

УДК 597.552.51–116

Г.В. Запорожец, О.М. Запорожец*

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

**СТРУКТУРА ВОЗВРАТА, ЧИСЛЕННОСТЬ
И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАВОДСКОЙ
И ДИКОЙ КЕТЫ В БАСЕЙНЕ РЕКИ ПАРАТУНКИ
(ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА) В 2010–2015 ГГ.**

Исследованы некоторые биологические характеристики кеты, возвращающейся на нерест в р. Паратунку. С 2009 г. отмечено увеличение численности производителей. В устьевых уловах выявлены три темпоральные группировки — летние ранняя и поздняя, а также осенняя, различающиеся по возрастной структуре и размерам особей. Возраст возврата на нерест у диких особей достоверно выше, чем у заводских, а размеры, масса и плодовитость не различались. Выживаемость от икры до возврата производителей у рыб естественного воспроизводства — 0,67 %, а искусственного — 0,28 %. Отмечено увеличение доли самцов у заводской кеты. На основе анализа структуры чешуи проведена идентификация происхождения особей: в устье главной реки доля заводских рыб составляла 44–48 %, на нерестилищах — 25–35 %, а у Паратунского ЛРЗ — 70–83 %. Определён стрейнг в разные локусы бассейна реки.

Ключевые слова: производители кеты, дикие и заводские, идентификация, биологические характеристики, структура группировок, стрейнг.

DOI: 10.26428/1606-9919-2017-190-49-61.

Zaporozhets G.V., Zaporozhets O.M. Structure of run, abundance and biological characteristics of hatchery and wild chum salmon in the basin of the Paratunka River (southeastern Kamchatka) in 2010–2015 // *Izv. TINRO*. — 2017. — Vol. 190. — P. 49–61.

Some biological parameters of chum salmon in the spawning runs to the Paratunka River (Avachinsky Bay, Kamchatka) are analyzed on the materials of ichthyological researches conducted in 2010–2015 (3699 specimens sampled), observations on filling of the spawning grounds, and fishery statistics. The age at return is defined using scale samples and the age structure of the spawning run both for wild and hatchery populations. The fish origin is determined by the scale circuli patterns in the zone representing the juvenile period, comparing the scale samples from natural spawning grounds and hatchery weir. Accuracy of this method is estimated in 82–99 %. Abundance of the spawners had the increasing tendency since 2009. Three runs with different age structure and size of the fish were observed in the lower river: in early summer, late summer, and fall. The elder wild chum ran to spawning while the body length, weight and fecundity were similar for both stocks. The hatchery stock had higher male : female ratio. Survival of the wild fish from egg to the return was estimated as 0.67 %, and of

* Запорожец Галина Васильевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: kamzaporozh@gmail.com; Запорожец Олег Михайлович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: zaporozhets.o.m@kamniro.ru.

Zaporozhets Galina V., Ph.D., leading researcher, e-mail: kamzaporozh@gmail.com; Zaporozhets Oleg M., D.Sc., leading researcher, e-mail: zaporozhets.o.m@kamniro.ru.

the hatchery fish as 0.28 %. Portion of the hatchery fish was 44–48 % at the Paratunka mouth and 25–35 % on the spawning grounds, whereas it was 70–83 % at the hatchery. The chum salmon's straying to certain loci of the river basin is determined.

Key words: chum salmon spawner, wild salmon, hatchery salmon, fish stock identification, biological parameter, fish stock structure, straying.

Введение

На юго-востоке Камчатки начиная с 2003 г. кета является преобладающим по численности и биомассе видом тихоокеанских лососей. Наиболее значительный вклад в запасы этого объекта вносят производители, возвращающиеся в р. Паратунку. В отдельные годы уловы этих рыб превышали 500 т (2003 г.).

Река Паратунка впадает в Авачинскую губу, неся свои воды со склонов Горелого и Вилучинского вулканов (рис. 1). Ниже впадения левых проток р. Карымшина главная река

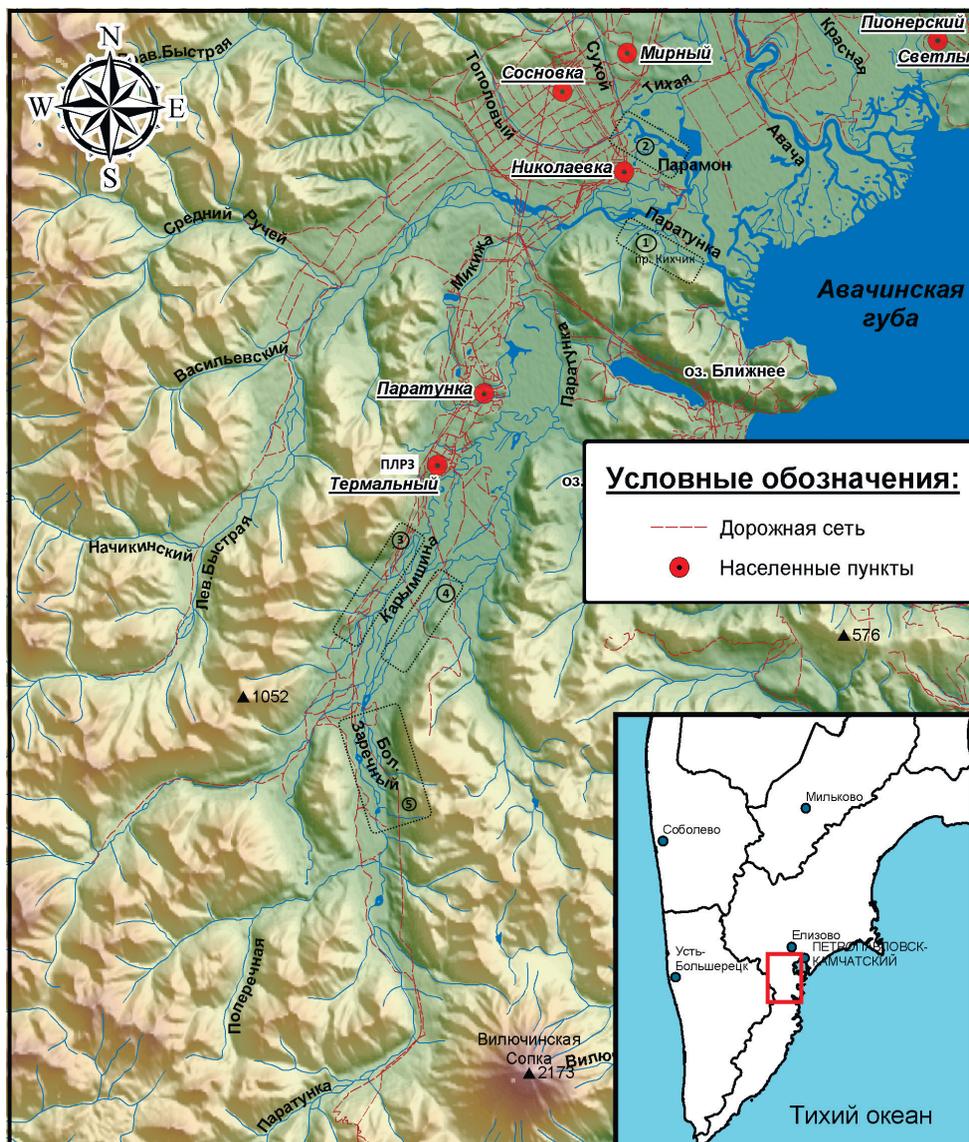


Рис. 1. Карта бассейна р. Паратунки масштаба 1 : 250 000 (подготовлена В.Е. Кириченко): ПЛРЗ — Паратунский ЛРЗ; 1–5 — основные районы нерестилищ кеты (1 — Кихчик, 2 — Николаевские, 3 — Карымшинские, 4 — Даниловские и 5 — Заречные) — показаны пунктиром

