ «СахНИРО» показывает, что в 2008–2012 гг. наука рекомендовала к пропуску всего 20–23 млн, что обеспечивало плотность заполнения в среднем в 1,2–1,4 экз./м². По факту в реки проходило значительно меньше. В 2011 г. в важнейших районах воспроизводства региона лишь 1,1% рек был заполнен оптимально, в 2012 г. – 14,4%, в 2013 г. – 10%. При этом специалисты ФГБУ «Сахалинрыбвод», контролирующие заполнение рек, то ли по неграмотности, то ли из идеологических соображений отождествляют понятия «норма» и «оптимум» заполнения. И по сей день упорно оценивают уровень заполнения рек по ничему не значащему для воспроизводства показателю «норма», за который принята плотность заполнения 2 экз./м², причем для всех без различия рек Сахалина и Курил.

В целом, науке понятие «оптимум» заполнения известно уже более 50 лет, для ряда характерных сахалинских рек величины оптимума заполнения получены еще около 30 лет назад (*Гриценко и др., 1989; Гриценко, 2002*), а для двух важнейших промысловых районов Сахалина – зал. Анива и его юго-востока – уже в наше время (*Антонов, 2005; Ким Хе Юн, 2005; Каев и др., 2006*). Практически повсеместно величины «оптимума» заполнения нерестилищ в 1,5–2 и более раз выше принятой в островном регионе «нормы». Но именно необходимость больше пропускать на нерестилища и не устраивает управленцев: уходит прибыль.

О СОСТОЯНИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГОРБУШИ В САХАЛИНО-КУРИЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

За последние 35 лет в зоне ответственности ФГБНУ «СахНИРО» удовлетворительный результат прогноза возможного вылова горбуши (укладывающийся в 25%-ную погрешность) отмечался только восемь раз. Учитывая значимость горбуши для рыбохозяйственного комплекса региона, это означает, что отраслевой науки в регионе по существу нет. Один из комментаторов по этому поводу заметил, что если монету подбросить 35 раз, то вероятность «орла» будет выше.

Низкая оправдываемость прогнозов ФГБНУ «СахНИРО» имеет системный характер и связана, в первую очередь, с организационными причинами. На прогнозирование горбуши в институте традиционно, десятилетиями, направляется лишь 6–8%, максимум – 10% его финансового и трудового ресурса. Большую часть остального поглощает мелкотемье. «Тайна» региональной горбуши в том, что ею здесь никто особо не занимается. В 2015 и 2016 гг. значительный недолов, по отношению к прогнозу, имел место и по кете. Это неудивительно: если на прогноз по горбуше направляется 6–8 (10)% финансового и трудового ресурса, то на прогноз по кете – менее 1%. И ситуация 2015 и 2017 гг. с горбушей не спрогнозирована ФГБНУ «СахНИРО» по той причине, что контроль за ее численностью давно утерян.

В Сахалино-Курильском регионе основу прогноза численности горбуши составляет оценка базового показателя продуктивности нерестилищ – урожайная молодка по районам воспроизводства. К этому урожаю применяется коэффициент возврата и таким образом оценивается запас. Параллельно с безудержным ростом промысловой нагрузки его идеологи не уставали заявлять, что, мол, количество покатной молодки достоверно не зависит от количества

родителей, а число вернувшихся производителей – от урожая молоди. Действительно, между учтенной сахалинской наукой численностью родителей и учтенным ею же урожаем молоди очень часто может не быть никакой связи. Почему? В зал. Анива ФГБНУ «СахНИРО» имеет по скату одну подконтрольную реку, то же – на юго-востоке Сахалина, в зал. Терпения и на о. Итуруп. При этом на о. Итуруп учет урожая молоди проходит уже много лет без научных сотрудников.

Урожай молоди по районам воспроизводства оценивается путем экстраполяции ската с одной-единственной подконтрольной реки на весь район. Понятно, что при таком подходе точность оценки урожая молоди не выдерживает никакой критики. Реки промыслового района зачастую сильно отличаются друг от друга по своей продуктивности, и для повышения репрезентативности контрольных рек в одном районе должно быть несколько, причем разнотипных. Однако порочная практика опоры на единственную контрольную реку насчитывает уже десятилетия. Например, еще в советское время урожай молоди в зал. Терпения оценивался по скату с высокопродуктивного ручья Холодный, на котором к тому же, в силу наличия контрольно-наблюдательной станции, и уровень браконьерства был на порядок ниже, чем на других реках. В результате урожай (расчетный) доходил до 1 млрд, а рядом, на юго-востоке Сахалина, он был всегда вдвое ниже. В реальности, конечно, никакого миллиарда с рек зал. Терпения не скатывалось, это были всего лишь ошибки учета.

Эффективный метод прогноза возможного вылова горбуши искать и изобретать не надо. Он давно известен и уже лет 15 как изложен в коллективно разработанной и опубликованной «Концепции Дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Суть его – в адекватном мониторинге численности природных популяций. Нам возражат, что реализация ее невозможна по финансовым причинам. Это не так, финансы были и есть, но как раньше, так и сегодня 9/10 имеющегося в ФГБНУ «СахНИРО» финансового и трудового ресурса идут мимо прямых учетных работ по оценке запаса горбуши и кеты. Вместо расширения прямых учетных работ по лососям институт уже третий год занят совершенствованием своей внутренней структуры. Видимо, не так сидят. И при всех вариантах этой структуры минимум ресурсов выделяется именно на учетные работы по горбуше и кете. Попутно заметим, что на оценку запаса минтая в регионе трудовых ресурсов выделяется еще меньше!

