

УДК 639.3:597.552.51(282.257.5)

Д.В. Коцюк*

Хабаровский филиал ВНИРО (ХабаровскНИРО),
680038, г. Хабаровск, Амурский бульвар, 13а

ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В БАССЕЙНЕ Р. АМУР: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Представлены сведения об опыте искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей в р. Амур. Приведены обобщенные данные о выпусках молоди (главным образом осенней кеты *Oncorhynchus keta* Walbaum, 1792) с лососевых рыбоводных заводов (ЛРЗ) в бассейне р. Амур. Представлена информация о происхождении (местах сбора) и перемещении икры, закладываемой на инкубацию. Выявлены закономерности в динамике закладки икры на лососевые рыбоводные заводы различного географического расположения. Так, на ЛРЗ в бассейне среднего Амура (Тепловском и Биджанском) с момента создания икру для инкубации получали в основном из подходов производителей в базовые реки или собственно к заводам, однако в последующем (и в настоящее время) при снижении численности тихоокеанских лососей икра для инкубации передается преимущественно с ЛРЗ нижнего Амура (Удинский, Гурский и Анюйский). Эти ЛРЗ, в свою очередь, в первые годы работы (по-видимому, до формирования необходимой численности стад «заводского» происхождения) закладывали на инкубацию икру, полученную на временных рыбоводных пунктах, а впоследствии переходили на отлов производителей исключительно на подходах к своим садкам. При наступлении очередного периода снижения численности тихоокеанских лососей естественного и, вероятно, искусственного происхождения в бассейне р. Амур (с 2017 г.) Амурскому филиалу ФГБУ «Главрыбвод» для сбора необходимого количества икры, по-видимому, следует рассмотреть возможность возобновления работы временных рыбоводных пунктов. Сделано предположение, что значительные по объёмам внутри-, а также межбассейновые (из Охотского и Японского морей) перемещения икры кеты не могли не отразиться на ее генетическом разнообразии, популяционной структуре и генофонде в р. Амур. Для оценки эффективности ЛРЗ с 2015 г. начата работа по отолитному маркированию молоди, однако анализ динамики выпуска кеты и ее вылова уже сегодня свидетельствует об отрицательной зависимости между этими величинами. Увеличение объёмов выпуска молоди не обеспечило увеличение вылова производителей. Также количество производителей, подходящих к ЛРЗ, не зависит от количества выпущенной молоди в прошлом, а зависит от общей динамики численности лососей в бассейне р. Амур. Полагаем, что величина возврата молоди «заводского» происхождения изменяется параллельно с возвратом молоди кеты естественного происхождения, что, очевидно, связано с воздействием идентичных лимитирующих численность факторов в речной и морской периоды их жизни.

Ключевые слова: лососевые рыбоводные заводы, тихоокеанские лососи, осенняя кета, молодь, икра, выпуски молоди.

DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-530-550.

* Коцюк Денис Владимирович, кандидат биологических наук, заместитель руководителя, e-mail: dk-fish@mail.ru.

Kotsyuk Denis V., Ph.D., deputy director, Khabarovsk branch of VNIRO (KhabarovskNIRO), Amursky Boulevard 13a, Khabarovsk, 680038, Russia, e-mail: dk-fish@mail.ru.

Kotsyuk D.V. Artificial reproduction of pacific salmon in the Amur River basin: history, current state, prospects // *Izv. TINRO*. — 2020. — Vol. 200, Iss. 3. — P. 530–550.

Experience of pacific salmon artificial reproduction is discussed. Generalized data on juveniles (mostly fall chum salmon) release from hatcheries in the Amur River basin are presented. Information about the fish eggs origin (collection points) and transportation to incubation is provided. Some local features of salmon hatcheries are noted. Thus, the hatcheries in the middle Amur (Teplovsky and Bijansky) used previously the eggs collected in local tributaries of the Amur but recently, in conditions of low abundance of spawners, they transfer the eggs for incubation from fish farms located in the lower Amur. On the contrary, the hatcheries in the lower Amur (Udinsky, Gursky, and Anyuisky) collected the eggs in many dispersed sites in the beginning of their exploitation, but later, when local herds of artificial origin had appeared, they collected the eggs from producers coming to the hatcheries. This experience of eggs collection in dispersed temporary sites could be useful for periods of low stocks of pacific salmon in the Amur basin. The last such period started in 2017, so the fishery officials, as the Amur branch of Glavrybvod, can use this approach. Large transfers of chum eggs within the basin and from other rivers of the Okhotsk Sea and Japan Sea basins, presumably could affect genetic diversity, population structure and gene pool of this species. First results on evaluation efficiency of salmon hatcheries are discussed on the data of otolith marking started in 2015. Negative dependence of chum salmon catch on release of their juveniles is found: increasing of the juveniles output does not provide higher catches. Besides, the number of producers returned to hatcheries does not depend on the number of juveniles released from these hatcheries in the past, but corresponds with general dynamics of salmon stocks in the entire Amur basin. We believe that returns of chum salmon of wild and artificial origin have similar changes caused by same factors influencing on fish in the river and marine periods of their life.

Key words: salmon hatchery, pacific salmon, fall chum salmon, juvenile, fish egg, release of young fish.

Введение

Тихоокеанские лососи — одна из самых ценных (в коммерческом отношении) групп рыб, добываемых на Дальнем Востоке Российской Федерации. Экономика отдельных регионов целиком базируется на рыбном хозяйстве, в котором высокорентабельный промысел именно тихоокеанских лососей имеет первостепенное значение. Стратегия неистощимой эксплуатации запасов водных биоресурсов, в том числе и тихоокеанских лососей, основывается не только на рациональности их промысла, но и на их искусственном воспроизводстве как механизме, который может обеспечить пополнение молодь в случае крайне неблагоприятных условий естественного воспроизводства [Куманцов, 2008].

В научной литературе доминирует мнение преимущественно об отрицательном влиянии искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей и о неэффективности лососёвых рыбоводных заводов (ЛРЗ) [см. обзор: Запорожец, Запорожец, 2011]. Однако в настоящее время в каждом дальневосточном регионе сложилась сеть действующих ЛРЗ. Наиболее высокие коэффициенты возврата лососей достигнуты на ЛРЗ о. Сахалин и на Курильских островах [Любаева и др., 2000; Каев, Игнатъев, 2007]. Нельзя также не отметить и положительный опыт, полученный на отдельных ЛРЗ в Приморском крае [Марковцев, 2009]. Искусственное воспроизводство тихоокеанских лососей в бассейне р. Амур в литературе описано довольно скудно. В основном представлены общая информация и данные о динамике выпуска молоди [Беляев и др., 2000; Новомодный и др., 2004; Хованский и др., 2008; Белянский, Хованский, 2009], а также данные об оценках эффективности искусственного воспроизводства отдельных ЛРЗ или за ограниченный ряд лет [Васильев, 1954; Леванидов, 1954а, б; Рослый, 2002]. Целью настоящей работы является попытка обобщения всех имеющихся материалов по искусственному воспроизводству преимущественно осенней кеты *Oncorhynchus keta* Walbaum, 1792 (главным образом о происхождении икры, инкубируемой на рыбоводных заводах, ее перемещениях и динамике выпуска молоди) в бассейне р. Амур, а также общая оценка вклада искусственного воспроизводства в формирование запасов лососей в бассейне Амура.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили данные по выпускам молоди кеты с каждого ЛРЗ, а также по местам сбора икры и ее перемещениям для инкубации на конкретные ЛРЗ, предоставленные Амурским филиалом ФГБУ «Главрыбвод» и Амурским территориальным управлением Федерального агентства по рыболовству. Информация по формированию рыбоводных участков в целях пастбищной аквакультуры (рыбоводства) тихоокеанских лососей предоставлена Управлением рыбного хозяйства и рыбоводства Министерства сельского хозяйства, торговли, пищевой и перерабатывающей промышленности Хабаровского края. В работе использованы архивные материалы Хабаровского филиала ВНИРО, в частности по динамике вылова осенней кеты в р. Амур.

Статистическую обработку данных проводили в MSExcel, для определения достоверности различий использовали Т-критерий Стьюдента, а степень связи определяли по шкале Чеддока [Плохинский, 1970; Лакин, 1990; Ишханян, Карпенко, 2016].

Результаты и их обсуждение

Первый опыт искусственного воспроизводства кеты получен на частном ЛРЗ, организованном рыбопромышленником К.Л. Лавровым на притоках Нижнего Амура в 1909 г. (на р. Б. Чхильи, а с 1915 г. на р. Прауре). Работа завода продолжалась до 1920 г. и носила скорее экспериментальный характер из-за отсутствия эффективной и отработанной технологии искусственного воспроизводства. В 1920 г. предпринимались попытки организации ЛРЗ японцами, оккупировавшими часть территории Дальнего Востока [Кузнецов, 1912; Рыборазведение на Дальнем Востоке, 1924*; Запорожец, Запорожец, 2011].

В начале 1920-х гг. ЛРЗ были организованы уже более чем в 1000 км от устья р. Амур. Причиной их создания явилось снижение численности, а соответственно, и уловов кеты в 1920–1930-е гг. в бассейне Амура. Так, средний вылов осенней кеты в период с 1907 по 1915 г. составлял 24,1 тыс. т с максимумом в 1910 г. (40,2 тыс. т). В 1916 и 1917 гг. вылов снизился соответственно до 3,5 и 7,5 тыс. т. Средний вылов последующего (после 1915 г.) десятилетия составлял 10,7 тыс. т (от 3,5 до 21,8 тыс. т). Многочисленные исследования, выполненные в тот период времени, легли в обоснование строительства двух ЛРЗ на притоках среднего течения р. Амур [Кузнецов, 1912, 1926, 1928].

Первый рыбоводный завод — Тепловский — был построен в 1928 г. на оз. Теплом, соединяющемся через протоку с р. Бира, второй — в 1933 г. на притоке р. Биджан — ключе Федоткин (рис. 1).

В последующие четыре десятилетия (1940–1970-е гг.) продолжалось снижение уловов осенней кеты в р. Амур. В этот период вылов в среднем составлял 9,5 тыс. т (от 1,2 до 22,1 тыс. т). Это обстоятельство в очередной раз побудило к строительству еще двух ЛРЗ, но уже на притоках Нижнего Амура: Удинского ЛРЗ на р. Б. Уда, притоке р. Амгунь (1963 г.) и Гурского ЛРЗ на р. Хума, притоке р. Гур (1967 г.). Однако, несмотря на функционирование четырех ЛРЗ в бассейне р. Амур, в последующие 3 десятилетия (1980–2000-е гг.) наблюдались самые низкие уловы осенней кеты, которые в среднем составляли 2,9 тыс. т (от 0,5 до 6,9 тыс. т). Последним по времени постройкой ЛРЗ (2000 г.) в бассейне р. Амур является Анюйский (на р. Анюй) (рис. 1).

В настоящее время суммарная мощность ЛРЗ в бассейне р. Амур составляет: по закладке — 160,0 млн икринок (192,2 млн икринок с дополнительными мощностями на Биджанском ЛРЗ**); по выпуску молоди — 92,4 млн экз. навеской 0,5 г (табл. 1).