Fig. 1. Map of the Paratunka River basin in 1:250 000 (in courtesy of V.E. Kirichenko): ПЛРЗ — Paratunka salmon hatchery; 1–5 (outlined by dotted lines) — main spawning grounds of chum salmon (1 — Kichik, 2 — Nikolayevskiy, 3 — Karymshinskiy, 4 — Danilovskiy, and 5 — Zarechnyy)

делится на два рукава, которые, дробясь, текут соответственно по левому и правому краю долины до своего слияния напротив пос. Паратунка. Самые верхние нерестилища лососей («заречные») расположены до разделения Паратунки на рукава, две другие верхние группы — «карымшинские» и «даниловские» — в районах соответствующих протоков и ключей. Нижние «николаевские» нерестилища лежат в лимнокренах близ одноимённого посёлка, а самые нижние — на рукавах протоки Кихчик, вблизи устья главной реки.

В 30 км от бухты (недалеко от пос. Термального), рядом с левой паратунской протокой (Карымшина) на берегу ручья Трезубец расположен Паратунский лососевый рыболовный завод (ПЛРЗ), который выпускает до 20 млн экз. и более молодых кеты (и немного — кижуча). Для закладки икры сотрудники ЛРЗ отлавливают в низовьях большое количество производителей, изымая их из естественного воспроизводства.

Авторы изучают ресурсы лососей Авачинского залива (к бассейну которого относится р. Паратунка) не один десяток лет, настоящая работа является логическим продолжением предыдущих (Запорожец, 2006; Запорожец, Запорожец, 2008, 2011а; Запорожец и др., 2016, и др.). Цель этого исследования — анализ структуры и биологических характеристик возврата паратунской кеты в 2010–2015 гг. на основе идентификации происхождения особей.

Материалы и методы

В работе использованы материалы, собранные авторами в результате ихтиологических съёмок в бассейне Паратунки, а также сотрудниками Севвострыбвода на рыбоучётном заграждении Паратунского ЛРЗ в 2010–2015 гг. (всего 3699 экз., по годам соответственно 889, 722, 883, 481, 535, 189 экз.), и данные КамчатНИРО по заполнению нерестилищ и промысловой статистике за те же годы. Количество производителей в местах нереста при отсутствии авиаучётов рассчитывали по материалам наших наземных съёмок.

В период нерестового хода производителей ловили плавной сетью, преимущественно вблизи устья реки. На нерестилищах (рис. 1) в основном собирали мертвых рыб. Выборки живых производителей отлавливали там же для определения соотношения полов и после измерения и отбора проб чешуи отпускали. На Паратунском ЛРЗ и на его рыболовных станах также производили биологический анализ взрослых особей.

Идентификацию происхождения производителей кеты выполняли на основе «эталонных» выборок чешуи, взятых у рыб в местах естественного нереста на разных участках речного бассейна (условно — «дикие») и в рыбоучётном заграждении ПЛРЗ («заводские»). Для этого использовали особенности строения центральной зоны чешуи, формирующиеся в пресноводный и первый морской периоды жизни (Davis, 1987; Bernard, Myers, 1994; Запорожец, Запорожец, 2000).

На цифровых фотографиях чешуи измеряли радиусы всех склеритов в первой годовой зоне чешуи, затем рассчитывали межсклеритные промежутки, а также коэффициенты уравнений, описывающих изменение функции плотности склеритограмм. Для каждой эталонной выборки выполняли дисперсионный анализ данных и оценивали влияние номинальных составляющих на отдельные параметры чешуи. Затем отбирали наиболее значимые переменные, вводили их в модели и выполняли дискриминантный анализ. Точность классификации эталонов составляла 82–99 %. Затем для оценки эффективности моделей выполняли V-кратную кросс-проверку. Например, по данным за 2011 г. модель идентифицировала обучающие выборки с точностью $98,2 \pm 0,7$ %, а тестовые — $95,8 \pm 1,8$ %. Средняя цена классификации составила $4,2 \pm 1,8$ %.

После обчёта моделей производили классификацию остальных рыб (не вошедших в эталоны) по таблицам апостериорных вероятностей. Особи, вероятность отнесения которых к одной из групп была близка к 0,50 ($0,50 \pm 0,05$), относили к ряду «неидентифицированных». В качестве одного из проверочных тестов строили склеритограммы для идентифицированных групп и сравнивали их с исходными (для эталонных выборок) — их совпадение подтверждало высокий уровень дифференциации. По результатам классификации рассчитывали соотношение разных группировок в смешанных выборках. Сравнительный анализ биологических характеристик произ-

водителей кеты разного происхождения проводили, опираясь на результаты индивидуальной идентификации особей.

Результаты и их обсуждение

Численность кеты р. Паратунки, снизившаяся в период 2004–2008 гг., с 2009 г. начала расти (рис. 2), как и в большинстве других водоёмов Камчатки и в целом Дальнего Востока (Запорожец и др., 2013; Шунтов и др., 2014; Заварина, 2016; и др.). При этом доля промыслового изъятия паратунской кеты резко увеличилась по сравнению с периодом конца XX в. прежде всего за счёт морского лова в Авачинской губе.

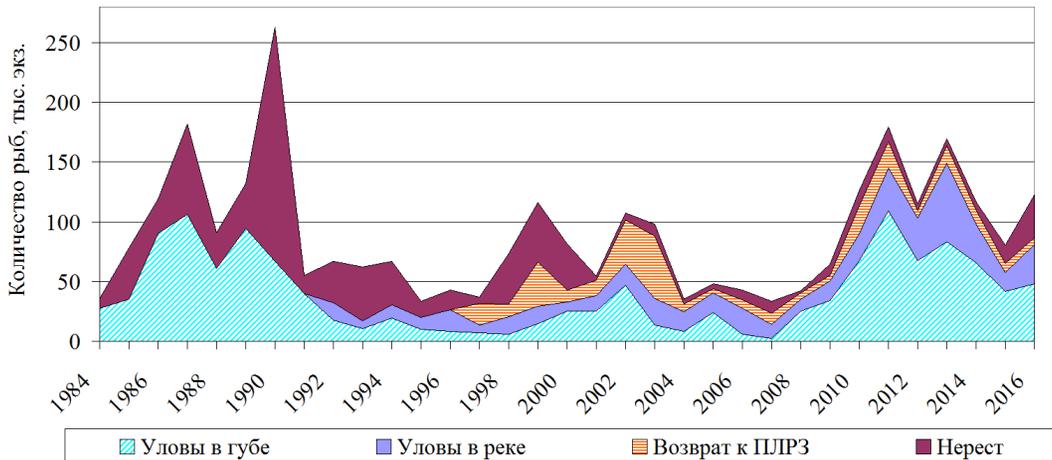


Рис. 2. Структура и динамика запасов паратунской кеты в 1984–2016 гг.