С позиций ресурсов, выделяемых в ФГБНУ «СахНИРО» на изучение главных промысловых рыб региона – горбуши и минтая, он, несомненно, институт нерыбного хозяйства. А именно в приоритетном распределении ресурсов заключается главный потенциал для совершенствования прогнозирования. При адекватном учете, глядишь, и проявятся связи численности родителей с урожаем молоди, а его – с возвратом производителей.

ОБ ИСКУССТВЕННОМ РАЗВЕДЕНИИ ЛОСОСЕЙ

Возврат от молоди горбуши, выпущенной лососевыми рыболовными заводами, безусловно, есть – на одних ЛРЗ больше, на других меньше. Это подтверждается ее мечением как в советское время (*Хоревин, 1986; Любаева, 2005*), так и сейчас. Но эффективность искусственного разведения горбуши вовсе не так высока, как это изображается его адептами, и, во всяком случае, ниже естественного воспроизводства (*Стеколыцкова, 2015*). 10%-ные воз-

враты – это не более чем фантазии рыбодоводских руководителей. Напомним, что наибольшее снижение численности горбуши в регионе в последние годы произошло именно в центрах ее искусственного разведения – в зал. Анива, на юго-востоке Сахалина и о. Итуруп. В 2015 и 2017 гг. целый ряд горбушовых ЛРЗ региона не смог заложить плановое количество икры на инкубацию – ее просто не было, вследствие чего возобновилась порочная практика межбасейновых перевозок икры, а также закладки икры кеты на горбушовых ЛРЗ.

Относительно обеспечения рыбодоводных заводов производителями *И. Б. Котенев с соавторами (2006)* писал, что вся рыба, зашедшая в базовый водоем рыбодоводного завода и (или) пришедшая на забойку, является продукцией рыбодоводного завода. Увы, это совсем не так. Последние исследования по отолитному маркированию горбуши показали, что 70–75% рыб, используемых на забойках ЛРЗ в рыбодоводных целях, – естественного происхождения. А доля заводских рыб на естественных нерестилищах обычно составляет всего 5–25% (*Стекольников, 2015*). Таким образом, ЛРЗ просто «перемальвают» горбушу естественного воспроизводства. В результате, при недозаполненных нерестилищах базовых рек ЛРЗ (что обычно) регион за деньги получает то, что имел бы даром при оптимальном их заполнении.

Известный доклад председателя Ассоциации лососевых рыбодоводных заводов Сахалинской области А. С. Коваленко на рыбацкой конференции во Владивостоке в 2012 г., в котором в Сахалинской области предлагалось построить до 120 лососевых рыбодоводных заводов, так и назывался – «Рыбоводство – основа рыбохозяйственного комплекса». Тогда массового строительства ЛРЗ не случилось и, в свете состояния рыбодоводства к 2015 и 2017 гг., это и к лучшему. Сторонники рыбодоводства обычно изображают его путь как восхождение от одних успехов к другим. При этом умалчивается, например, опыт ЛРЗ «Тепловодский» и «Биджанский» (верхний Амур), которые, опустошив естественные нерестилища базовых водоемов, уже более 50 лет «работают» на перевезенной икре, разоряя уже нерестилища нижних притоков Амура. Опыт ЛРЗ «Ушковский» (Камчатка), который, «сожрав» за 60 лет своего существования изрядные деньги и уничтожив лососей в оз. Ушковское, в 1988 г. по настоянию Камчатского отделения ТИПРО был закрыт.

Шесть других камчатских ЛРЗ развалились еще на стадии строительства – в 50-х гг. прошлого века. Два камчатских ЛРЗ («Паратунский» и «Виллойский»), построенные уже в наше время, потребовали реконструкции сразу же после введения в строй, а те же ЛРЗ «Виллойский» и «Озерки» завозят икру из других водоемов. Четыре ЛРЗ в Магаданской области своих стад так и не создали, «работают» преимущественно на привозной икре, подрывая естественное воспроизводство в р. Яма. Весьма поучителен и опыт разведения кеты на ЭПРЗ «Рязановский» и ЛРЗ «Барабашевский» (Приморье) (*Курганский, Марковцевев, наст. сборник*). Примеры можно продолжать. В Сахалинской области ЛРЗ не только строили, но и закрывали из-за неэффективности («Ловецкий», «Парусный», «Ватутинский», «Пионерский», «Айнский»). Непродуманно построенные уже в наше время ЛРЗ «Залом» и «Пиленга» мало или вовсе неэффективны.

Разведение кеты в регионе имеет чуть больше практического смысла, чем горбуши. Это поняли и сами рыбодоводы, стихийно переходя от разведения горбуши к разведению кеты. Однако проекты перехода к широкомаштабному разведению кеты на Сахалине не имеют научного обоснования:

все известные водоисточники для этого разведаны еще японцами до 1945 г. и давно задействованы, а новые или не разведаны, или отсутствуют. Тем не менее, идея «большого скачка» в рыбоводстве Сахалина реанимируется. Так, один из его адептов вновь предлагает к постройке в регионе до 100 рыбоводных заводов. Что касается Правительства Сахалинской области, то оно в своих планах несколько скромнее – для Сахалина курс взят на строительство только 40 ЛРЗ.