* Рыборазведение на Дальнем Востоке // Бюл. рыб. хоз-ва. 1924. № 1. С. 16–17.

** Дополнительные внезаводские мощности представлены теплицами на ручьях.

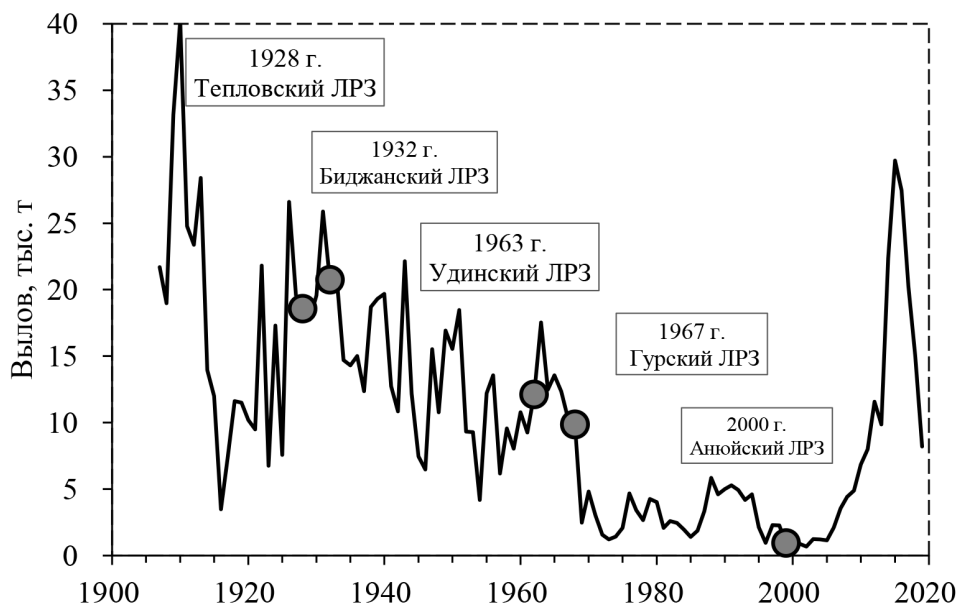


Рис. 1. Динамика вылова осенней кеты в бассейне р. Амур и хронология строительства лососевых рыбоводных заводов

Fig. 1. Dynamics of fall chum salmon catch in the Amur River basin and chronology of salmon hatcheries mounting

Таблица 1

ЛРЗ на р. Амур и их характеристики (по состоянию на 2020 г.)

Table 1

Salmon hatcheries on the Amur River and their characteristics in 2020

ЛРЗ	Год строительства	Мощность по закладке, млн икр.	Мощность по выпуску молоди, млн экз.
Тепловский	1928	48,0	17,4*
Биджанский	1933	63,0**	22,3***
Удинский	1963	24,2	11,4
Гурский	1967	12,6	10,0
Анюйский	2000	44,4	31,3

* Итоговая мощность по выпуску лимитирована наличием площадей для выдерживания личинок, выростных площадей достаточно для выращивания до 100,0 млн шт. молоди.

** В том числе 30,8 млн икринок в заводских условиях и 32,2 млн икринок на дополнительных мощностях.

*** В том числе 10,0 млн экз. молоди в заводских условиях и 12,3 млн экз. молоди на дополнительных мощностях.

Отметим, что Амур — один из немногих районов, в котором до недавнего времени не было ни одного частного ЛРЗ. Все вышеупомянутые рыбоводные заводы функционируют в системе ФГБУ «Главрыбвод» по программам искусственного воспроизводства. Однако в связи с очередным снижением уловов кеты в 2017–2019 гг. (после пика 2010–2016 гг.) представители органов власти различного уровня, рыбодобывающих организаций и общественность в очередной раз поднимают вопрос о необходимости строительства дополнительных ЛРЗ в бассейне р. Амур.

Федеральный закон от 02.07.2013 г. № 148-ФЗ «Об аквакультуре (рыбоводстве)» должен был интенсифицировать расширение сети ЛРЗ, однако ни одного полноценного частного рыбоводного завода в бассейне р. Амур до сих пор не построено. Хотя с 2014 г. было разыграно на аукционах 4 рыбоводных участка (РВУ) для развития пастбищной аквакультуры тихоокеанских лососей (табл. 2).

Состояние рыбоводных участков, созданных для пастбищной аквакультуры тихоокеанских лососей в бассейне р. Амур в 2015 г.

Fish farming areas for pasture aquaculture of pacific salmon in the Amur River basin

Река	Пользователь	Примечание
Лиманская	ООО «Амур Пасифик»	Деятельность не осуществляется
Аври	ООО «Амуррыбвод»	Договор аренды РВУ расторгнут
Ныгай	ООО «ВБР-Трейд»	Ведется строительство
Корюшка		Ведется строительство

Исключение составляет ИП КФХ К.А. Стариенко, построивший в с. Киселевка Ульчского района цех мощностью 0,65 млн экз. молоди. Данным предприятием в 2019 г. был осуществлен выпуск 30,0 тыс. экз. молоди, закупленной в Амурском филиале ФГБУ «Главрыбвод», в 2020 г. выпуск составил 47,0 тыс. экз. молоди осенней кеты, выращенной на ЛРЗ от производителей кеты из промышленных уловов.

ЛРЗ бассейна р. Амур географически можно разделить на 3 группы:

- 1) бассейна среднего Амура (Тепловский и Биджанский);
- 2) верхнего течения нижнего Амура (Ануйский и Гурский);
- 3) нижнего течения нижнего Амура (Удинский) (рис. 2).

Отметим, что искусственное воспроизводство тихоокеанских лососей в китайской части бассейна р. Амур не получило своего развития. В пик развития искусственного воспроизводства в Китае (в 1957–1969 гг.) суммарно выпущено порядка 16 млн экз. молоди осенней кеты, с 1988 г. работают 2 небольших ЛРЗ, суммарный выпуск которых ежегодно составляет около 1 млн экз. молоди осенней кеты [Сао Гуанбин и др., 2006]. Столь незначительный уровень искусственного воспроизводства лососей в КНР, по-видимому, связан с особенностями рельефа бассейна Амура в этой стране. Подавляющая часть бассейна здесь расположена на равнине, где отсутствуют горные хребты с выходами вод необходимых для развития лососей качества и температуры.

В рамках работы ежегодных встреч смешанной и рабочей Российско-Китайской комиссий в области рыболовства представители российской делегации предлагают обмен информацией в области воспроизводства осенней кеты и посещение действующих ЛРЗ, однако китайские коллеги уклоняются от предлагаемых им мероприятий. Несмотря на это в последние годы, видимо в свете снижения подходов осеней кеты в пограничные воды рек Амур и Усури, а соответственно и снижения уловов китайских рыбаков, представители китайской делегации на переговорах все чаще поднимают вопрос о снижении численности осенней кеты и актуальности ее искусственного воспроизводства.

Отметим, что изначально искусственное воспроизводство тихоокеанских лососей в бассейне р. Амур базировалось на более экономически выгодной расе кеты — осенней, имеющей большую в сравнении с горбушей *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) и летней кетой массу тела. Безусловно, в разные годы на лососевых рыбоводных заводах в бассейне Амура, по большей части в качестве эксперимента, занимались воспроизводством и других видов лососей — горбуши и нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792) (табл. 3). Однако эти опыты не получили широкого распространения. А целенаправленное воспроизводство летней кеты, которую планировали в качестве основного объекта воспроизводства на Удинском ЛРЗ, не было реализовано из-за сложностей с заготовкой производителей, их высокой смертности в период выдерживания, а также трудоемкости организации водоснабжения завода из русла р. Уда. В итоге экспериментальные работы по воспроизводству летней кеты не увенчались успехом, ЛРЗ перевели на подземное водоснабжение, и стали заниматься воспроизводством осенней кеты.

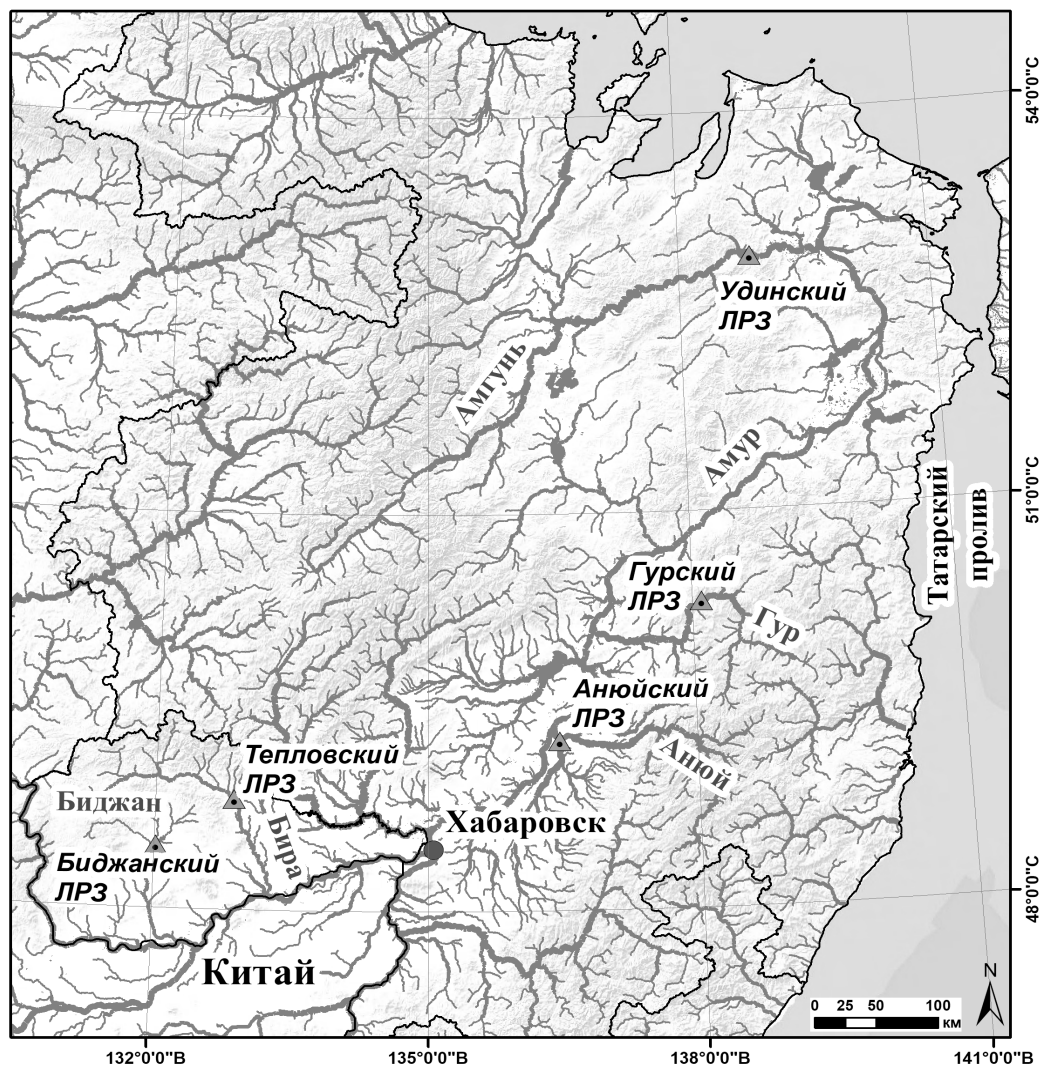


Рис. 2. Лососевые рыболовные заводы в бассейне р. Амур
 Fig. 2. Salmon hatcheries in the Amur River basin

Воспроизводство осенней кеты в бассейне р. Амур получило наибольшее распространение.