Fig. 2. Dynamics of the Paratunka chum salmon stock abundance and structure in 1984–2016

Как было отмечено нами ранее (Запорожец, 2006; Запорожец, Запорожец, 2008; Запорожец и др., 2016), нерестовый ход кеты в реке обычно продолжается с июня по конец сентября. Поскольку в настоящее время производители кеты, возвращающиеся в Паратунку, могут быть как естественного происхождения, так и заводского, мы сравнили динамику встречаемости в научных уловах в устье реки тех и других, что стало возможным после идентификации особей в смешанных выборках.

Как видно на рис. 3, где представлены усреднённые данные за 2010–2015 гг., заметные различия в форме гистограмм отсутствуют, за исключением более широкого временного диапазона у диких рыб, что можно объяснить большим разнообразием последних.

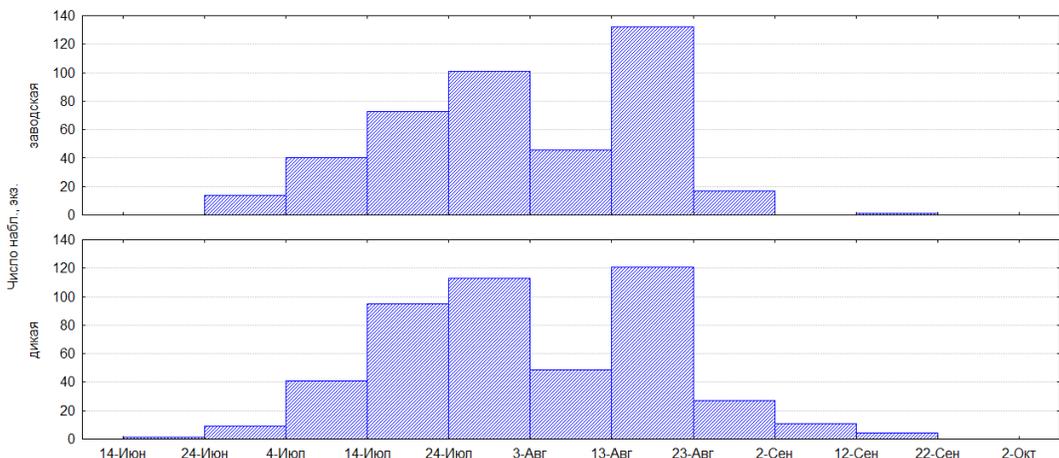


Рис. 3. Динамика встречаемости в научных устьевых уловах производителей паратунской кеты разного происхождения, усреднённая за период 2010–2015 гг.

Fig. 3. Seasonal dynamics of wild and hatchery spawners of chum salmon occurrence in research catches from the Paratunka mouth, averaged for 2010–2015

При детальном рассмотрении ежегодных паттернов нерестового хода (рис. 4) выявляются, как правило, две или три темпоральных группировки — «летняя раннего хода» (июнь-июль), «летняя позднего хода» (август) и «осенняя» (сентябрь), — характерных для тихоокеанских лососей, в том числе кеты (Николаева, Овчинников, 1988; Заварина, 1995; Николаева и др., 1995; Кузицин и др., 2008, 2010; Шунтов, Темных, 2008; Иванков и др., 2010). В то же время, как и на усреднённых гистограммах, структуры внутригодовых паттернов у заводских и диких рыб очень схожи, хотя более широкий диапазон последних заметен ещё лучше, в основном за счёт осенней кеты, которую бригады ЛРЗ почти не отлавливают, а значит и не включают в процесс разведения. Как следствие, нерестовый ход заводских рыб заканчивается раньше, чем диких.

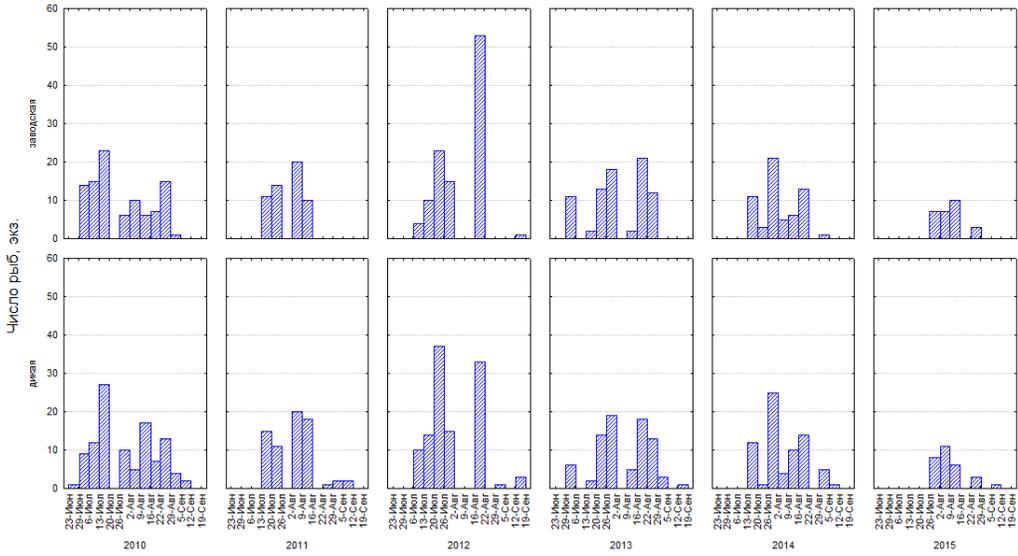


Рис. 4. Динамика встречаемости производителей паратунской кеты в устьевых исследовательских уловах 2010–2015 гг.

Fig. 4. Dynamics of chum salmon spawners occurrence in research catches from the Paratunka mouth in 2010–2015

Рассмотрение динамики «хода» (встречаемости в уловах) рыб разного возраста также обнаруживает наличие темпоральных группировок, причём шестилетки встречаются в основном среди летней кеты раннего хода, четырёх- и пятилетки — у диких во всех группах, а у заводских — только в летних (рис. 5).

Ранее было отмечено (Запорожец, Запорожец, 2011б), что в начале нерестового хода в Паратунку идут более крупные производители старших возрастов. Собрав достаточно данных, мы проанализировали возрастной и размерный состав темпоральных групп и выявили, что действительно рыбы летнего раннего хода достоверно ($p < 0,0001$) крупнее и старше идущих позже (табл. 1).

Таблица 1

Средний возраст и размеры производителей кеты разного времени хода из устьевых исследовательских уловов в период 2004–2015 гг.

Table 1

Average age and body length of chum salmon spawners in research catches from the Paratunka mouth in different times of the spawning run, averaged for 2004–2015

Группа	Возраст, годы	Длина АС, см	N, экз.
Летняя ранняя	3,82 ± 0,02	64,4 ± 0,1	822
Летняя поздняя	3,44 ± 0,02	61,7 ± 0,2	899
Осенняя	3,24 ± 0,09	58,0 ± 0,7	47

Кроме того, в каждом из основных возрастных классов раньше идут более крупные производители (табл. 2) ($p < 0,001$). Это одинаково относится как к диким особям, так и к заводским.