Характерно, что при озвучивании этих планов всегда деликатно умалчивается о том, кто, где и как будет вылавливать искусственно воспроизведенную рыбу. Ведь разведение кеты на частных ЛРЗ – это не только вопрос воспроизводства, но и собственности. Первой ласточкой реализации этого проекта стало выделение в 2016 г. рыбоводных участков под кетовые ЛРЗ на трех реках юга Сахалина – Малинка, Пионерская и Дудинка, а вскоре и еще на пяти – Ловецкая, Черемшанка, Чеховка, Зырянская и Гастелловка, хотя областная Комиссия по определению границ рыбоводных участков прекрасно знала, что водоисточников для ее разведения на этих реках нет. Для последних пяти рек она, правда, сама же и отменила свое решение. Начинать разведение кеты необходимо с разведки водных ресурсов, выбора места расположения ЛРЗ (чтобы цеха хотя бы не заливало в паводки), а уж только потом начинать строить. Полагаем, что восемь этих проектируемых ЛРЗ предназначались не для воспроизводства кеты, а всего лишь для доступа к уже имеющемуся ее ресурсу.

Иная ситуация с разведением кеты – на южных Курильских островах, где в силу их геологического строения наличие новых водоисточников для ее разведения вполне возможно. Однако и здесь предварительно необходимо разобратся с резким снижением возврата кеты на ЛРЗ в 2016 и 2017 гг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В 2008–2017 гг. в Сахалинской области проводился эксперимент в области управления промыслом горбуши, предполагающий внедрение методов свободного рынка с минимизацией роли государства. Его результатом явились перелов, подрыв и истощение запасов горбуши. Как деликатно выражается наука, горбуша линии нечетных, урожайных поколений вошла в состояние депрессии. Восстановление численности горбуши невозможно без признания кризиса в управлении ее промыслом, до сих пор этого не сделано. Невозможно без жесткого вмешательства государства – с прекращением эксперимента и разгона неэффективного управления, в том числе и в науке.

Предлагаемые нами меры восстановления и поддержания численности горбуши – следующие:

- для поколения нечетных лет – запрет добычи горбуши в основных районах ее воспроизводства в 2019 и 2021 гг., организация оптимального заполнения нерестилищ;

- для поколения четных лет с 2018 г. значительное, в разы, снижение промысловой нагрузки, в особенности на юге Сахалина – от м. Терпения до м. Погиби, организация оптимального заполнения нерестилищ; начало путин не ранее начала массового хода горбуши;

- организация реальной охраны нерестилищ по примеру Ассоциации рыбопромышленников Смирныховского района;

- отказ от заключения договоров на речные РПУ;

– во изменение п. 18.15*в* в подзоне Восточно-Сахалинской и зоне Южно-Курильской запретить установку ставных неводов для добычи (вылова) тихоокеанских лососей на расстояние менее 2 км от устьев основных рек в обе их стороны;

– во изменение п. 31.6 Правил рыболовства для ДВ-бассейна запретить установку РУЗов на базовых реках горбушовых ЛРЗ; запретить установку рыбобводных забоек в основных руслах базовых рек ЛРЗ;

– во изменение п. 41*в* Правил рыболовства для ДВ-бассейна в подзоне Восточно-Сахалинской и зоне Южно-Курильской запретить установку центрального крыла ставного невода для добычи (вылова) тихоокеанских лососей на расстояние более 1 км от уреза воды;

– ввести мораторий на строительство новых горбушовых ЛРЗ в Сахалинской области;

– ввести мораторий на строительство всех видов ЛРЗ на северо-востоке Сахалина;

– ввести мораторий на строительство ЛРЗ по разведению кеты на горбушовых реках;

– ввести официальный запрет на перевозки икры между ЛРЗ и закладки икры кеты на горбушовых ЛРЗ;

– вернуть практику регулирования промысла тихоокеанских лососей в Сахалинской области на основе ОДУ и распустить Комиссию по регулированию добычи (вылова) анадромных видов рыб в Сахалинской области;

– Управлению науки и образования Росрыболовства привести структуру и тематику ФГБНУ «СахНИРО» в соответствие с приоритетными задачами рыбного хозяйства Сахалинской области (переориентирование большей части его трудового и финансового ресурса на прямой учет молоди и производителей лососей в реках региона на повторную паспортизацию наиболее проблемных по оценке нерестовых площадей водоемов);

– создать систему ООПТ для охраны горбуши в основных районах ее воспроизводства – в зал. Анива, на юго-востоке Сахалина, в зал. Терпения, на северо-востоке Сахалина и о. Итуруп.

Каковы перспективы восстановления численности горбуши и реализации наших предложений? Ни в одном докладе на лососевой конференции в Южно-Сахалинске 7–8 ноября 2017 г., кроме нашего доклада, не прозвучало ключевое слово «перелов». Не названо ни одно имя его организатора. Ранее так же, путем перелова, было подорвано стадо горбуши юго-запада Сахалина. И для него разрабатывались и внедрялись меры по восстановлению – правда, по «принципу кадрили»: шаг вперед – шаг назад. И так... в течение 50 лет. А стадо как было принято от японцев разоренным, так и пребывает в этом состоянии (*Шубин, Лисицын, 2016*). На восточном Сахалине история повторяется: даже после катастрофы 2015 г. идеология региональных рыбных управленцев не изменилась. Начинать восстановление численности подорванного поколения нечетных лет можно было уже в текущем, 2017 г. И даже наука вносила жесткие предложения – запрет лова в зал. Анива и Терпения, значительные ограничения лова на юго-востоке Сахалина. Но вот вернулся в ФГБНУ «СахНИРО» доктор А. М. Каев и сразу начался откат назад – это с его подачи на Комиссии в июле 2017 г. был открыт промысел в зал. Терпения. И жизнь немедленно доказала, что это была ошибка, – подходы оказались мизерными. И вот с такой покладистой наукой, с такими кадрами управленцев не только по квалификации, но и по

нравственным качествам, в регионе планируется восстановление численности горбуши? Что же касается ООПТ, то уже более года не выполняется решение Охинского городского суда о ликвидации рыболовецких станов на территории заказника «Северный». Более того, на деньги Правительства Сахалинской области была заказана разработка научных рекомендаций по легализации использования его территории для лова лососей. А еще управленцам предстоит понять, в чем разница между «нормой» и «оптимумом» заполнения нерестилищ, впереди на эту тему долгая дискуссия. Поэтому перспективы, увы, в тумане: «методом кадрили» численность горбуши не восстановить.