Тепловский ЛРЗ. За 91 год работы суммарно выпущено 1,810 млрд экз. молоди кеты. Среднемноголетние показатели выпуска составили 20,2 млн экз. (от 0,09 до 66,50 млн экз.). Динамика выпуска молоди кеты имела положительный тренд до 1962 г., когда выпуск достиг максимума в 66,50 млн экз. В последующие годы и по настоящее время количество выпускаемой молоди кеты уменьшается. Наблюдается значительный по продолжительности период с довольно малым количеством выпускаемой молоди: в 1990–2006 гг. средний выпуск составлял 2,10 млн экз. (от 0,09 до 6,76 млн экз.) (рис. 3).

Предполагаем, что основными причинами могут быть как биологические аспекты (снижение численности осенней кеты, а соответственно подходов производителей к садкам ЛРЗ), так и экономические (низкое финансирование рыболовных заводов после распада СССР). Однако именно в этот период создавались временные рыболовные пункты на реках Гур, Анюй, Амгунь и их притоках. По-видимому, экономические причины снижения количества выпускаемой молоди если и были, то явно не имели решающего значения.

Таблица 3

Объёмы выпуска молоди горбуши, нерки и летней кеты на лососёвых рыбоводных заводах в бассейне р. Амур, млн экз.

Table 3

Volumes of juvenile pink salmon, sockeye salmon and summer chum salmon release from salmon hatcheries in the Amur River basin, 10⁶ ind.

Год	Тепловский ЛРЗ	Биджанский ЛРЗ	Удинский ЛРЗ	
	Нерка	Горбуша	Горбуша	Кета летняя
1930	0,324	–	–	–
1931	1,504	–	–	–
1932	7,338	–	–	–
1933	5,578	–	–	–
1964	–	–	–	1,746
1965	–	–	0,124	0,057
1966	–	–	2,188	0,244
1967	–	–	2,960	2,234
1968	–	–	0,848	0,142
1969	–	–	0,795	0,748
1970	–	3,070	0,194	–
1971	–	–	–	0,204

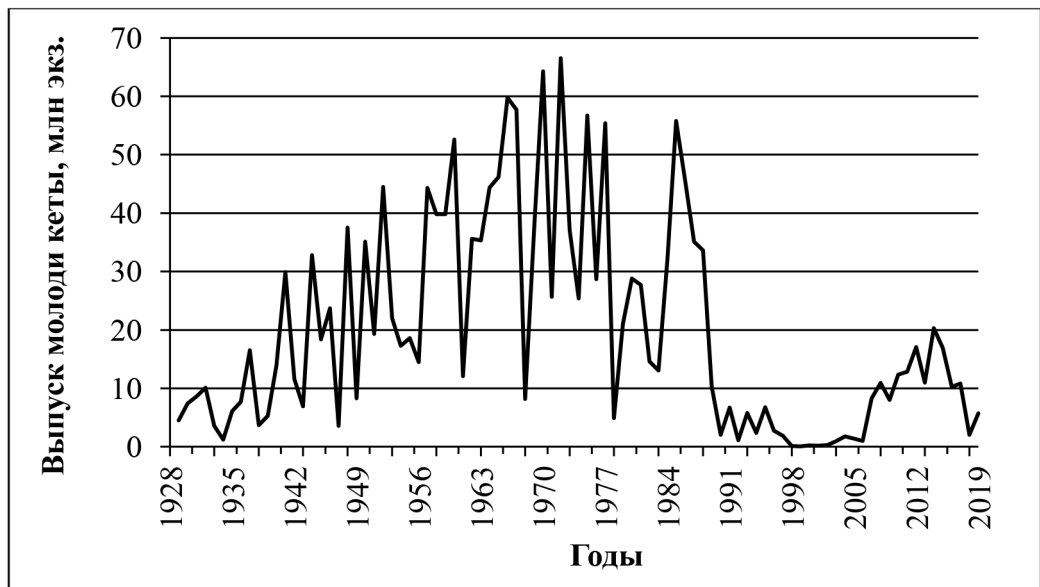


Рис. 3. Динамика выпуска молоди кеты с Тепловского ЛРЗ

Fig. 3. Dynamics of juvenile chum salmon release from Teplovsky hatchery

Практика передачи икры на инкубацию с других рыбоводных заводов и с временных пунктов сбора икры для инкубации на Тепловском ЛРЗ начата с 1981 г. Первые сборы проводились на Биджанском ЛРЗ, суммарно за 7 лет передано 30,78 млн икринок. С 1991 г. организовали сборы икры на р. Гур, а также передавали излишки икры с Гурского ЛРЗ, суммарно за 17 лет передано для инкубации 120,51 млн икринок. С 2006 г. велись работы на временных рыбоводных пунктах на р. Анюй, а в последующем — на Анюйском ЛРЗ. Всего за 5 лет передано 17,21 млн икринок. В связи с очередным снижением уловов осенней кеты в р. Амур и сокращением подходов производителей с 2017 г. уже к Анюйскому и Гурскому ЛРЗ для Тепловского ЛРЗ начали проводить сборы икры на Удинском ЛРЗ, за 3 года передано на инкубацию 13,36 млн

икринок. В последние десятилетия доля завозимой на инкубацию икры постепенно увеличивалась и в настоящее время составляет 100 % (рис. 4).

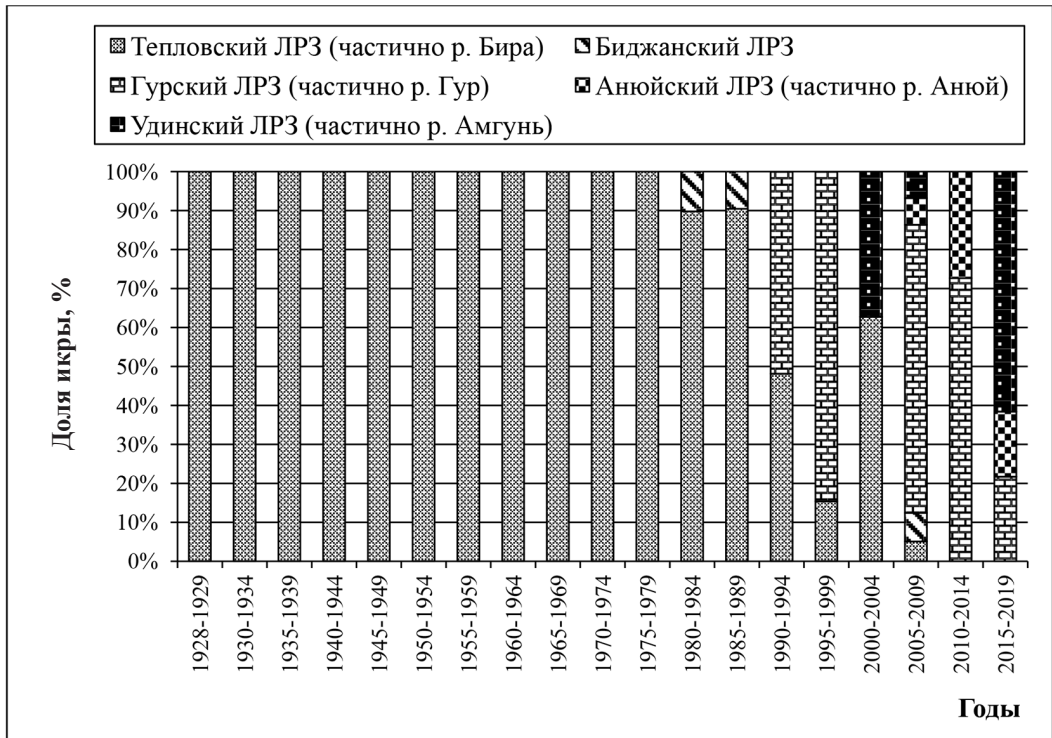


Рис. 4. Доли икры осенней кеты различного происхождения, инкубируемой на Тепловском ЛРЗ

Fig. 4. Percentage of eggs from fall chum salmon of different origin incubated in Teplovsky hatchery

Биджанский ЛРЗ. За 86 лет работы суммарно выпущено 1,085 млрд экз. молоди кеты. Динамика выпуска молоди имела положительный тренд до 1975 г., когда выпуск достиг максимума в 40,0 млн экз. Среднегодовое количество выпуска за всю историю наблюдений составило 12,7 млн экз. (от 0,3 до 40,0 млн экз.). В последующие годы и по настоящее время количество выпускаемой молоди кеты уменьшалось, причем, как и в случае с Тепловским ЛРЗ, здесь также наблюдался провал в количестве выпускаемой молоди в 1990–2005 гг. Средний выпуск в этот период составлял 2,1 млн экз. (от 0,3 до 8,1 млн экз.), что в основном связано со снижением подходов производителей к садкам рыбозаводского завода (рис. 5).

Для выполнения плана по закладке икры и выпуску необходимого количества молоди вынужденно прибегли к практике передачи икры на инкубацию с других рыбозаводских заводов и с временных пунктов сбора икры. С 1991 г. икра для инкубации передавалась с р. Гур и Гурского ЛРЗ, суммарно за 14 лет собрано и передано 103,66 млн икринок, с 2005 г. с р. Анюй и с Анюйского ЛРЗ суммарно за 9 лет собрано и передано 109,60 млн икринок, а с 2017 г. с Удинского ЛРЗ за 3 года собрано и передано на инкубацию 5,68 млн икринок. Аналогично Тепловскому на Биджанском ЛРЗ в настоящее время практически 100 % инкубируемой икры завозится (рис. 6).

Удинский ЛРЗ. За 56 лет работы суммарно выпущено 0,489 млрд экз. молоди кеты. Среднегодовое количество выпуска 8,7 млн экз. (от 0,57 до 21,28 млн экз.). По аналогии с Тепловским и Биджанским ЛРЗ на Удинском заводе отмечались периоды с низкими подходами производителей, самый продолжительный из них пришелся на конец 1990-х — начало 2000-х гг., средний выпуск в этот период составлял 2,7 млн экз.