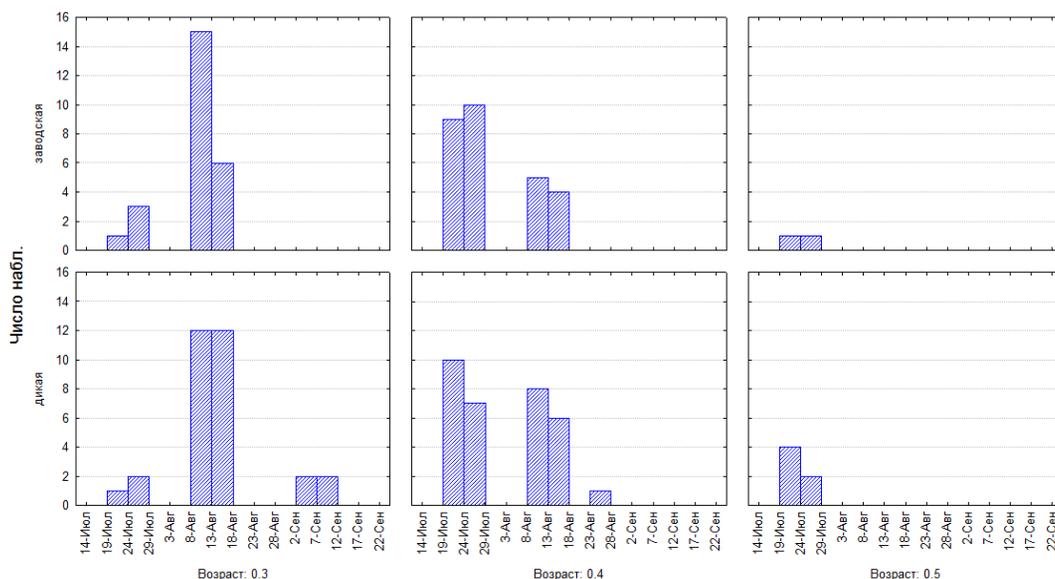


Рис. 5. Динамика встречаемости производителей паратунской кеты разного возраста и происхождения в устьевых исследовательских уловах на примере 2011 г.

Fig. 5. Seasonal dynamics of chum salmon spawners occurrence in research catches from the Paratunka mouth in 2011, by age and origin

Таблица 2

Размеры производителей кеты разного времени хода возраста 0.3 и 0.4 из устьевых исследовательских уловов в период 2004–2015 гг.

Table 2

Body length and weight of chum salmon spawners with age 0.3 and 0.4 in research catches from the Paratunka mouth, averaged for 2004–2015

Возрастной класс	Группа	Длина АС, см	N, экз.
0.3	Летняя ранняя	63,1 ± 0,3	230
	Летняя поздняя	60,9 ± 0,2	507
	Осенняя	58,4 ± 0,8	33
0.4	Летняя ранняя	64,7 ± 0,2	494
	Летняя поздняя	62,7 ± 0,3	335
	Осенняя	56,9 ± 1,7	9

Похожие данные получены К.В. Кузициным с соавторами (2008, 2010): производители кеты раннего хода в р. Коль крупнее, чем позднего. У других исследователей и на других реках (Смирнов, 1975; Николаева и др., 1995; Иванков и др., 2010; Череватая, 2012) тенденции противоположные.

Обращаясь непосредственно к возрастной структуре стада паратунской кеты, отметим, что в ней обычно присутствуют 4 класса: трёх-, четырёх-, пяти- и шестилетки (0.2–0.5), реже встречаются семилетки (0.6) и единично — восьмилетки (0.7). Однако возрастная структура заводских и диких рыб в 2010–2015 гг. несколько различается: если у первых модальный класс — 0.3, то у вторых — 0.4, причём и у самцов, и у самок (рис. 6). Отметим также, что трёхлетки (0.2) среди диких рыб практически отсутствуют.

Сравнение среднего возраста возврата в период 2010–2015 гг. (рис. 7) выявило достоверные различия ($p < 0,00001$) между особями разного происхождения: заводские производители младше диких (соответственно $3,46 \pm 0,02$ и $3,66 \pm 0,02$), особенно это заметно на самках.

Ранее мы обнаруживали аналогичные различия для кеты рек Паратунка и Авача (ЛРЗ Кеткино) (Запорожец, Запорожец, 2011б), а также оз. Большой Виллой (Виллюйский ЛРЗ) (Запорожец и др., 2012). Омоложение производителей заводской кеты отмечали и другие исследователи (Лысенко, Шабельский, 2002; Рослый, 2002; Горяинов и др., 2012; Иванков, Иванкова, 2015).

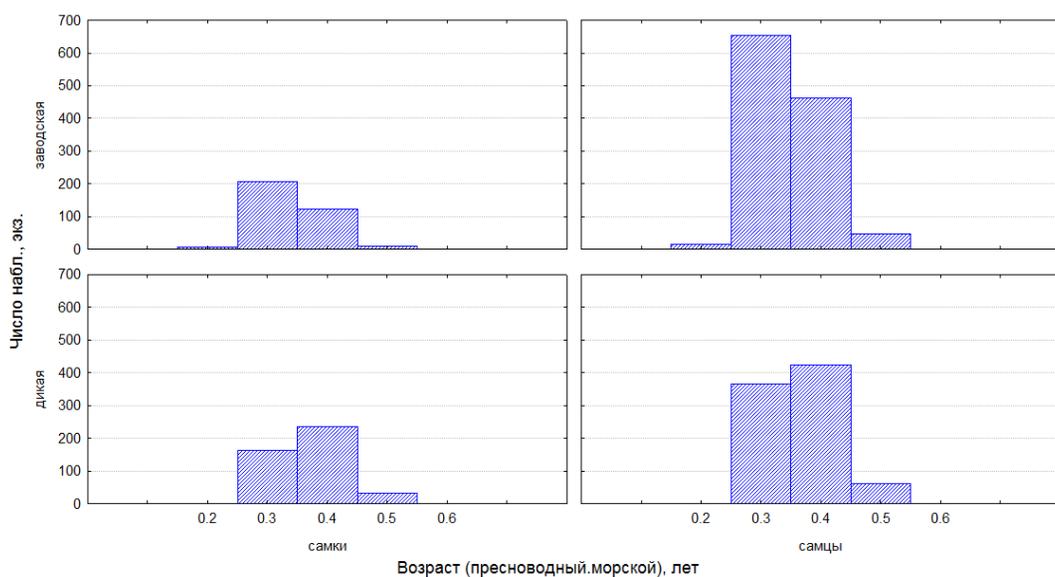


Рис. 6. Возрастная структура возврата заводской и дикой паратунской кеты в 2010–2015 гг.