ЛИТЕРАТУРА

Антонов А. А. Биология и динамика численности горбуши зал. Анива (о. Сахалин). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2005. – 23 с.

Буслов А.В. http://fishnews.ru/rubric/krasnaya_putina_2015/9831. 2015a; <https://sakhalin.info/news/113048/2015b>.

Глубоковский М. К. <http://www.rusnevod.com/cgi-bin/rnev/start.cgi?info3=3138>. 2015.

Горбунов В. Не попадет ли горбуша в Красную книгу? «Советский Сахалин» от 10 сентября 2008; Заграждение на реке. На путине начинаются конфликты. «Советский Сахалин» от 12 августа 2009; Принцип – урвать побольше? Перегороженные реки повышают объем вылова горбуши, но подрывают будущее лососевого промысла на Сахалине. «Советский Сахалин» от 3 августа 2010a; Сети в устьях. Рыбоучетные заграждения – для учета или преграждения? «Советский Сахалин» от 23 июля 2010b; Вот и борись с браконьерами. Росрыболовство намерено превратить реки в промысловые участки. «Советский Сахалин» от 11 марта 2011a; Два километра вверх по течению. Принято решение о создании рыбопромысловых участков на реках. «Советский Сахалин» от 22 марта 2011b.

Гриценко О. Ф., Гришин А. Ф., Захаров А. В., Шелепаха Г. Н. Воспроизводство горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) о-ва Сахалин // Вопр. ихтиологии. – 1989. – Т. 29, вып. 3. – С. 377–386.

Гриценко О. Ф. Проходные рыбы острова Сахалин. Систематика, экология, промысел. М.: Издательство ВНИРО, 2002. – 248 с.

Дымов В. Плохие и хорошие заслоны. Споры вокруг рыбоучетных заграждений продолжают. «Советский Сахалин» от 27 июля 2011.

Данклин Т. Б. Избыточный пропуск на нерест: представляет ли это проблему? Изд-во Центра дикого лосося. 2005.

Котенев Б. Н., Гриценко О. Ф., Кловач Н. В. Об организации промысла тихоокеанских лососей. – М.: ВНИРО, 2006. – 32 с.

Ким Хе Юн. Особенности воспроизводства горбуши разных генеративных линий. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2005. – 21 с.

Каев А. М., Антонов А. А., Ромасенко Л. В., Руднев В. А., Чулахин В. М. Особенности динамики стада горбуши в южных районах ее воспроизводства в Сахалинской области // Бюл. № 1 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – 2006. – С. 196–202.

Лапко В. В. По поводу брошюры Б. Н. Котенева, О. Ф. Гриценко, Н. В. Кловач «Об организации промысла тихоокеанских лососей» (М.: ВНИРО, 2006) // Бюллетень № 1 Реализации «Концепции Дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – 2006. – С. 105–110.

Лашкаев А. Морской огород превращается в пустыню. «Сов. Сахалин» от 26.11.2011.

Любаева О. С. Воспоминания. Жизнь и работа сахалинского рыболова. М., 2005. – 84 с.

Островский В. И. О брошюре Б. Н. Котенева, О. Ф. Гриценко, Н. В. Кловач «Об организации промысла тихоокеанских лососей» (М.: ВНИРО, 2006) // Бюллетень № 2

Реализации «Концепции Дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – 2006. – С. 287–294.

Смирнов В. Лососю в реки ход уже заказан. «Советский Сахалин» от 12 апреля 2011а; Останется ли рыбная элита в наших реках. «Советский Сахалин» от 18 ноября 2011 б.

Стекольщикова М. Ю. Некоторые результаты мониторинга заводских стад горбуши зал. Анива (о. Сахалин) // Изв. ТИНРО. – 2015. – Т. 183. – С. 1–10.

Шунтов В. П. Перекрестки и тупики на путях проводимых ВНИРО реформ российской рыбохозяйственной науки // Бюллетень № 10 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем востоке. – 2015. – С. 178–186.

Шунтов В. П., Темных О. С., Шевляков В. А. Лососевая путина-2015: успехи и неудачи, контрасты «север–юг» // Бюл. № 10 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем востоке. – 2015. – С. 3–15.

Шунтов В. П., Темных О. С. Современные перестройки в морских экосистемах в связи с климатическими изменениями // Бюллетень № 6 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем востоке. – 2011. – С. 49–64.

Шевляков Е. А., Антонов Н. П., Паренский В. А., Бугаев В. Ф. О брошюре Б. Н. Котенева, О. Ф. Гриценко, Н. В. Кловач «Об организации промысла тихоокеанских лососей» // Бюл. № 1 Реализации «Концепции Дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – 2006. – С. 287–294.

Шубин А. О. 2015. Забытая катастрофа <http://sakhalin.info/weekly/107038/>. 2015.

Шубин А. О., Лисицын Д. В. Горбуша юго-запада: грабли, которые мы выбираем <https://www.sakhalin.info/weekly/116511>. 2016.