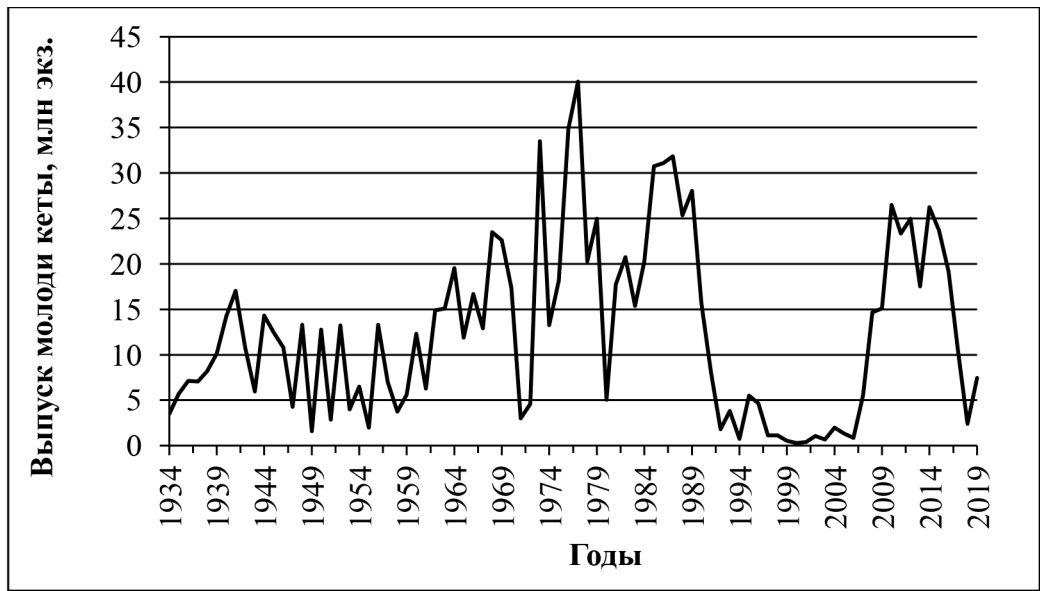


Рис. 5. Динамика выпуска молоди кеты с Биджанского ЛРЗ
 Fig. 5. Dynamics of juvenile chum salmon release from Bijansky hatchery

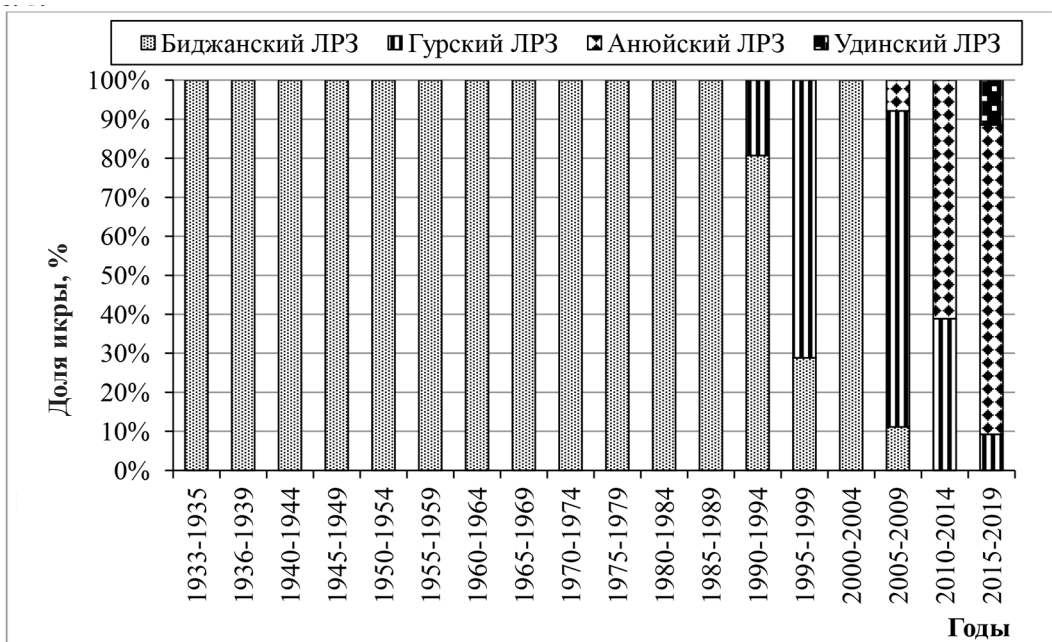


Рис. 6. Доли икры осенней кеты различного происхождения, инкубируемой на Биджанском ЛРЗ

Fig. 6. Percentage of eggs from fall chum salmon of different origin incubated in Bijansky hatchery

экз. (от 0,6 до 6,1 млн экз.). Провальными по закладке икры были также отдельные годы в конце 1970 и 1980-х гг. Какого-либо явного тренда в динамике закладки икры и выпускаемой молоди не отмечается (рис. 7).

В отличие от ЛРЗ, расположенных на Среднем Амуре (Тепловского и Биджанского), на Удинском ЛРЗ с самого начала работы применили практику завоза икры.

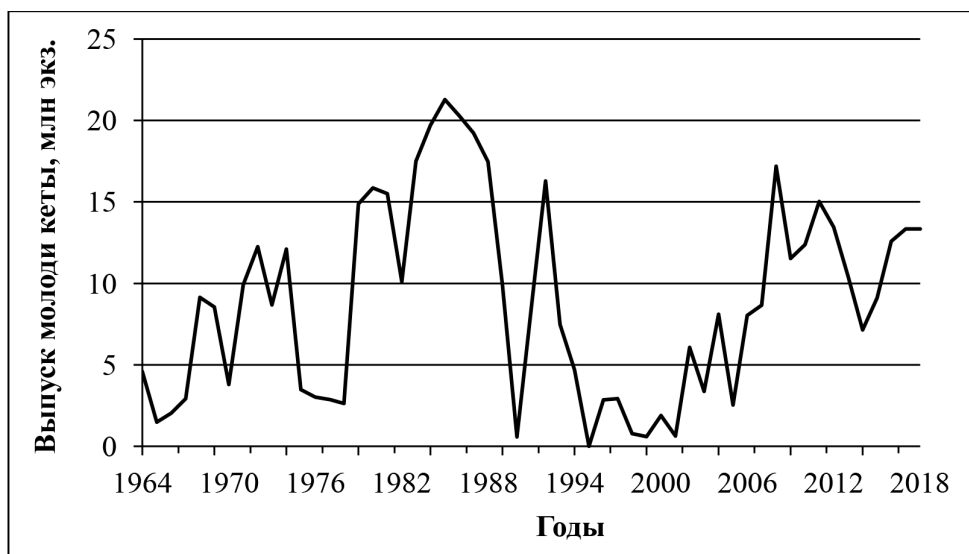


Рис. 7. Динамика выпуска молоди кеты с Удинского ЛРЗ
 Fig. 7. Dynamics of juvenile chum salmon release from Udinsky hatchery

По-видимому, в р. Большая Уда (базовая для ЛРЗ) количество приходящих производителей для закладки икры на инкубацию было недостаточным. В 1969–1979 гг. икру завозили с р. Иска (Сахалинский залив Охотского моря), суммарно за 12 лет собрано 62,94 млн икринок, а с середины 1970-х и практически до начала 2000-х гг. активно использовали временные пункты по сбору икры на реках в бассейне р. Амгунь — Сомя, Камакан — и, собственно, на самой р. Амгунь, суммарно за 18 лет собрано 188,223 млн икринок (рис. 8).

В настоящее время количества производителей, подходящих к садкам Удинского ЛРЗ, достаточно для 100 %-ной закладки в инкубаторы. Дополнительно на Удинском ЛРЗ в настоящее время проводятся сборы икры для Тепловского и Биджанского ЛРЗ (см. рис. 4, 6).

Гурский ЛРЗ. За 52 года работы суммарно выпущено 0,320 млрд экз. молоди кеты. Среднемноголетние показатели выпуска — 6,1 млн экз. (от 0,34 до 16,04 млн экз.). По аналогии с другими ЛРЗ на Гурском отмечались периоды с низкими подходами производителей. Провальными по выпуску были отдельные годы в конце 1970, 1980 и 1990-х гг. В целом следует отметить, что до 2010 г. общая динамика выпуска молоди с Гурского ЛРЗ демонстрировала положительный тренд. В последнее десятилетие тренд сменился: объемы выпусков снижаются. Очередной минимум пришелся на 2017 г., когда ко всем ЛРЗ в бассейне р. Амур, за исключением Удинского, наблюдались сверхнизкие подходы производителей (рис. 9).

По аналогии с Удинским ЛРЗ на Гурском практически с первых лет работы внедрились практику сбора икры на временных рыбоводных пунктах и с других ЛРЗ. Так, в 1972–1979 гг. икру на инкубацию собирали на временных рыбоводных пунктах на р. Амгунь, суммарно за 8 лет собрано 6,9 млн икринок. В 1973–1976 гг. временные пункты по сбору икры были организованы на р. Хосо (приток р. Гур), суммарно за 11 лет собрано 28,16 млн икринок, а в 1979–1980 гг. икра передавалась даже с Биджанского ЛРЗ (видимо, в годы с многочисленными подходами), за 4 года передано на инкубацию 13,14 млн икринок. В 2007 г. единожды произведена закладка икры кеты с р. Като (бассейн р. Тумнин, Японское море) в объеме 28,9 тыс. икринок (рис. 10).

В настоящее время количества производителей, подходящих к садкам Гурского ЛРЗ, достаточно для 100 %-ной закладки икры в инкубаторы (исключение составлял 2017 г.). Излишки собранной икры передаются на Тепловский и Биджанский ЛРЗ (см. рис. 4, 6).

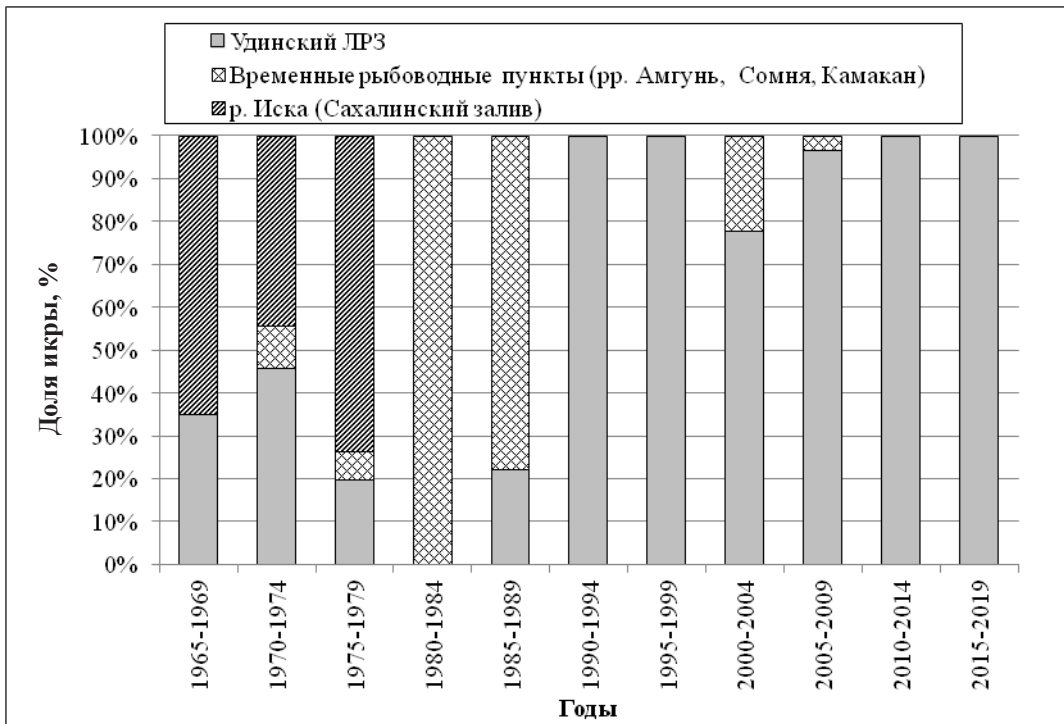


Рис. 8. Доли икры осенней кеты различного происхождения, инкубируемой на Удинском ЛРЗ