Fig. 6. Age structure of the hatchery and wild chum salmon spawners in the Paratunka basin in 2010–2015

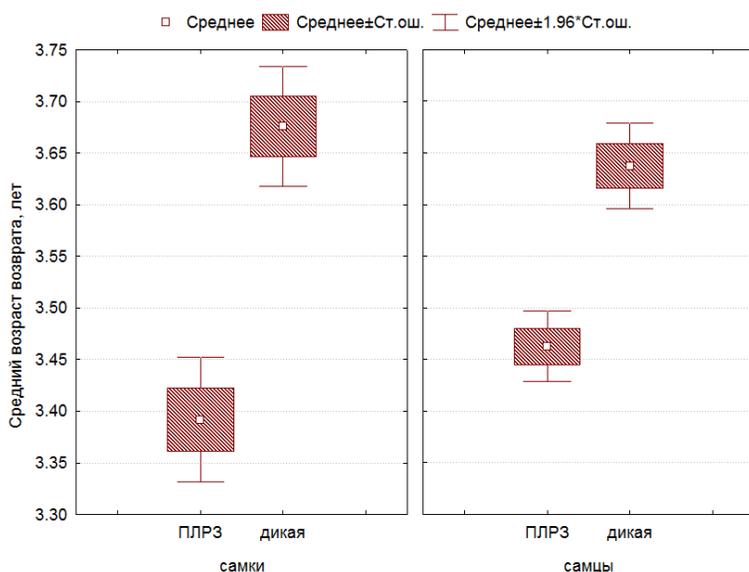


Рис. 7. Сравнение возраста возврата заводской и дикой кеты в бассейн р. Паратунки в 2010–2015 гг.

Fig. 7. Age at return for hatchery and wild chum salmon in the Paratunka basin in 2010–2015

Известно, что и другие виды заводских лососей созревают раньше диких и возвращаются более мелкими (Heath et al., 1994; Daugherty et al., 2003; Knudsen et al., 2006; Запорожец, Запорожец, 2011а; Запорожец и др., 2012).

В то же время анализ динамики среднего возраста возврата за период 1996–2015 гг. (с начала появления заводских производителей) свидетельствует, что этот показатель, колеблясь, снижался в последние 10 лет в обеих группах рыб (рис. 8), но различия в целом, как было отмечено выше, оставались.

С другой стороны, такие показатели, как длина, масса и плодовитость кеты разного происхождения, в период 2010–2015 гг. достоверно не различались (табл. 3), хотя ранее различия по этим показателям имелись (Запорожец, Запорожец, 2011б).

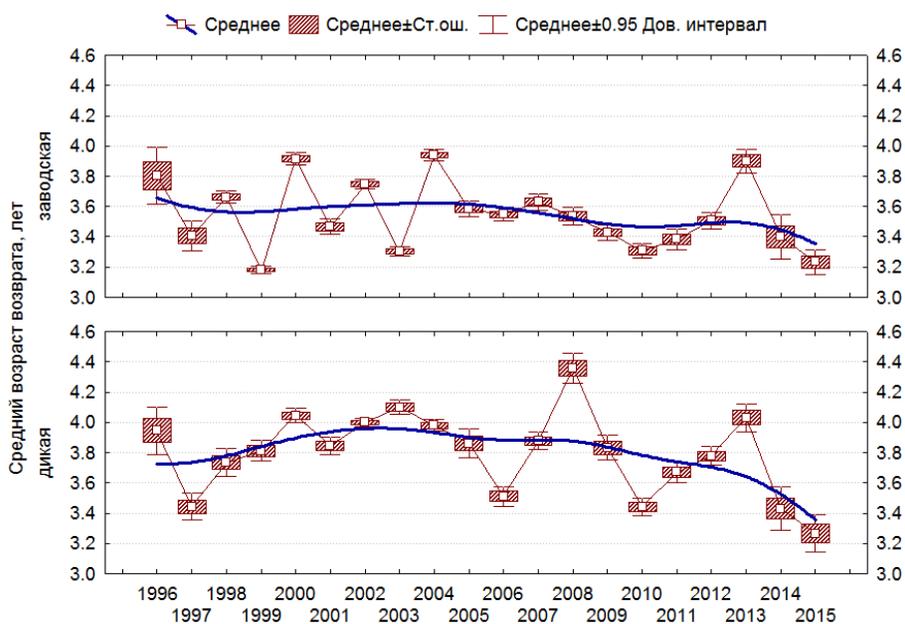


Рис. 8. Динамика возраста возврата у дикой и заводской паратунской кеты в период 1996–2015 гг.

Fig. 8. Dynamics of age at return for wild and hatchery chum salmon in the Paratunka basin in 1996–2015

Таблица 3

Биологические характеристики производителей кеты разного происхождения из устьевых исследовательских уловов в период 2010–2015 гг.

Table 3

Biological parameters of chum salmon spawners of different origin in research catches from the Paratunka mouth in 2010–2015

Происхождение	Масса, г	Длина АС, см	N, экз.	Плодовитость, экз.	N, экз.
Заводские	3176 ± 40	62,5 ± 0,2	424	2448 ± 37	177
Дикие	3119 ± 35	62,1 ± 0,2	471	2480 ± 33	235

Сравнение выживаемости от икры (нереста 1993–2009 гг.) до возврата производителей (в 1997–2015 гг., с учётом промысла) кеты разного происхождения выявило, что этот показатель у рыб естественного воспроизводства в 2,4 раза выше, чем искусственного (соответственно 0,67 и 0,28 %). При этом коэффициент возврата (выживаемость) от молоди, выпущенной с ПЛРЗ, — 0,38 %; аналогичные расчёты для диких покатников выполнить невозможно, поскольку отсутствуют репрезентативные данные по скату молоди кеты за исследуемый период.

Анализ соотношения полов у взрослых особей дикой и заводской паратунской кеты в период 2010–2015 гг. в устьевых исследовательских уловах (т.е. до отбора самок браконьерами) подтвердил, что самки и самцы естественного происхождения были, как обычно при подходе к реке, в равных количествах (Запорожец, Запорожец, 2008; и др.). У производителей же, вернувшихся от выпущенной с ПЛРЗ молоди, доля самцов в среднем за обозначенный период доходила почти до 60 %, достоверность гендерных различий по долевному критерию Фишера у заводских рыб — 99,9 % ($p < 0,001$). Подобные изменения половой структуры обнаружены и у выращиваемой чавычи (Zaugg et al., 1992; Anderson et al., 2013) и стальноголового лосося (Daugherty et al., 2003), что может быть связано с акселерацией роста в условиях искусственного воспроизводства.

Выполненная нами идентификация происхождения особей позволила не только сравнить биологические характеристики кеты заводского и естественного воспроизводства, но и оценить долю тех и других рыб в структуре возврата в разные локусы этого водного бассейна (табл. 4). Так, за период 2010–2015 гг. в устьевых исследовательских

уловах заводских производителей было от 44 до 48 % (в среднем 46 %), на нерестилищах — 25–35 (в среднем 27 %), а у Паратунского ЛРЗ — 70–83 % (в среднем 75 %). Близкие данные регистрировали и ранее (Запорожец, Запорожец, 2011б).

Таблица 4

Доля производителей паратунской кеты разного происхождения в структуре возврата в разные локусы бассейна в период 2010–2015 гг., %

Table 4

Percentage of chum salmon spawners of different origin in runs to different loci within the Paratunka basin in 2010–2015, %

Локус	Заводские	Дикие	Неидентифицированные
Устье	46	52	2
Нерестилища	27	72	1
У ПЛРЗ	75	21	4

Сравнение идентификации происхождения производителей, зашедших на нерест в 2014 г., по чешуе (наши данные) и отолитам (данные, предоставленные научным сотрудником КамчатНИРО Н.А. Растягаевой) дали сходные результаты как в устьевых уловах, так и в выборке у Паратунского ЛРЗ, что подтверждает надёжность нашей классификации.