Хоревин Л. Д. Искусственное разведение тихоокеанских лососей в Сахалинской области // Биология моря. – 1986. – № 2. – С. 17–27.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОСПРОИЗВОДСТВА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ

В.алерий Н.иколаевич Ефанов

**ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет»,
yefanov.vn@mail.ru**

Представители рода тихоокеанских лососей по характеру размножения – специфическая экологическая группа пойкилотермных моноциклических видов, совершающих анадромные миграции. В зависимости от нерестового субстрата они относятся к литофильно-закапывающим, а по способу размножения – к видам, охраняющим потомство [17].

Исходя из специфической экологической приуроченности рассмотрим эффективность воспроизводства тихоокеанских лососей по разным этапам онтогенеза. Однако для того чтобы судить о воздействии абиотических и биотических факторов среды на эффективность их воспроизводства, кратко затронем такие два аспекта, как моноцикличность и анадромность.

В чем причина моноцикличности всех видов рода. Существует достаточно большое количество гипотез, объясняющих это явление. К примеру, **гипотеза истощения:** у рыб происходят значительные траты энергии в процессе анадромной миграции, а также на созревание половых продуктов, приводящие к необратимым нарушениям физиологических процессов в организме.

Инфарктная гипотеза – от поражения сердечно-сосудистой системы, от инфаркта миокарда, который возникает в результате внезапной смены среды обитания – перехода из морской среды в пресную. В стенках сосудов наблюдаются дистрофические, некротические явления.

Гипотеза гормональных изменений – некоторые гормоны, например, усиленно выделяющиеся кортикостероиды, выполняют функцию сигналов, включающих аппарат «самоубийства» клеток нерестующих лососей. Стресс признается основным фактором, приводящим к смерти рыб.

Генетическая гипотеза – посленерестовая гибель лососей связана с изменением структуры и функции генетического аппарата клеток рыб, то есть с изменениями на молекулярном уровне. Эти механизмы можно назвать «генетическими часами смерти».

Гипотеза биологической целесообразности – заключающаяся в том, что тихоокеанские лососи обеспечивают кормовую базу для своей молодежи. После нереста лососи, разлагаясь, поставляют в водоемы как основные биогенные вещества – такие, как углерод, азот и фосфор, так и макроэлементы.

В настоящее время наиболее распространена последняя гипотеза. В соответствии с ней олиготрофность водотоков и недостаток в эстуарных экосистемах биогенов покрывается за счет весьма существенной энергии, привносимой лососями из океана.

Из сказанного вытекает, что заполнение рек производителями – процесс, необходимый не только с позиции размножения и формирования численности потомства, но и с позиции формирования кормовой базы потомства.

Следующий экологический аспект – внутривидовая дифференциация лососей. Большинство исследователей отмечают, что у тихоокеанских лососей существует значительная биотопическая приуроченность, следствием чего считают ярко выраженный хоминг. Отсутствие последнего у горбуши и выдвижение гипотезы флюктуирующих популяций, по нашему мнению, – либо некорректность сбора материала, либо недостаток натуральных наблюдений [14, 15, 16].

Что касается горбуши Сахалино-Курильского бассейна, то у нее, по результатам наших исследований, выделены поколения четных и нечетных лет, между которыми существует темпоральная изоляция, – летняя и осенняя горбуша, нерест которых происходит на различных биотопах (биотопическая изоляция), и специфические комплексы, приуроченные к определенным территориям (территориальная изоляция). То есть у горбуши, как и у других видов лососей, налицо наличие различных типов популяционных структур [1, 2].

На **рисунке 1** представлена схема популяционной структуры горбуши юга Сахалина.

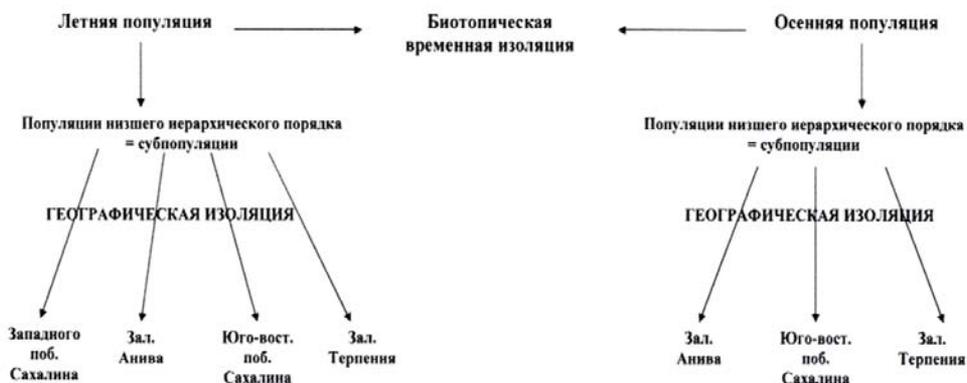


Рис. 1. Популяционная структура горбуши юга Сахалина

Нерест особей горбуши летней и осенней внутривидовых группировок на различных биотопах обязывает принять следующие управленческие решения: оптимальным заполнением производителями следует считать не общее количество рыб в водотоке, а оптимальное заполнение производителями биотопа каждой внутривидовой группировки.

Возникает вопрос – а что значит оптимальное заполнение нерестилиц. Как отмечено ранее, тихоокеанские лососи относятся к литофильно-закапывающим, нерестящимся, как правило, на перекатах. Не вдаваясь в подробности процесса нереста, заметим, что после откладки икры самка формирует так называемый нерестовый бугор, в основном овальной формы. Размер бугра зависит от вида – у горбуши он в длину до 1,5 м и 0,6 м в ширину. То есть его максимальная площадь равна 0,9 м². Исходя из плотности заполнения, при которой достигается наилучшая обеспеченность икры проточной водой, количество рыб на 100 м² нерестилиц должно быть в среднем равно 200 шт., при соотношении полов 1:1. Что касается других видов лососей, то оно оценивается в 80–120 шт.