Fig. 8. Percentage of eggs from fall chum salmon of different origin incubated in Udinsky hatchery

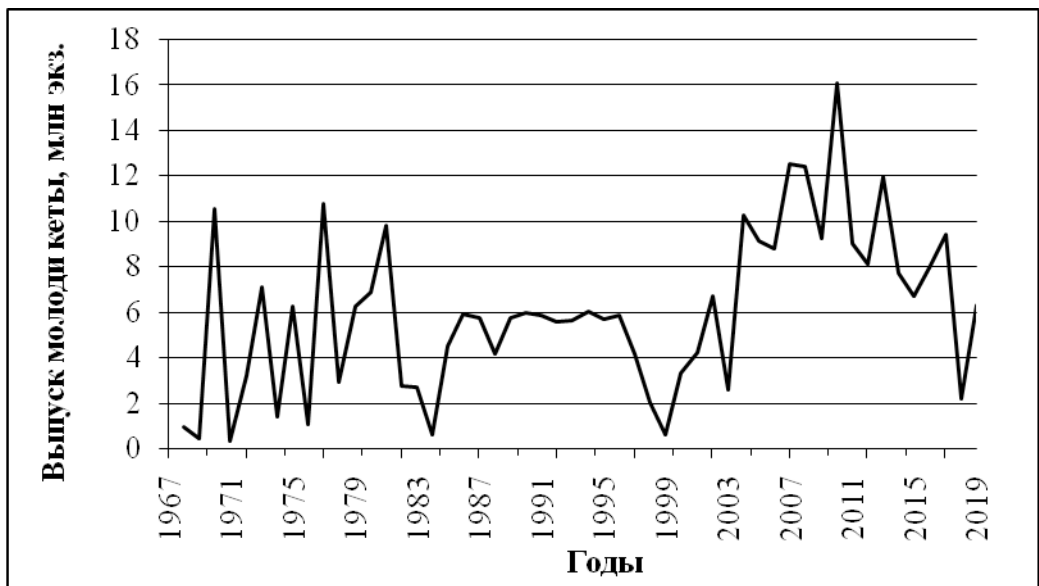


Рис. 9. Динамика выпуска молоди кеты с Гурского ЛРЗ

Fig. 9. Dynamics of juvenile chum salmon release from Gursky hatchery

Анойский ЛРЗ. Самый молодой, но самый мощный по количеству выпускаемой молоди ЛРЗ в настоящее время, за 19 лет работы суммарно выпущено 0,473 млрд экз. молоди кеты. За первые 5–6 лет работы Анойский ЛРЗ вышел на план по закладке икры

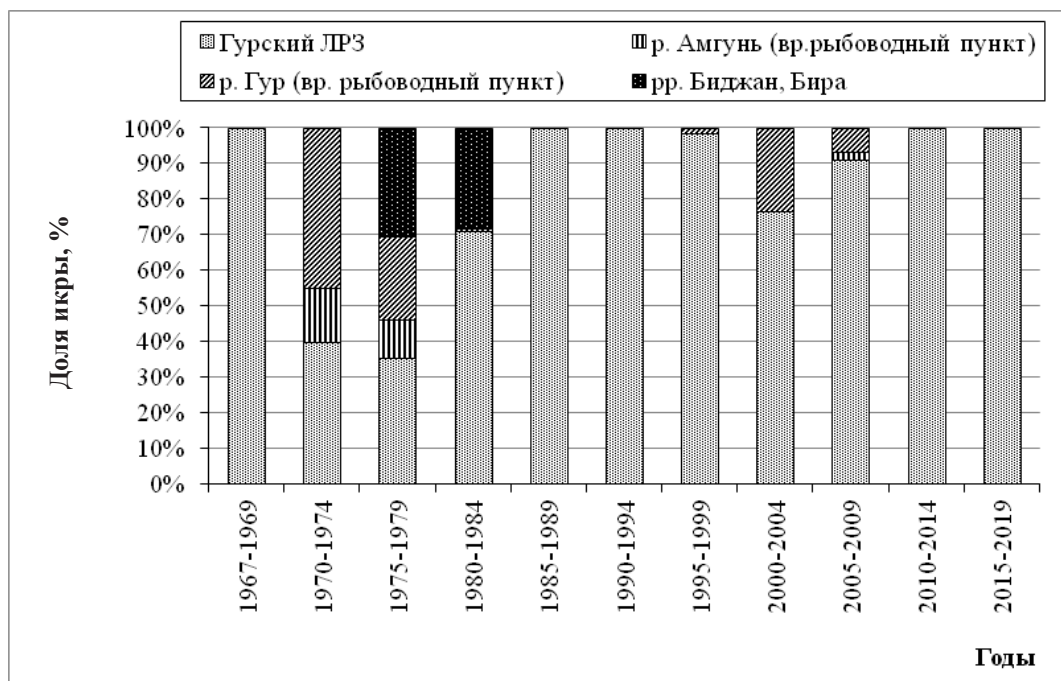


Рис. 10. Доли икры различного происхождения, инкубируемой на Гурском ЛРЗ

Fig. 10. Percentage of eggs from fall chum salmon of different origin incubated in Gursky hatchery

и выполнял его в последующие годы (за исключением 2017 г.). Среднеголетние показатели выпуска за всю историю наблюдений составили 21,8 млн экз. (от 0,3 до 36,5 млн экз.). В 2017 г. было собранно минимальное с 2005 г. количество икры (17,1 млн икринок) по причине малых подходов производителей (рис. 11).

По аналогии с Гурским и Удинским заводами на Анюйском ЛРЗ в первые годы использовали икру с временных рыбоводных пунктов. До 2006 г. работали пункты по

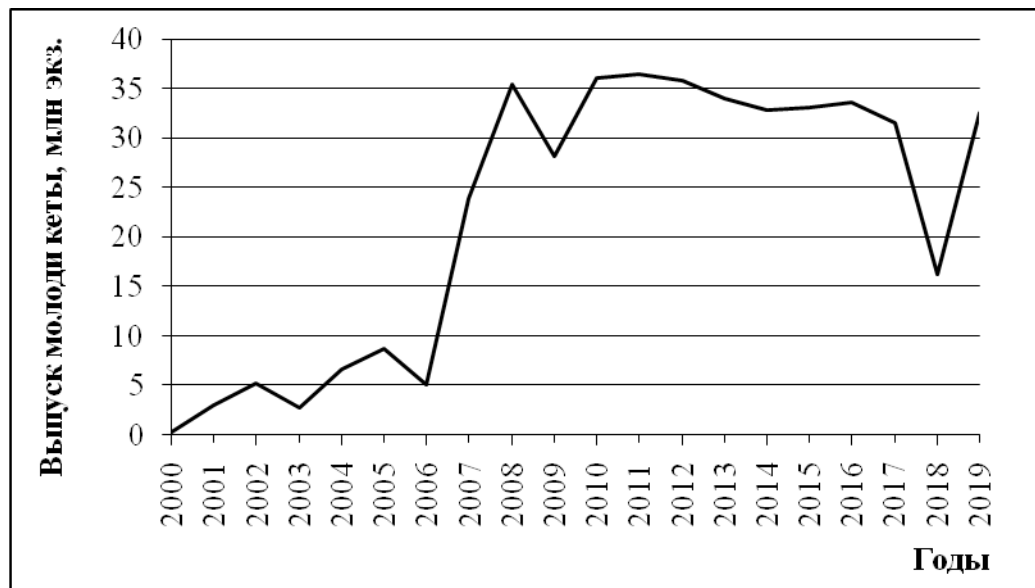


Рис. 11. Динамика выпуска молоди кеты с Анюйского ЛРЗ

Fig. 11. Dynamics of juvenile chum salmon release from Anyuisky hatchery

сбору икры в р. Анюй, суммарно за 6 лет собрано на инкубацию 45,14 млн икринок, в 2007–2008 гг. икру доставляли с временных рыбоводных пунктов бассейна р. Гур, всего 11,7 млн икринок.

В настоящее время 100 % икры, закладываемой на инкубацию, производится с подходов производителей к садкам Анюйского ЛРЗ (рис. 12). Излишки собранной икры передаются на Тепловский и Биджанский ЛРЗ (см. рис. 4, 6).



Рис. 12. Доли икры различного происхождения, инкубируемой на Анюйском ЛРЗ

Fig. 12. Percentage of eggs from fall chum salmon of different origin incubated in Anyuisky hatchery

Если рассматривать в комплексе все ЛРЗ бассейна р. Амур, то можно отметить определённую закономерность. Для заводов разного географического расположения характерны различные тенденции в динамике закладки икры. Для заводов Среднего Амура характерно, что изначальные закладки (с момента строительства) были от производителей, подходящих к этим ЛРЗ, а с конца 1980-х — начала 1990-х гг. (видимо, при сокращении численности осенней кеты в р. Амур) рыбоводы прибегали к перемещению икры с ЛРЗ нижнего Амура и внедрили практику организации временных рыбоводных пунктов по сбору икры. Для ЛРЗ нижнего Амура характерно обратное: закладки первых лет работы ЛРЗ осуществлялись по большей части с временных рыбоводных пунктов, позднее, по-видимому при формировании «заводских» стад, количество производителей, подходящих к ЛРЗ, стало достаточным для закладки на инкубацию. Наметившаяся тенденция последних трех лет (с 2017 г.), т.е. подключение Удинского ЛРЗ к закладкам для ЛРЗ среднего Амура, может свидетельствовать о значительных перестройках в структуре нерестового фонда осенней кеты. Речь может идти или о сокращении нерестового ареала, или о смещении центров воспроизводства осенней кеты в сторону притоков Нижнего Амура [Рослый, 1980, 1984, 2002; Золотухин, 2007; Островский и др., 2018]. Полагаем, причинами тому могут быть не только природные факторы, высокий уровень браконьерства и недостаточность мер регулирования также могли в значительной степени обусловить данные тенденции.

Как указано выше, за всю историю искусственного воспроизводства осенней кеты в бассейне р. Амур наблюдались неоднократные перемещения икры для инкубации с других ЛРЗ и с временных пунктов. Помимо этого, осуществлялись регулярные заготовки икры охотоморской кеты на р. Иска для передачи на Удинский ЛРЗ и одно-

кратная закладка икры япономорской кеты из р. Като (бассейн р. Тумнин) для Гурского ЛРЗ (рис. 13).