Отдельно была проанализирована структура возврата кеты на разные нерестилища в бассейне Паратунки (см. рис. 1) по итогам чешуйной идентификации (табл. 5).

Таблица 5

Доля производителей кеты разного происхождения в структуре возврата на разные нерестилища р. Паратунки в период 2010–2015 гг., %

Table 5

Percentage of chum salmon spawners of different origin in runs to different spawning grounds within the Paratunka basin in 2010–2015, %

Нерестилища	Заводские	Дикие	Неидентифицированные
Кихчик	22	78	–
Николаевские	31	68	1
Карымшинские	37	61	2
Даниловские	15	85	–
Заречные	19	81	–

Как видим, максимальный стрейнг заводских рыб обнаружен на «карымшинских» нерестилищах, расположенных в непосредственной близости от ПЛРЗ, выше по левой паратунской протоке (см. рис. 1). Далее (по величине стрейнга) следуют «николаевские» нерестилища, рядом с которыми идёт основной отлов кеты для закладки икры на ЛРЗ. Минимальный же стрейнг отмечен на «даниловских» нерестилищах, лежащих в правых паратунских протоках, куда производители могут попасть только с места слияния правой и левой протоки (что заметно ниже ПЛРЗ). На самых верхних нерестилищах (район ручья Большого Заречного) доля заводских рыб чуть больше, чем на «даниловских», что отчасти можно объяснить наличием протоки, соединяющей этот участок с Карымшиной, а значит, вероятность проникновения туда заводских рыб увеличивается.

Стрейнг заводских лососей на различные естественные нерестилища был исследован и ранее (Pascual, Quinn, 1994; Казаков, 1997; Brenner et al., 2010, 2012; Dittman et al., 2010; Moffitt, 2010; Zhivotovsky, 2010; Westley et al., 2013; Keefer, Caudill, 2014; и др.). В частности, Р.В. Казаков (1997) писал, что наличие небольшого стрейнга обеспечивает виду определенный обмен генами между популяциями и, таким образом, способствует сохранению внутривидового биоразнообразия. С другой стороны, по мнению Л.А. Животовского (Zhivotovsky, 2010), а также Кифер и Каудил (Keefer, Caudill, 2014), даже небольшой стрейнг заводских рыб может полностью заместить близко расположенные естественные популяции, что приводит к потере их генетического фонда. Более того, многие специалисты склоняются к тому, что особи с нарушенным хомингом имеют и более низкий репродуктивный успех (Tallman, Healey, 1994; Lin et al., 2008; Brenner et al., 2012). Поэтому большинство исследователей этой проблемы

настаивают на разграничении (изоляции) заводских и диких рыб разными методами (Brenner et al., 2010; Dittman et al., 2010; Moffitt, 2010; и др.).

В специальном обзоре (Keefer, Caudill, 2014) авторы указывают, что отклонение взрослых лососей от мест, где они родились, связано с нарушениями эндокринной системы и нервных процессов у молоди, несформированностью импринтинга во время выращивания и последующей покатной миграции.

В.Н. Иванков и Е.В. Иванкова (2015) высказали аргументированное мнение, что попытки использования ключевых форм лососей для воспроизводства в районах, где имеются нерестилища преимущественно с подруловым потоком, и наоборот, малоуспешны, так же как и игнорирование особенностей темпоральной организации субпопуляций.

В свете этого процесс распределения заводских производителей кеты по разным локусам речного бассейна можно рассмотреть и под другим углом. Так, «николаевские» нерестилища — типично ключевые (Грибанов, 1948; Смирнов, 1975; Зорбиди, 2010), и именно там нерестуют поздняя кета и кижуч, которых отлавливают рыбоводы ПЛРЗ в месте слияния Николаевской и Коренной проток. Здесь «ключевая» кета недолго отстаивается, перед тем как уйти через Николаевскую протоку дальше на нерест, а «русовая» форма по большей части поднимается сразу вверх по Коренной протоке на нерестилища другого типа — «заречные» и часть «даниловских», поэтому вероятность отлова первых выше, чем вторых.

Далее, исходя из предпосылки, что рыбоводы закладывают на инкубацию в большей степени икру ключевой кеты и выпускают выросшую из неё молодь в средней части речного бассейна, можно предположить, что часть возвращающихся особей идут на те ключевые нерестилища, где родились их родители («николаевские»), вторая (большая) часть — в ручей Трезубец — к ПЛРЗ, где родились они сами, третья — на ключевые же нерестилища («карымшинские»), расположенные выше завода по той же протоке. Отчасти ещё и поэтому на нерестилищах другого типа (речных или русловых) — на протоке Кихчик, «заречных» и большей части «даниловских» заводской кеты меньше, чем на ключевых.

В целом же доля заводских рыб в реке, и в частности на естественных нерестилищах, довольно высока, что не может не вызывать тревоги, поскольку работами многих исследователей показаны генетические и экологические риски, связанные с тесным взаимодействием заводских и диких рыб, такие как снижение репродуктивных способностей и выживаемости, изменение фенотипических признаков. Учёные подчёркивают, что значительная доля заводских рыб может заметно снизить численность и продуктивность диких популяций (Reisenbichler, Rubin, 1999; Ford, 2002; Ford et al., 2006; Araki et al., 2008; Kostov, 2009, 2012; Zaporozhets, Zaporozhets, 2012; Hayes et al., 2013). По мнению Костов и Жоу (Kostov, Zhou, 2006), искусственное воспроизводство оказывает менее заметное влияние на естественные популяции лососей, когда доля заводских рыб не превышает 10–12 %.

По нашим данным, на нерестилищах паратунской кеты с 1998 по 2015 г. уровень стрейнга заводских рыб колебался около 30 %. При этом можно отметить снижение доли самок в местах нереста за счёт как их незаконного изъятия (Запорожец, Запорожец, 2008, 2011б), так и увеличения относительного количества самцов в заводском возврате (см. выше). Кроме того, уменьшение общего возраста возврата паратунской кеты в последние годы предположительно можно объяснить массовым проникновением заводских рыб на естественные нерестилища и, соответственно, смешанным нерестом.

В связи с этим считаем важным ограничение искусственного воспроизводства с целью поддержания оптимального соотношения диких и заводских лососей в базовых водоёмах ЛРЗ с акцентом на охрану естественного воспроизводства.

Заключение

Численность паратунской кеты после спада в 2004–2008 гг. начала расти, при этом увеличилась доля её промыслового изъятия.

В устьевых уловах выявлены три темпоральные группировки — летняя ранняя, летняя поздняя и осенняя, которые различаются по возрастной структуре и размерам особей: рыбы раннего хода достоверно крупнее и старше идущих позже. В основных

возрастных классах раньше на нерест идут более крупные производители. Кета осеннего хода практически не встречается среди заводских особей.