Что позволяет достичь оптимального количества заходящих особей? Во-первых, отложить количество икры, позволяющее получить достаточное количество потомства, при котором обеспеченность икры, а в последующем эмбрионов и личинок, кислородом оптимальна. Во-вторых, размножение оптимального количества производителей обеспечивает достаточное количество основных биогенных элементов для последующего формирования кормовой базы в эстуарной зоне прибрежья. Кривая эффективности воспроизводства лососей от плотности заполнения нерестилищ производителями представлена на **рисунке 2**.

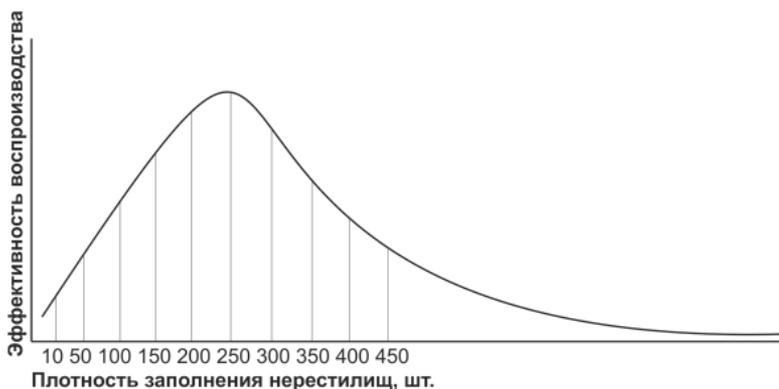


Рис. 2. Кривая зависимости эффективности воспроизводства от плотности заполнения нерестилищ

Судя по представленному рисунку, наивысшая эффективность воспроизводства по горбуше достигается при плотности заполнения, варьирующейся между 200 и 300 особями на 100 м² нерестовой площади. Обращает на себя внимание тот факт, что в том случае, когда в реки на нерест заходит менее 50 особей, эффективность воспроизводства уменьшается, налицо так называемый эффект Олли, ранее показанный на примере горбуши западного Сахалина [2].

При этом уменьшение эффективности происходит, несмотря на увеличение количества покатников от пары производителей, до 900–1 000 шт. Отсюда понятно, что причина низкой эффективности – следствие слабо развитой кормовой базы в эстуарной зоне, обусловленной недостаточным количеством поступающих биогенов от разложившихся производителей.

Следующий аспект нашего рассмотрения – это отнесение лососей, как организмов, к среде обитания (биотопу). Ряд исследователей относят их к эврибионтам на том основании, что они обитают в весьма разнообразных условиях среды. Однако лососи на разных этапах онтогенеза обитают в четырех, а некоторые в пяти экосистемах и при этом, по крайней мере в пресноводной лотической, а нерка и в ленточной, а также в эстуарных экосистемах, на ранних этапах онтогенеза весьма требовательны к условиям среды. Так, стенобионтность горбуши в речной период заключается в высокой требовательности ее особей к расходам воды и плотности, а в эстуарный – к термическому режиму и численности покатников.

Стенобионтность лососей на ранних этапах онтогенеза можно продемонстрировать кривой выживаемости, изображенной на **рисунке 3**.

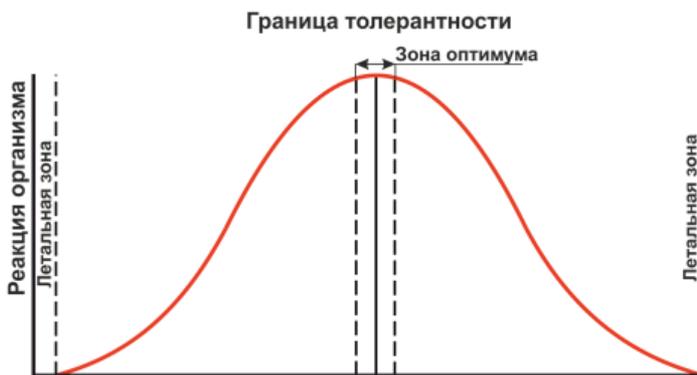


Рис. 3. Зависимость реакции организма от интенсивности действия фактора среды

Из **рисунка 3** следует, что отклонение среды от оптимума обитания пойкилотермного организма приводит к уменьшению выживаемости. Следует отметить, что чем больше сумма отклонений, накопленных в каждый день, тем выживаемость меньше, и наоборот. Именно на этой основе построены экологические модели для прогнозирования тихоокеанских лососей, жизненный цикл которых протекает в весьма различных по условиям среды экосистемах. В моделях, разработанных совместно с Е. И. Скалецкой [2, 6, 7, 8, 9], выживаемость представлена в зависимости от абиотических и биотических факторов [4, 5], по крайней мере, по трем этапам онтогенеза – таким, как нерест, эмбрионально-личиночный и ранний морской периоды жизни. Для построения интегральных моделей выживаемости достаточно использовать такие абиотические факторы, как расход или скорость воды в водотоках и температура воды в прибрежье, а из биотических – плотность как производителей, так и молоди.

Ниже представлены модели выживаемости по трем этапам онтогенеза.