В литературе довольно широко описано негативное влияние межбассейновых перевозок икры на биологические характеристики, популяционную структуру тихоокеанских лососей и сохранение их генофонда [Вронский, 1983; Ковтун, 1986, 2002; Гриценко и др., 1987; Алтухов, 1989; Williams et al., 2003; Kostov, 2009]. Однако без проведения широкомасштабных генетических исследований в бассейне р. Амур пока вряд ли можно утверждать это наверняка.

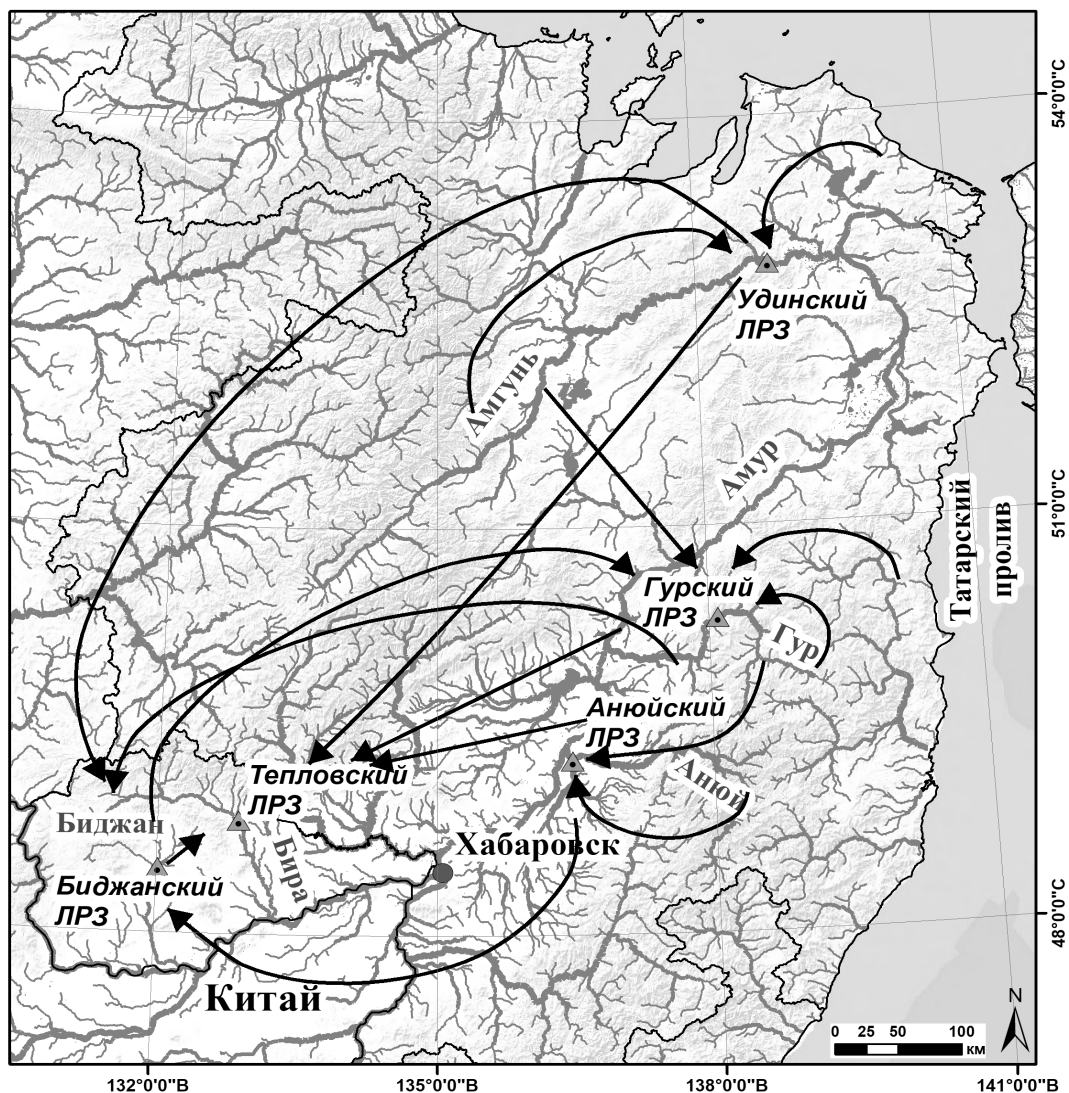


Рис. 13. Генерализованная схема перемещений икры осенней кеты для инкубации на ЛРЗ в бассейне р. Амур

Fig. 13. Generalized scheme of fall chum salmon eggs transfers for incubation in hatcheries on the Amur basin

С другой стороны, в настоящее время уже имеются сведения об отрицательном влиянии перевозок и длительного искусственного воспроизводства на структуру заводских стад осенней кеты. В результате стандартизации онтогенеза в условиях рыбного завода, а следовательно и более раннего вылупления личинок с последующей акселерацией роста, происходит значительное омоложение заводских стад осенней

кеты и, соответственно, значительное снижение массы тела производителей [Ковтун, 1986; Рослый, 2002]. Это подтверждается и рыбоводами с ЛРЗ в бассейне р. Амур, которые сообщают, что к их заводам ежегодно подходят производители все меньшего и меньшего размера. Широко такой эффект наблюдался на рыбоводных заводах Японии, на которых добились значительных возвратов кеты, но заметно проиграли в биологических показателях (длина и масса) производителей [Запорожец, Запорожец, 2011].

Практика работы временных рыбоводных пунктов по сбору икры являлась вынужденной мерой и хорошо зарекомендовала себя в период пониженной численности осенней кеты в бассейне р. Амур в 1990–2000-е гг. и ранее. Полагаем, что в свете сокращения подходов производителей к садкам Тепловского и Биджанского ЛРЗ в настоящее время (а в отдельные годы можно также прогнозировать пониженные подходы к Анойскому и Гурскому ЛРЗ) Амурскому филиалу ФГБУ «Главрыбвод», возможно, стоит возобновить работу временных рыбоводных пунктов, однако только внутри бассейна р. Амур.

Считается, что одним из основных показателей эффективности работы ЛРЗ является величина (коэффициент) возврата производителей от выпускаемой молодежи. Ранее оценка коэффициентов возврата осуществлялась на основе учета подходов производителей к рыбоводным заводам, а также расчетным методом [Леванидов, 1954а; Рослый, 2002].

Работы по определению численности возвратов от осенней кеты искусственного воспроизводства в бассейне р. Амур методом отолитного маркирования начаты Хабаровским филиалом только в 2015 г. Отдельные экспериментальные работы, направленные на отработку технологии маркирования, проводились и ранее, в 2009–2015 гг., на заводах Амуррыбвода.

В течение последних 7 лет отработано маркирование отолитов у выпускаемой молодежи осенней кеты на Анойском рыбоводном заводе. На других заводах потребуется установка для этого дополнительного оборудования. Ежегодный объем помеченной молодежи составляет около 5,0 млн экз. В 2018 и 2019 гг. произведены первые сборы отолитов производителей кеты из подходов к ЛРЗ и в смешанной выборке в устье р. Амур для поиска маркированных особей.

В 2020 г. в ХабаровскНИРО сформировано подразделение по отолитному маркированию тихоокеанских лососей и оценке эффективности искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей. Полагаем, что первые результаты будут получены к 2021–2023 гг. Помимо этого, предпринимаются попытки внедрения методов геохимических маркеров для оценки эффективности лососёвых рыбоводных заводов в бассейне р. Амур [Михеев и др., 2019].

Попробуем соотнести количество выпускаемой молодежи и вылов осенней кеты в бассейне р. Амур. Так, с одной стороны, наблюдается положительная динамика количества выпускаемой молодежи с лососевых рыбоводных заводов в бассейне р. Амур, с другой стороны, динамика вылова осенней кеты показывает отрицательный тренд (рис. 14). Отметим, что проведённый анализ показал нормальное распределение данных.

Сравнение между собой объемов выпущенных мальков и вылова осенней кеты спустя 4 года (основной возврат, до 65 % особей, происходит в этом возрасте) не обнаруживает сколь-либо значимой связи между этими величинами. Значение *t*-критерия Стьюдента меньше 0,12, т.е. параметр или статистическая характеристика в генеральной совокупности незначимо отличается от нуля, даже при уровне значимости 10 %. Коэффициент корреляции составляет –0,1. Величина связи между переменными (выпуском и выловом) при коэффициенте корреляции от 0,1 до 0,3, согласно шкале Чеддока, характеризуется как «практически отсутствие связи». Отметим, что корреляция отрицательная, т.е. в то время как количественные показатели одной переменной (выпуск молодежи) увеличиваются, показатели другой (вылов осенней кеты) — уменьшаются. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,01$, т.е. в 99 % случаев выпуски молодежи не приводят к изменению (увеличению) вылова. Таким образом, на протяженном отрезке времени

статистически значимого влияния объема выпуска молоди на величину вылова и запаса осенней кеты не прослеживается. Распределение не имеет выраженного тренда и не позволяет выявить какие-либо зависимости, скорее наблюдается случайный характер связи между приведенными величинами.

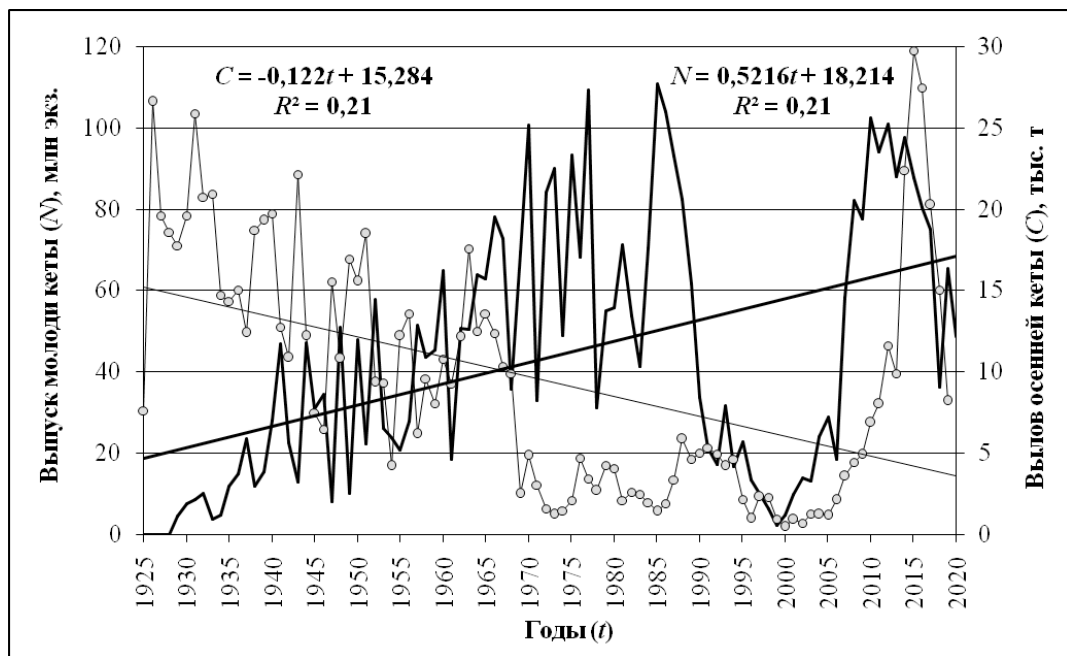


Рис. 14. Динамика количества выпускаемой молоди осенней кеты с лососевых рыбоводных заводов в бассейне р. Амур (N) и вылов (C) осенней кеты в р. Амур

