

АКВАКУЛЬТУРА  
AQUACULTURE

Научная статья

УДК 639.371:597.552.511

DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-935-950

EDN: TLWKPZ

ОЦЕНКА ВСТРЕЧАЕМОСТИ КЕТЫ *ONCORHYNCHUS KETA*  
ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА НЕРЕСТИЛИЩАХ  
РЕК И ОЗЕР О. ИТУРУПМ.Ю. Стеколыщикова<sup>1</sup>, Е.Г. Акиничева<sup>1</sup>, Ю.А. Батюк<sup>1</sup>, И.А. Вараксин<sup>2\*</sup><sup>1</sup> Сахалинский филиал ВНИРО (СахНИРО),

693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196;

<sup>2</sup> ЗАО «Курильский рыбак», 693010, г. Южно-Сахалинск, пер. Алтайский, 15

**Аннотация.** Приведены данные по встречаемости кеты *Oncorhynchus keta*, меченой методом отолитного маркирования, на нерестилищах рек и озер заливов Простор, Курильский в 2012–2022 гг. Показано, что в многолетней динамике соотношение диких и заводских производителей на нерестилищах определялось объемами выпуска молоди. До 2014 г. в реки, не затронутые искусственным воспроизводством, заводская кета заходила в единичном количестве. В 2014–2022 гг. доля заводских производителей на нерестилищах «диких» рек возросла до 9,6–13,6 %. В базовых реках рыбоводных заводов этот показатель достигал 93,3 %.

**Ключевые слова:** кета, остров Итуруп, отолитное маркирование, искусственное воспроизводство, нерестилища, стрейнг

**Для цитирования:** Стеколыщикова М.Ю., Акиничева Е.Г., Батюк Ю.А., Вараксин И.А. Оценка встречаемости кеты *Oncorhynchus keta* искусственного происхождения на нерестилищах рек и озер о. Итуруп // Изв. ТИПРО. — 2024. — Т. 204, вып. 4. — С. 935–950. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-935-950. EDN: TLWKPZ.

Original article

Estimating the occurrence of chum salmon *Oncorhynchus keta*  
of artificial origin on spawning grounds in the rivers and lakes of Iturup IslandMarina Yu. Stekolshchikova\*, Elena G. Akinicheva\*\*, Yulia A. Batiuk\*\*\*,  
Ivan A. Varaksin\*\*\*\*

\*—\*\*\* Sakhalin branch of VNIRO (SakhNIRO),

196, Komsomolskaya Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia

\*\*\*\* Kurilsky Rybak Co., 15, Altaisky Alley, Yuzhno-Sakhalinsk, 693010, Russia

\* head of sector, m.stekolschikova@sakhniro.ru, ORCID 0009-0006-7337-1832

\*\* expert, e.akinicheva@vniro.ru, ORCID 0009-0007-5150-2632

\*\*\* senior engineer, batiukyu@yandex.ru, ORCID 0009-0005-1455-9037

\*\*\*\* head of department, varaksin.ivan-varaksin@yandex.ru, ORCID 0009-0009-5819-3275

\* Стеколыщикова Марина Юрьевна, заведующая сектором, m.stekolschikova@sakhniro.ru, ORCID 0009-0006-7337-1832; Акиничева Елена Григорьевна, эксперт, e.akinicheva@vniro.ru, ORCID 0009-0007-5150-2632; Батюк Юлия Андреевна, старший инженер, batiukyu@yandex.ru, ORCID 0009-0005-1455-9037; Вараксин Иван Александрович, начальник отдела, varaksin.ivan-varaksin@yandex.ru, ORCID 0009-0009-5819-3275.