Модель эффективности нереста в зависимости от расходов воды и плотности заполнения нерестилиц производителями (1).

$$E = \frac{1}{aP} (1 - e^{-aP}) \times \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e^{-\beta(V_i - V_0)^2}, \quad (1)$$

где: E – эффективность нереста; $P = n/S$ – плотность заполнения нерестилиц производителями; N – продолжительность нереста в сутках; V_i – скорость течения в i -е сутки нереста (м/сек); V_0 – некоторая оптимальная скорость течения воды; $a = 0,1$ при плотности P , измеряемой в экз./100 м²; β – коэффициент, принимающий два возможных значения: $\beta = \beta_1$, если $V_i \geq V_0$; $\beta = \beta_2$, если $V_i < V_0$.

Модель выживаемости горбуши в течение эмбрионально-личиночного периода в зависимости от скорости течения воды и плотности производителей (2).

$$\sigma = \alpha \rho r \left(- \frac{V_1 Q}{V_2 (V_2 - Q)} \right) \exp \left(- \gamma \sum_{i=1}^{N_1} (V_i - V^0)^2 \right), \quad (2)$$

где: σ – выживаемость в зависимости от плотности; Q – плотность икры на нерестилище; V_i – скорость течения воды в i -й день эмбрионально-личиноч-

ного периода ($i=1, \dots, N1$); N_i – продолжительность этого периода в сутках; V_o – оптимальное значение скорости течения воды.

Модель выживаемости горбуши в течение морского периода жизни в зависимости от численности покатников и температуры воды в прибрежье (3).

$$S_M = ANe^{-\gamma N} \sum_{i=1}^T N_i \exp \left\{ -\beta \sum_{j=0}^9 (t_{j+i} - t_{j+i}^0)^2 \right\} / \sum_{i=1}^T N_i, \quad (3)$$

где: S_M (%) – выживаемость от N (млн шт.); T – продолжительность ската в сутках; N_i – количество мальков, скатившихся в i -й день; t_i – температура воды в прибрежной зоне моря в i -й день; t_i^0 – оптимальное значение температуры в i -й день; k, β_j ($j=0 \dots k$) – константы.

Величина k означает количество дней, в течение которых молодь горбуши особенно чувствительна к условиям внешней среды, то есть k – это продолжительность периода адаптации.

Прогнозирование роста популяции тихоокеанских лососей на основе модели Рикера (потомство–родители) [18], а также им подобных [3] возможно для суждения о численности будущего поколения только в первом приближении. Значительная ошибка при использовании этих типов моделей в прогнозе – следствие того, что лососи – пойкилотермные организмы, и накопление изменений среды обитания у них, типичных стенобионтов на разных этапах онтогенеза, приводит к значительной вариабельности их выживаемости.

В заключение представим метод прогнозирования интенсивности возврата лососей в прибрежье, при этом отметим, что особям каждой внутривидовой группировки свойственны свои сроки возврата в прибрежную зону. При этом заметим, что этот метод был представлен ранее в различных изданиях [10, 11, 12, 13].

На **рисунках 4 и 5** представлены кривые среднесуточной интенсивности подхода горбуши к юго-восточному побережью Сахалина и динамика изменения соотношения полов по срокам хода.

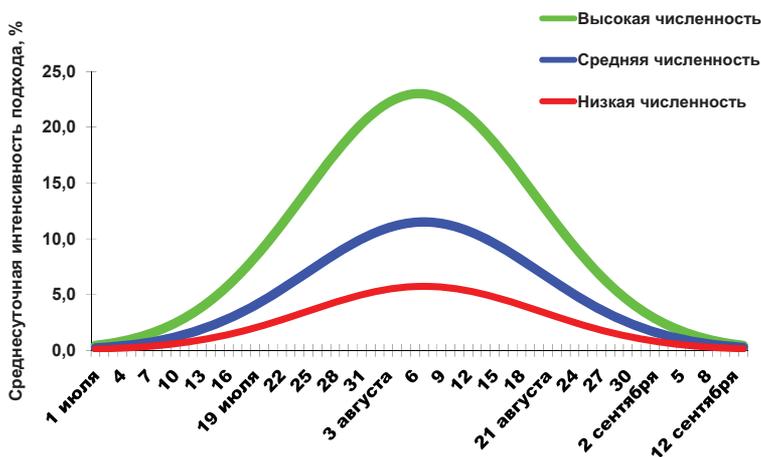


Рис. 4. Среднесуточная интенсивность подхода горбуши к юго-восточному побережью Сахалина

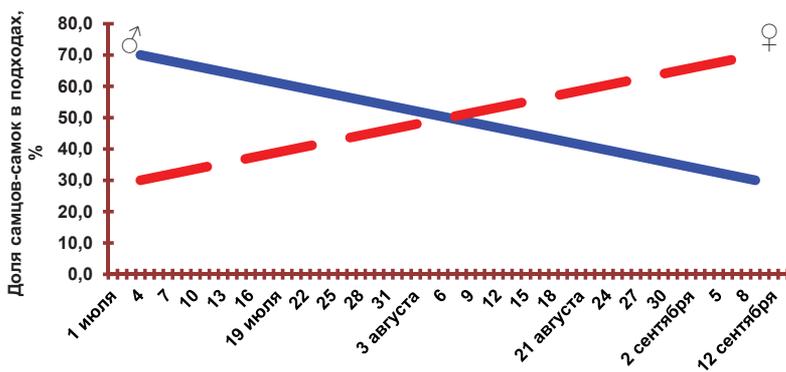


Рис. 5. Динамика доли самцов и самок горбуши

По представленным данным можно отметить так называемый «эффект кажущегося изменения сроков подхода рыбы в прибрежье в зависимости от численности поколения». Однако этот «эффект» – кажущееся явление, заключающееся в том, что при низкой численности возврат рыб незначителен и их вылов орудиями лова ничтожен. Отмеченная зависимость позволяет на основании данных по суточному вылову и динамике соотношения полов прогнозировать интенсивность подхода рыбы с недельной заблаговременностью.