Возрастная структура заводских и диких рыб в 2010–2015 гг. достоверно различалась; у первых модальный класс 0.3, у вторых — 0.4; среди диких рыб практически отсутствовали трёхлетки (0.2). В последние 10 лет для особей обоих типов воспроизводства характерно общее снижение возраста возврата. Длина, масса и плодовитость кеты разного происхождения в период 2010–2015 гг. достоверно не различались, хотя ранее различия по этим показателям имелись.

Выживаемость (от икры до возврата производителей) у рыб естественного воспроизводства в 2,4 раза выше, чем заводского (соответственно 0,67 и 0,28 %). При этом коэффициент возврата (выживаемость) от молоди, выпущенной с ПЛРЗ, — 0,38 %.

Соотношение самцы/самки у производителей естественного происхождения в период 2010–2015 гг. в устьевых исследовательских уловах было равным 1, а у заводских доля самцов в среднем ~60 %, что может быть связано с акселерацией роста в условиях искусственного воспроизводства.

По результатам идентификации особей на основе анализа структуры чешуи, в смешанных уловах в устье главной реки доля заводских производителей составляла 44–48 %, на нерестилищах — 25–35 %, а у Паратунского ЛРЗ — 70–83 %. Максимальный стрейнг заводских рыб обнаружен на нерестилищах, расположенных в непосредственной близости от ПЛРЗ, минимальный — на нерестилищах, куда производители могут попасть только по другому руслу реки, в стороне от заводской протоки.

Различия возрастной и половой структуры, выживаемости кеты разного происхождения, а также высокий стрейнг рыб, выращенных на ПЛРЗ, требуют пристального внимания и дальнейшего изучения с целью сохранения и поддержания численности естественных популяций.

Список литературы

Горяинов А.А., Крупянок Н.И., Лысенко А.В. и др. Результаты рыбохозяйственного мониторинга кеты и горбуши в Приморском крае // Бюл. № 7 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2012. — С. 29–44.

Грибанов В.И. Кижуч (*Oncorhynchus kisutch* (Walb.)) (биологический очерк) // Изв. ТИНРО. — 1948. — Т. 28. — С. 43–101.

Заварина Л.О. Морфобиологическое описание «весенней» формы кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) бассейна реки Камчатки // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 1995. — Вып. 3. — С. 120–124.

Заварина Л.О. Некоторые данные о нерестовых подходах, вылове, количестве на нерестилищах и динамике численности поколений кеты р. Авачи (Восточная Камчатка) // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : мат-лы 17-й междунар. науч. конф. — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2016. — С. 72–75.

Запорожец Г.В. Исследования биологических характеристик и структуры нерестовой части популяций кеты естественного и заводского воспроизводства р. Паратунка (восточная Камчатка) // Изв. ТИНРО. — 2006. — Т. 145. — С. 86–102.

Запорожец Г.В., Запорожец О.М. Динамика запасов тихоокеанских лососей в бассейнах рек Авачинского залива (восточная Камчатка) в конце XX — начале XXI века // Изв. ТИНРО. — 2011а. — Т. 166. — С. 3–37.

Запорожец Г.В., Запорожец О.М. Лососевые рыболовные заводы Дальнего Востока в экосистемах Северной Пацифики : моногр. — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2011б. — 268 с.

Запорожец Г.В., Запорожец О.М., Зорбиди Ж.Х. Воспроизводство кеты и кижуча на Вилюйском лососевом рыболовном заводе (юго-восточная Камчатка) // Изв. ТИНРО. — 2012. — Т. 169. — С. 162–175.

Запорожец О.М., Запорожец Г.В. Дифференциация естественных и искусственно воспроизводимых популяций кеты (*Oncorhynchus keta*) по особенностям структуры чешуи // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана : сб. науч. тр. КамчатНИРО. — 2000. — Вып. 5. — С. 139–146.

- Запорожец О.М., Запорожец Г.В.** Лососи реки Паратунки (Восточная Камчатка): история изучения и современное состояние : моногр. — Петропавловск-Камчатский : СЭТО-СТ Плюс, 2008. — 132 с.
- Запорожец О.М., Запорожец Г.В., Зорбиди Ж.Х.** Динамика биологических характеристик производителей тихоокеанских лососей, возвратившихся в реки Авачинского залива (юго-восточная Камчатка) в 1989–2014 гг. // Изв. ТИНРО. — 2016. — Т. 184. — С. 23–40.
- Запорожец О.М., Запорожец Г.В., Зорбиди Ж.Х.** Динамика численности и биологические характеристики тихоокеанских лососей реки Большой (западная Камчатка) // Изв. ТИНРО. — 2013. — Т. 174. — С. 38–67.
- Зорбиди Ж.Х.** Кижуч азиатских стад : моногр. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2010. — 306 с.
- Иванков В.Н., Иванкова Е.В.** Антропогенное воздействие на внутривидовую эколого-темпоральную дифференциацию и структуру популяций тихоокеанских лососей // Изв. ТИНРО. — 2015. — Т. 181. — С. 23–34.
- Иванков В.Н., Иванкова Е.В., Кульбачный С.Е.** Внутривидовая экологическая и темпоральная дифференциация у тихоокеанских лососей. Эколого-темпоральные расы и темпоральные популяции кеты *Oncorhynchus keta* // Изв. ТИНРО. — 2010. — Т. 163. — С. 91–105.
- Казakov Р.В.** Биологическое разнообразие и механизмы его поддержания у атлантического лосося // 1-й конгресс ихтиологов России : тез. докл. — М. : ВНИРО, 1997. — С. 41.
- Кузицин К.В., Груздева М.А., Павлов Д.С. и др.** Структура локальной популяции и особенности биологии кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) реки Коль (западная Камчатка) // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : мат-лы 9-й междунар. науч. конф. — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2008. — С. 74–77.
- Кузицин К.В., Груздева М.А., Саввантова К.А. и др.** Сезонные расы кеты *Oncorhynchus keta* и их взаимоотношения в реках Камчатки // Вопр. ихтиол. — 2010. — Т. 50, № 2. — С. 202–215.
- Лысенко А.В., Шабельский Д.Л.** Влияние искусственного воспроизводства на линейно-массовые и возрастные показатели осенней кеты р. Нарва (залив Петра Великого) // Тез. докл. Всерос. конф. мол. ученых, посвящ. 140-летию со дня рожд. Н.М. Книповича. — Мурманск, 2002. — С. 128–129.
- Николаева Е.Т., Заварина Л.О., Николаева А.А.** Морфологическое описание «весенней» и «летней» кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) р. Хайрюзова и «весенней» кеты р. Камчатка (Камчатка) // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 1995. — Вып. 3. — С. 125–129.
- Николаева Е.Т., Овчинников К.А.** О внутривидовой структуре кеты *Oncorhynchus keta* на Камчатке // Вопр. ихтиол. — 1988. — Т. 28, № 3. — С. 493–497.
- Рослый Ю.С.** Динамика популяций и воспроизводство тихоокеанских лососей в бассейне Амура : моногр. — Хабаровск : Хабаровск. кн. изд-во, 2002. — 210 с.
- Смирнов А.И.** Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей : моногр. — М. : МГУ, 1975. — 335 с.
- Череватая А.Е.** Сравнительный анализ биологии и динамики численности летней и осенней кеты Хабаровского края на примере рек Дуки и Мы // Рыб. хоз-во. — 2012. — № 1. — С. 48–52.
- Шунтов В.П., Темных О.С.** Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2008. — Т. 1. — 481 с.
- Шунтов В.П., Темных О.С., Шевляков В.А.** «Провальная» лососевая путина — 2014: ожидаемый общий результат и более благоприятная оценка на путину–2015 // Бюл. № 9 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2014. — С. 3–10.
- Anderson J.H., Faulds P.L., Atlas W.I., Quinn T.P.** Reproductive success of captive bred and naturally spawned Chinook salmon colonizing newly accessible habitat // *Evol. Appl.* — 2013. — Vol. 6(2). — P. 165–179.
- Araki H., Borejikian B.A., Ford M.J., Blouin M.S.** Fitness of hatchery-reared salmonids in the wild // *Evol. Appl.* — 2008. — Vol. 1(2). — P. 342–355.
- Bernard R.L., Myers K.W.** The performance of quantitative scale pattern analysis in the identification of hatchery and wild steelhead : NPAFC Doc. 62. FRI-UW-8713. — Seattle : Univ. of Washington, 1994. — 19 p.
- Brenner R., Piston A., Moffitt S., Heintz S.** Hatchery pink and chum salmon straying into Prince William Sound and southeast Alaska streams // State of the Salmon, Conference 2010: Ecological Interactions Between Wild And Hatchery Salmon : presentation abstracts. — Portland, 2010. — P. 22.
- Brenner R.E., Moffitt S.D., Grant W.S.** Straying of hatchery salmon in Prince William Sound, Alaska // *Environ. Biol. Fish.* — 2012. — Vol. 94, Iss. 1. — P. 179–195. Doi: 10.1007/s10641-012-9975-7.
- Daugherty D.J., Sutton T.M., Greil R.W.** Life-history characteristics, population structure, and contribution of hatchery and wild steelhead in a Lake Huron tributary // *J. Great Lakes Res.* — 2003. — Vol. 29(3). — P. 511–520.