Fig. 14. Dynamics of fall chum juveniles released from hatcheries in the Amur River basin (N) and catch of fall chum salmon in the Amur River (C)

Почему же увеличение количества выпускаемой молоди не влечет закономерное возрастание численности кеты и, как следствие, вылова? Причин может быть несколько. Наиболее вероятная — объем искусственного воспроизводства осенней кеты в бассейне р. Амур не вносит значительного вклада в ее запас. Ранее выдвигались подобного рода гипотезы [Рослый, 2002]. С другой стороны, наблюдаемые тенденции могут свидетельствовать о том, что коэффициенты возвратов кеты как искусственного, так и естественного воспроизводства имеют сходный характер изменчивости [Лихатович, 2004; Naish et al., 2007; Запорожец, Запорожец, 2011; Шунтов, Темных, 2011]. Обоснованно полагаем, что в случае дальнейшего снижения численности осенней кеты в бассейне р. Амур будет наблюдаться и сокращение количества производителей, подходящих к рыбноводным заводам. Видимо, все же из-за комплекса факторов происходят и изменения структуры нерестового фонда, и сужение нерестового ареала, и смещение центров воспроизводства в притоки нижнего Амура [Рослый, 2002; Островский и др., 2018].

Таким образом, для эффективной работы Амурского филиала ФГБУ «Главрыбвод» предлагается рассмотреть возможность восстановления временных рыбноводных пунктов. Предполагаем, что строительство новых ЛРЗ вряд ли повлечет за собой увеличение численности возвратов осенней кеты в бассейне р. Амур. При этом не исключаем эффективную работу ЛРЗ в случае их создания по аналогии с о. Сахалин на небольших реках (притоках) приустьевой части р. Амур, а также Амурского лимана и Сахалинского залива. Безальтернативным условием успешности искусственного воспроизводства должен стать учет экотипа воспроизводимого (вселяемого) вида (расы или формы) [Ефанов и др., 1979]. При этом для эффективного научно обоснованного функционирования созданных ЛРЗ необходимо выполнение трех элементов: мечения,

мониторинга и анализа, что является частями так называемого «ландшафтного» подхода к искусственному воспроизводству [Williams et al., 2003; Запорожец, Запорожец, 2011].

Заключение

В бассейне р. Амур искусственное воспроизводство тихоокеанских лососей базируется на воспроизводстве осенней кеты. Всего работает 5 ЛРЗ, входящих в систему Амурского филиала ФГБУ «Главрыбвод». За всю историю их работы (с 1928 г.) в бассейн р. Амур выпущено 4,177 млрд экз. молоди осенней кеты.

В динамике закладки икры для инкубации на ЛРЗ выявлены следующие закономерности. ЛРЗ бассейна Среднего Амура с первых лет своего создания производили закладки с подходов производителей к ЛРЗ, в период снижения численности использовали временные рыбоводные пункты, а в настоящее время прибегают к передаче икры, собранной с ЛРЗ Нижнего Амура. В свою очередь ЛРЗ нижнего Амура, наоборот, в первые годы после ввода в строй использовали временные рыбоводные пункты для сбора икры, а в последующем переходили на закладки исключительно из подходящих к их садкам производителей. В настоящее время широко практикуется передача икры, собранной с ЛРЗ нижнего Амура, на ЛРЗ среднего Амура.

Увеличение доли икры, собираемой на ЛРЗ Нижнего Амура, может свидетельствовать о значительных перестройках структуры нерестового стада осенней кеты р. Амур, в том числе о сужении нерестового ареала и смещении центров воспроизводства вниз по течению.

Отсутствие зависимости в динамике выпуска молоди с ЛРЗ и вылова осенней кеты в бассейне р. Амур свидетельствует о незначительности роли искусственного воспроизводства и сходном влиянии природных факторов на возвраты кеты как искусственного, так и естественного происхождения. Соответственно, динамика подходов производителей к садкам ЛРЗ будет сопряжена с общими тенденциями численности осенней кеты в бассейне р. Амур.

Амурскому филиалу ФГБУ «Главрыбвод» для выполнения планов по сбору икры стоит рассмотреть вопрос возобновления работы временных рыбоводных пунктов. Строительство новых ЛРЗ в бассейне р. Амур требует детальной проработки. Положительный эффект возможен при применении «сахалинского опыта» (строительство ЛРЗ на небольших реках с небольшим удалением от моря). В противном случае положительного эффекта, т.е. увеличения численности возвратов, а соответственно и уловов, не прогнозируется. Для эффективной работы системы искусственного воспроизводства считаем необходимым разработку нового «ландшафтного» подхода, направленного на сохранение популяционного разнообразия и поддержку подорванных популяций.

Благодарности

Автор выражает благодарность сотрудникам Амурского филиала ФГБУ «Главрыбвод» И.Г. Наумовой, О.Н. Антиповой и Е.В. Оникейчук за помощь в поиске и систематизации данных по закладке икры на лососевых рыбоводных заводах и по динамике выпуска молоди кеты в бассейне р. Амур, руководителю СахНИРО д.б.н. Н.В. Колпакову и заведующему сектором аквакультуры ХабаровскНИРО к.б.н. В.Н. Кошелеву за ценные замечания, способствовавшие улучшению работы.

Финансирование работы

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Соблюдение этических стандартов

При написании работы эксперименты с животными не проводились.

Список литературы

Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях : моногр. — М. : Наука, 1989. — 328 с.

Беляев В.А., Пробатов Н.С., Золотухин С.Ф., Миронова Т.Н. Проблемы лососевого хозяйства в бассейне р. Амур // Вопросы взаимодействия естественных и искусственных популяций лососей : сб. науч. докл. российско-американской конф. по сохранению лососевых. — Хабаровск : Хабар. отд. ТИНРО-центра, 2000. — С. 15–25.

Белянский В.Я., Хованский И.Е. Об осуществлении мер по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и организации любительского рыболовства в бассейне р. Амур и сопредельных водоемах // Вопр. рыб-ва. — 2009. — Т. 10, № 3 (39). — С. 414–422.

Васильев И.М. Опыт работы Тепловкого рыбоводного завода Амуррыбвода // Тр. совещ. по вопросам лососёвого хозяйства Дальнего Востока. — М. : АН СССР, 1954. — С. 111–119.

Вронский Б.Б. О недопустимости перевозок икры при заводском разведении дальневосточных лососей // Тез. докл. IV Всесоюз. совещ. по науч.-техн. проблемам марикультуры. — Владивосток : ТИНРО, 1983. — С. 14–22.

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

Ефанов В.Н., Каев А.М., Ковтун А.А. Результаты интродукции осенней кеты из реки Курилки в реку Найбу // Изв. ТИНРО — 1979. — Т. 103. — С. 86–93.

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

Золотухин С.Ф. Кета реки Усури : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2007. — 210 с.

Ишханян М.Н., Карпенко Н.В. Эконометрика. Часть 1. Парная регрессия : учеб. пособ. — М. : МГУПС (МИИТ), 2016. — 177 с.

Каев А.М., Игнатьев Ю.И. Заводское разведение лососей в Сахалинской области // Рыб. хоз-во. — 2007. — № 6 — С. 57–60.

Ковтун А.А. Воспроизводство осенней кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) на южном Сахалине // Вопр. ихтиол. — 1986. — Т. 26, вып. 1. — С. 68–73.

Ковтун А.А. Состояние запасов, промысел и дифференциация возврата кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum) р. Тымь (Сахалин) за период 1960–2001 гг. // Тр. СахНИРО. — 2002. — Т. 4. — С. 133–148.

Кузнецов И.И. Материалы к искусственному разведению кеты на Амуре по наблюдениям 1909–1910 гг. // Материалы к познанию русского рыболовства. — 1912. — Т. 1, вып. 3. — С. 65–95.

Кузнецов И.И. Некоторые наблюдения над размножением амурских и камчатских лососей : Изв. ТОНС. — 1928. — Т. 2, вып. 3. — 196 с.

Кузнецов И.И. Роль колонизации и лесопромышленности в вопросах истощения запасов лососевых // Бюл. рыб. хоз-ва. — 1926. — № 2. — С. 4–6.

Куманцов М.И. Искусственное воспроизводства водных биоресурсов в 2008 году // Рыб. хоз-во. — 2008. — № 6. — С. 15–17.

Лакин Г.Ф. Биометрия : учеб. пособие. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 1990. — 352 с.

Леванидов В.Я. Итоги и перспективы разведения амурской осенней кеты // Рыб. хоз-во. — 1954а. — № 6. — С. 34–38.

Леванидов В.Я. Пути усиления воспроизводства кеты Амура // Тр. совещ. по вопросам лососёвого хозяйства Дальнего Востока. — М. : АН СССР, 1954б. — С. 120–128.

Лихатович Д. Лосось без рек. История кризиса тихоокеанского лосося : моногр. — Владивосток : Дальний Восток, 2004. — 376 с.

Любаева Т.Н., Любаев В.Я., Сидорова С.В. Формирование заводских популяций кеты и их вселение в естественную среду (на примере Охотского РЛЗ) // Вопросы взаимодействия естественных и искусственных популяций лососей : сб. науч. докл. российско-американской конф. по сохранению лососевых. — Хабаровск : Хабар. отд. ТИНРО-центра, 2000. — С. 80–82.

Марковцев В.Г. О деятельности лососевых рыбоводных заводов частной собственности // Бюл. № 4 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток : ТИНРО-центр, 2009. — С. 130–133.

Михеев П.Б., Бакланов М.А., Пузик А.Ю. Применение геохимических маркеров в ихтиологических исследованиях // Современное состояние водных биоресурсов : мат-лы 5-й междунар. конф. — Новосибирск : НГАУ, 2019. — С. 101–104

Новомодный Г.В., Золотухин С.Ф., Шаров П.О. Рыбы Амура: богатство и кризис : аналит. обзор. — Владивосток : Апельсин, 2004. — 63 с.

Островский В.И., Коцюк Д.В., Колпаков Н.В. Итоги лососевой путины в Хабаровском крае в 2018 г. // Бюл. № 13 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2018. — С. 88–93.

Плохинский Н.А. Биометрия : моногр. — М. : МГУ, 1970. — 368 с.

Рослый Ю.С. Возрастная структура популяций тихоокеанских лососей из бассейна Амура // Биология проходных рыб Дальнего Востока. — Владивосток : ДВГУ, 1980. — С. 37–42.

Рослый Ю.С. Динамика популяций и воспроизводство тихоокеанских лососей в бассейне Амура : моногр. — Хабаровск : Хабаровск. кн. изд-во, 2002. — 210 с.