В завершение работы представим основополагающие заключения, вытекающие как из настоящей работы, так и проделанных ранее исследований, довольно подробно представленных ранее в монографии [2].

1. Заполнение рек производителями – процесс как необходимый, так обязательный не только с позиции размножения и формирования потомства, но и с позиции формирования кормовой базы потомства.

2. Оптимальным заполнением производителей следует считать не общее количество рыб в водотоке, а оптимальное заполнение производителями биотопа каждой внутривидовой группировки.

3. Прогнозирование количества возвращающихся тихоокеанских лососей возможно только на основе экологических моделей, в которых по этапам онтогенеза рассмотрена зависимость выживаемости от абиотических и биотических факторов среды.

4. Исходя из постулата о том, что особям каждой внутривидовой группировки лососей свойственны свои сроки возврата на основе кривых среднесуточной интенсивности подхода и динамики изменения соотношения полов, возможно осуществлять краткосрочный прогноз подхода рыбы в прибрежную зону.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефанов В. Н. 1989. Популяционная структура горбуши, воспроизводящейся в реках Сахалинской области // Резервы лососевого хоз-ва Дальнего Востока: Сб. науч. тр. Владивосток. С. 52–65.
2. Ефанов В. Н. 2003. Организация мониторинга и моделирование запасов популяций рыб (монография). Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ. 258 с.
3. Ефанов В. Н., Евзеров А. В., Никулин О. А. 1978. Прогнозирование численности промысловых подходов лососей в СССР // Биология лососевых: Тез. докл. Междунар. четырехсторон. совещ. (СССР, США, Канада, Япония). Южно-Сахалинск, октябрь, 1978. С. 70–72.

4. Ефанов В. Н., Климов С. М. Некоторые аспекты исследования связей «среда–объект» на примере горбуши // Тез. докл. VII Всесоюз. конф. по промысловой океанографии, посвящ. 125-летию со дня рождения Н. М. Книповича (Астрахань, 19–21 мая 1987 г.). 1987. С. 213–214.
5. Ефанов В. Н., Климов С. М. 1990. Количественный анализ численности горбуши южных районов о-ва Сахалин. Математическое моделирование в популяционных исследованиях. Владивосток, ДВО АН СССР. С. 115–122.
6. Ефанов В. Н., Скалецкая Е. И. 1989. Математическое моделирование динамики численности южно-сахалинской горбуши. Депонировано в ВИНТИ. 22 с.
7. Ефанов В. Н., Скалецкая Е. И. 1990а. Математическая модель динамики численности популяции горбуши. Математические проблемы экологии // Тез. докл. 3 школы. Чита. С. 54.
8. Ефанов В. Н., Скалецкая Е. И. 1990 б. Краткосрочное прогнозирование численности популяции горбуши Юга Сахалина. Математическое моделирование в популяционных исследованиях. Владивосток. ДВО АН СССР. С. 108–114.
9. Ефанов В. Н., Скалецкая Е. И., Громова Н. П. 1988. Зависимость эффективности нереста горбуши от числа производителей и гидрологического режима нерестовых рек. Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования // Тез. докл. 12 школы семинара. Ростов-на-Дону. С. 294.
10. Ефанов В. Н., Чупахин В. М., Хоревин Л. Д. 1978а. Методика краткосрочного прогнозирования подходов горбуши к побережью. Биология лососевых. Владивосток: ТИНРО. С. 46–47.
11. Ефанов В. Н., Чупахин В. М., Хоревин Л. Д. 1978 б. Методика краткосрочного прогнозирования интенсивности подходов горбуши к побережью. Международное 4-стороннее (СССР, США, Канада, Япония) совещание по биологии тихоокеанских лососей. Владивосток. С. 65–67.
12. Ефанов В. Н., Чупахин В. М. 1980. Методика прогнозирования сроков и интенсивности подходов горбуши в побережье. Количественные методы в экологии животных. Л.: ЗИН АН СССР. С. 52–53.
13. Ефанов В. Н., Чупахин В. М. 1983. Колебания численности горбуши, воспроизводимой в реках Сахалино-Курильского бассейна, и некоторые факторы, ее определяющие // В кн.: Биологические основы развития лососевого хозяйства в водоемах СССР. М.: Наука. С. 98–102.
14. Животовский Л. А., Глубоковский М. К. 1989. Роль миграций и отбора в генетической дифференциации горбуши. Докл. АН СССР Т. 308 С. 1235–1240.
15. Животовский Л. А., Глубоковский М. К., Викторковский Р. М. и др. 1989. Генетическая дифференциация горбуши // Генетика. Т. 25. № 7. С. 1261–1274.
16. Животовский Л. А., Храмцов В. В., Глубоковский М. К. 1996. Модель динамики численности горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* // Вопр. ихтиологии Т. 36, № 3. С. 369–385.
17. Никольский Г. В. Экология рыб. Москва: Высшая школа, 1963. – 368 с.
18. Ricker W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Fish. Res. Board Canada. Bull. Vol. 191 P. 1–382.

Научное издание

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ
РАЗВИТИЯ ЛОСОСЕВОГО ХОЗЯЙСТВА
НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ

Научная конференция
(г. Южно-Сахалинск,
7–8 ноября 2017 года)

Материалы

Верстка, корректура – *Е. Б. Захарова*

Подписано в печать 25.06.2018 г.
Редакционно-издательская группа ФГБНУ «СахНИРО»
(г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196. Тел. 45-67-20)