- Davis N.D.** Variable selection and performance of variable subsets in scale pattern analysis : INPFC Doc. FRI-UW-8713. — Seattle : Univ. of Washington, 1987. — 47 p.
- Dittman A., May D., Moser M. et al.** Spatial and temporal overlap of hatchery and wild spring Chinook salmon spawning: Effects of hatchery acclimation sites // State of the Salmon, Conference 2010: Ecological Interactions Between Wild And Hatchery Salmon : presentation abstracts. — Portland, 2010. — P. 21.
- Ford M.J.** Selection in Captivity during Supportive Breeding May Reduce Fitness in the Wild // Conservation Biology. — 2002. — Vol. 16, № 3. — P. 815–825.
- Ford M.J., Fuss H., Boelts B. et al.** Changes in run timing and natural smolt production in a naturally spawning coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) population after 60 years of intensive hatchery supplementation // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 2006. — Vol. 63, № 10. — P. 2343–2355.
- Hayes M.C., Reisenbichler R.R., Rubin S.P. et al.** Effectiveness of an integrated hatchery program: can genetic-based performance differences between hatchery and wild Chinook salmon be avoided? // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 2013. — Vol. 70, № 2. — P. 147–158.
- Heath D.D., Devlin R.H., Heath J.W., Iwama G.K.** Genetic, environmental and interaction effects on the incidence of backing in *Oncorhynchus tshawytscha* (Chinook salmon) // Heredity. — 1994. — Vol. 72, № 2. — P. 146–154.
- Keefner M.L., Caudill C.C.** Homing and straying by anadromous salmonids: a review of mechanisms and rates // Rev. Fish Biol. Fisheries. — 2014. — Vol. 24, Iss. 1. — P. 333–368. Doi: 10.1007/s11160-013-9334-6.
- Knudsen C.M., Schroder S.L., Busack C.A. et al.** Comparison of life history traits between first-generation hatchery and wild upper Yakima River spring Chinook salmon // Trans. Am. Fish. Soc. — 2006. — Vol. 135, Iss. 4. — P. 1130–1144.
- Kostow K.E.** Factors that contribute to the ecological risks of salmon and steelhead hatchery programs and some mitigating strategies // Rev. Fish Biol. Fisheries. — 2009. — Vol. 19, Iss. 1. — P. 9–31. Doi: 10.1007/s11160-008-9087-9.
- Kostow K.E.** Strategies for reducing the ecological risks of hatchery programs: Case studies from the Pacific Northwest // Environ. Biol. Fish. — 2012. — Vol. 94, Iss.1. — P. 285–310. Doi: 10.1007/s10641-011-9868-1.
- Kostow K.E., Zhou S.** The effect of an introduced summer steelhead hatchery stock on the productivity of a wild winter steelhead population // Trans. Am. Fish. Soc. — 2006. — Vol. 135, Iss. 3. — P. 825–841. Doi: 10.1577/T04-204.1.
- Lin J., Quinn T.P., Hilborn R., Hauser L.** Fine-scale differentiation between sockeye salmon ecotypes and the effect of phenotype on straying // Heredity. — 2008. — Vol. 101(4). — P. 341–350. Doi: 10.1038/hdy.2008.59.
- Moffitt S.** Prince William Sound hatchery salmon straying: preliminary models // State of the Salmon, Conference 2010: Ecological Interactions Between Wild And Hatchery Salmon : presentation abstracts. — Portland, 2010. — P. 31.
- Pascual M.A., Quinn T.P.** Geographical patterns of straying of fall chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum), from Columbia River (USA) hatcheries // Aquaculture and Fisheries Management. — 1994. — Vol. 25, Sup. 2. — P. 17–30.
- Reisenbichler R.R., Rubin S.P.** Genetic changes from artificial propagation of Pacific salmon affect the productivity and viability of supplemented populations // ICES J. Mar. Sci. — 1999. — Vol. 56, Iss. 4. — P. 459–466.
- Tallman R.F., Healey M.C.** Homing, straying, and gene flow among seasonally separated populations of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1994. — Vol. 51, № 3. — P. 577–588.
- Westley P.A.H., Quinn T.P., Dittman A.H.** Rates of straying by hatchery-produced Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) and steelhead (*Oncorhynchus mykiss*) differ among species, life history types, and populations // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 2013. — Vol. 70, № 5. — P. 735–746.
- Zapozhets O.M., Zapozhets G.V.** Some consequences of Pacific salmon hatchery production in Kamchatka: changes in age structure and contributions to natural spawning populations // Environ. Biol. Fish. — 2012. — Vol. 94, Iss. 1. — P. 219–230. Doi:10.1007/s10641-011-9932-x.
- Zaugg W.S., Bodle J.E., Manning J.E.** Changes in hatchery rearing and release strategies resulting from accelerated maturation of spring Chinook salmon by photoperiod control // NOAA Techn. Rept. NMFS. — 1992. — № 106. — P. 35–41.
- Zhivotovsky L.A.** Gene flow from an increased hatchery stock into wild populations of chum salmon // State of the Salmon, Conference 2010: Ecological Interactions Between Wild And Hatchery Salmon : presentation abstracts. — Portland, 2010. — P. 34.

Поступила в редакцию 7.06.17 г.

Принята в печать 12.07.17 г.