Рослый Ю.С. Эффективность и перспективы заводского воспроизводства лососей в бассейне Амура // Лососевидные рыбы. — Л. : Наука, 1984. — С. 189–191.

Сао Гуанбин, Лю Вэй, Пан Вэйци. Проблемы мечения в выпуске осенней кеты в реку при искусственном разведении // Современные проблемы рыбоводных заводов Дальнего Востока : мат-лы междунар. науч.-практ. семинара в рамках VII науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». — Петропавловск-Камчатский : Камчатский печатный двор, 2006. — С. 235.

Хованский И.Е., Наумова И.Г., Селютина В.Е., Белянский В.Я. Лососевые рыбоводные заводы в зоне деятельности ФГБУ «Амуррыбвод»: этапы становления и перспективы искусственного воспроизводства // Современное состояние водных биоресурсов : мат-лы науч. конф., посвящ. 70-летию С.М. Коновалова. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2008. — С. 823–827.

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

Kostov K. Factors that contribute to the ecological risks of salmon and steelhead hatchery programs and some mitigating strategies // Reviews in Fish Biology and Fisheries. — 2009. — Vol. 19(1). — P. 9–31. DOI: 10.1007/s11160-008-9087-9.

Naish K.A., Taylor J.E., Levin P.S. et al. An Evaluation of the Effects of Conservation and Fishery Enhancement Hatcheries on Wild Populations of Salmon Advances // Adv. Mar. Biol. — 2007. — Vol. 53. — P. 61–194. DOI: 10.1016/S0065-2881(07)53002-6.

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

References

Altukhov, Yu.P., *Geneticheskiye protsessy v populyatsiyakh* (Genetic processes in populations), Moscow: Nauka, 1989.

Belyaev, V.A., Probatov, N.S., Zolotukhin, S.F., and Mironova, T.N., Problems of salmon farming in the Amur river basin, in *Sb. nauchn. dokl. rossiisko-am. konf. sokhraneniya lososevykh "Voprosy vzaimodeystviya estestvennykh i iskusstvennykh populyatsii lososei"* (Collect. Sci. Pap. Russ.-Am. Conf. Coserv. Salmonids "Issues of Interaction between Wild and Artificial Salmon Populations), Khabarovsk: Khabar. Otd. TINRO-Tsentra, 2000, pp. 15–25.

Belyansky, V.Ya. and Khovansky, I.E., reproduction of water biological resources and sport fisheries management in Amur River Basin, *Vopr. Rybolov.*, 2009, vol. 10, no. 3 (39), pp. 414–422.

Vasiliev, I.M., Experience of Teplovsky fish hatchery Amurribvod, in *Tr. soveshch. po voprosam lososovogo khozyaystva Dal'nego Vostoka* (Proceedings of meetings on salmon Farms in the Far East), Moscow: Akad. Nauk SSSR, 1954, pp. 111–119.

Vronsky, B.B., On the inadmissibility of transportation of caviar in the factory breeding of far Eastern salmon, in *Tez. dokl. IV Vsesoyuz. soveshch. po nauch.-tekhn. problemam marikul'tury* (Abstracts. report IV All-Union. meeting on scientific and technical mariculture issues), Vladivostok: TINRO, 1983, pp. 14–22.

Gritsenko, O.F., Kovtun, A.A., and Kostkin, V.K., *Ekologiya i vosproizvodstvo kety i gorbushi* (Ecology and Reproduction of Chum and Pink Salmon), Moscow: Agropromizdat, 1987.

Yefanov, V.N., Kaev, A.M., and Kovtun, A.A., Introduction results of fall chum salmon eggs from the Kurilka river to the Naiba river, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1979, vol. 103, pp. 86–93.

Zaporozhets, G.V. and Zaporozhets, O.M., *Lososevye rybovodnye zavody Dal'nego Vostoka v ekosistemakh severnoi Patsifiki* (Salmon Hatcheries of the Far East in the Ecosystems of the North Pacific), Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress, 2011.

Zolotukhin, S.F., *Keta reki Ussuri* (Chum Salmon of the Ussuri River), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2007.

Ishkhanyan, M.N. and Karpenko, N.V., *Ekonometrika. Chast' 1. Parnaya regressiya* (Econometrics. Part 1. Pairwise regression), Moscow: MGUPS (MIIT), 2016.

Kaev, A.M. and Ignatiev, Yu.I., Plant growing of salmon in Sakhalin region, *Rybn. Khoz.*, 2007, no. 6, pp. 57–60.

Kovtun, A.A., Reproduction of autumn chum salmon *Oncorhynchus keta* (Walbaum) in southern Sakhalin, *Vopr. Ikhtiol.*, 1986. vol. 26, no. 1, pp. 68–73.

Kovtun, A.A., Resource's status, commerce and differentiation of chum salmon (*Oncorhynchus keta* Walbaum) return in Tyim river (Sakhalin) for 1960—2001 period, *Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water area*: Transactions of the Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO, 2002, vol. 4, pp. 133–148.

Kuznetsov, I.I., Materials for artificial breeding of chum salmon on the Amur river according to observations of 1909–1910, *Materials for the knowledge of Russian fishing*, 1912, vol. 1, no. 3, pp. 65–95.

Kusnetzov, I.I., Some observations on the spawning of the Amur and Kamchatka salmon, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Promysl. Stn.*, 1928, vol. 2, no. 3.

Kuznetsov, I.I., The Role of colonization and forestry in the depletion of salmon stocks, *Byul. ryb. khoz-va*, 1926, no. 2, pp. 4–6.

Kumantsov, M.I., Artificial reproduction of aquatic living resources in 2008, *Rybn. Khoz.*, 2008, no. 6, pp. 15–17.

Lakin, G.F., *Biometriya* (Biometrics), 4th ed., Moscow: Vysshaya Shkola, 1990.

Levanidov, V.Ya., Results and prospects of breeding Amur autumn chum salmon, *Rybn. Khoz.*, 1954, no. 6, pp. 34–38.

Levanidov, V.Ya., Ways to strengthen the reproduction of Amur chum salmon, in *Tr. soveshch. po voprosam lososovogo khozyaystva Dal'nego Vostoka* (Proceedings of meetings on salmon Farms in the Far East), Moscow: Akad. Nauk SSSR, 1954, pp. 120–128.

Lichatowich, D., Salmon without rivers. A history of the Pacific salmon crisis, Washington: Island Press, 1999.

Lyubaeva, T.N., Lyubaev, V.Ya., and Sidorova, S.V., Formation of factory populations of chum salmon and their introduction into the natural environment (on the example of the Okhotsk RLZ), in *Sb. nauchn. dokl. rossiisko-am. konf. sokhraneniya lososevykh "Voprosy vzaimodeystviya estestvennykh i iskusstvennykh populyatsii lososei"* (Collect. Sci. Pap. Russ.-Am. Conf. Coserv. Salmonids "Issues of Interaction between Wild and Artificial Salmon Populations), Khabarovsk: Khabar. Otd. TINRO-Tsentra, 2000, pp. 80–82.

Markovtsev, V.G., On the activities of salmon hatcheries of private ownership, in *Byull. N 4 realizatsii "Kontseptsii dal'nevostochnoi basseinovoii programmy izucheniya tikhookeanskikh lososei"* (Bull. No. 4 Implementation of "The Concept of the Far Eastern Basin Program for the Study of Pacific Salmon"), Vladivostok: TINRO-Tsentra, 2009, pp. 130–133.

Mikheev, P.B., Baklanov, M.A., and Puzik, A.Y., Application of geochemical tags for ichthyological research, *Sovremennoye sostoyaniye vodnykh bioresursov* (Current state of aquatic bioresources, V international conference), Novosibirsk: Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2019, pp. 101–104.

Novomodny, G.V., Zolotukhin, S.F., and Sharov, P.O., *Ryby Amura: bogatstvo i krizis* (Fish of the Amur River: Wealth and Crisis), Vladivostok: Apel'sin, 2004.

Ostrovsky, V.I., Kotsyuk, D.V., and Kolpakov, N.V., The results of the salmon fishing season in the Khabarovsk Territory in 2018, in *Byulleten' no. 13 izucheniya tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bulletin No. 13 for the Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO-Tsentra, 2018, pp. 88–93.

Plokhinsky, N.A., *Biometriya* (Biometrics), Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1970.

Rosly, Yu.S., Age structure of populations of Pacific salmon from the Amur basin, in *Biologiya prokhodnykh ryb Dal'nego Vostoka* (Biology of Anadromous Fishes in the Far East), Vladivostok: Dal'nevost. Gos. Univ., 1984, pp. 37–42.

Rosly, Yu.S., Efficiency and prospects of factory reproduction of salmon in the Amur basin, in *Lososevidnye ryby* (Salmonids), Leningrad: Nauka, 1984, pp. 189–191.

Rosly, Yu.S., *Dinamika populyatsii i vosproizvodstvo tikhookeanskikh lososei v basseine Amura* (Dynamics of Populations and Reproduction of Pacific Salmon in the Amur River Basin), Khabarovsk: Khabarovskoye Knizhnoye Izd., 2002.

Sao Guangbing, Liu Wei, and Pan Weiji, Problems of tagging in the release of autumn chum salmon into the river during artificial breeding, in *Sovremennyye problemy rybovodnykh zavodov*

Dal'nego Vostoka (Modern problems of fish hatcheries of the Far East: Materials of the international scientific-practical seminar, within the framework of the VII Astana scientific conference "Conservation of the biodiversity of Kamchatka and adjacent seas"), Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatny Dvor, 2006, pp. 235.

Khovansky, I.E., Naumova, I.G., Selyutina, V.E., and Belyansky, V.Ya., Salmon hatcheries in the area of activity of the Federal state budgetary institution "Amurrybvod": stages of formation and prospects of artificial reproduction, in *Mater. nauchn. konf., posvyashch. 70-letiyu S.M. Konovalova "Sovremennoe sostoyanie vodnykh bioresursov"* (Proc. Sci. Conf. 70th anniversary of S.M. Konovalova "Current state of aquatic biological resources"), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2008, pp. 823–827.

Shuntov, V.P. and Temnykh, O.S., *Tikhookeanskije lososi v morskikh i okeanicheskikh ekosistemakh* (Pacific Salmon in Sea and Ocean Ecosystems), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2011, vol. 2.

Kostov, K., Factors that contribute to the ecological risks of salmon and steelhead hatchery programs and some mitigating strategies, *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2009, vol. 19, no. 1, pp. 9–31. doi 10.1007/s11160-008-9087-9

Naish, K.A., Taylor, J.E., Levin, P.S., Quinn, T.P., Winton, J.R., Huppert, D., and Hilborn, R., An Evaluation of the Effects of Conservation and Fishery Enhancement Hatcheries on Wild Populations of Salmon Advances, *Adv. Mar. Biol.*, 2007, vol. 53, pp. 61–194. doi 10.1016/S0065-2881(07)53002-6

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

Fish farming in the Far East, *Byul. ryb. khoz-va*, 1924, no. 1, pp. 16–17.

Поступила в редакцию 31.07.2020 г.

После доработки 19.08.2020 г.

Принята к публикации 20.08.2020 г.