© Стеколыщикова М.Ю., Акиничева Е.Г., Батюк Ю.А., Вараксин И.А., 2024

**Abstract.** Artificial reproduction of pacific salmon has been repeatedly criticized due to negative impact on natural populations. One of its aspects is replacement of wild spawners by spawners originated from hatchery on natural spawning grounds. This problem is relevant to Iturup Island, where the chum salmon stock is formed by both natural reproduction and artificial breeding. To evaluate their ratio, otolith marking of juveniles has been massively implemented at Iturup salmon hatcheries since 2009. The otoliths of chum salmon were collected for analysis from the spawning grounds in 6 rivers and lake-river systems of the Okhotsk Sea coast in the northern part of Iturup Island and at the slaughter point of salmon hatcheries from 2012 to 2022. Microstructure of otoliths from 8229 fish individuals, including 2709 specimens of chum salmon, was examined to identify the tagged fish. The chum salmon of artificial origin were presented on all examined spawning grounds. Their number was calculated taking into account the percentage of tagged juveniles released from the hatcheries. Low level of straying was concluded for chum salmon on Iturup Island. Long-term dynamics of the ratio between wild and artificial spawners on spawning grounds was determined by changes in volume of juveniles release. Until 2014, the Reidovy and Kurilsky hatcheries released  $50 \cdot 10^6$  chum juveniles annually, and the spawners of artificial origin were found sporadically on the spawning grounds in “wild” rivers. New fish hatcheries constructed after 2010 provided increase of their portion in 2014–2022 to 9.6–13.6 % on the spawning grounds unaffected to artificial reproduction and up to 93.3 % on the spawning grounds in the rivers with hatcheries. These high returns were supported by release of  $74.4\text{--}191.8 \cdot 10^6$  juvenile fish annually. In the Reidovaya and Kurilka Rivers with a branched network of tributaries, the highest occurrence of artificial spawners was observed on the spawning grounds neighbored with hatcheries, whereas their portion decreased to 20 % on the spawning grounds in large tributaries of lower reaches; possibly, spawning grounds where the spawners of artificial origin are absent still exist in the basins of these rivers. Some increase of straying should be probably expected in future years because of huge amount of juvenile chum salmon released into the rivers of Prostor and Kurilsky Bays after 2020, at least  $175 \cdot 10^6$  ind.

**Keywords:** chum salmon, Iturup Island, otolith marking, artificial reproduction, spawning ground, straying

**For citation:** Stekolshchikova M.Yu., Akinicheva E.G., Batiuk Y.A., Varaksin I.A. Estimating the occurrence of chum salmon *Oncorhynchus keta* of artificial origin on spawning grounds in the rivers and lakes of Iturup Island, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 204, no. 4, pp. 935–950. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-935-950. EDN: TLWKPZ.

## Введение

Запас кеты *Oncorhynchus keta* о. Итуруп формируется за счет естественного воспроизводства и разведения на лососевых рыболовных заводах (ЛРЗ). На острове насчитывается более 50 рек и озерно-речных систем, в которые отмечены заходы кеты [Кловач и др., 2018]. По данным Сахалинского филиала Главрыбвода площадь нерестилищ в отдельных водотоках составляет от 0,1 до 33,0 тыс. м<sup>2</sup>. До 2000-х гг. на Итурупе действовало 2 рыболовных завода, на которых разводили в том числе и кету. В это время численность диких и заводских покатников была соотносима [Каев и др., 2021]. В дальнейшем наблюдалось устойчивое наращивание объемов выпуска молоди, главным образом за счет строительства новых ЛРЗ [Кловач и др., 2018; Ельников и др., 2019; Каев и др., 2021; Ельников, Зеленников, 2023]. В настоящее время на Итурупе действует 20 рыболовных заводов, с которых в 2024 г. было выпущено 421,5 млн молоди кеты.

Несмотря на то что заводское разведение тихоокеанских лососей является одним из путей увеличения ресурсной базы рыболовства [Хованский, 2000; Запорожец, Запорожец, 2011; Каев, Игнатьев, 2015], оно довольно часто подвергается критике в связи с возможным негативным воздействием на естественные популяции. Одним из его проявлений является замещение диких производителей заводскими на нерестилищах. По мнению ряда исследователей, потомство, полученное при смешанном нересте, может обладать пониженным адаптационным потенциалом [Reisenbichler, Rubin, 1999; Kostow, 2004; Araki et al., 2007]. Кроме того, само присутствие на естественных нерестилищах заводских самцов может снижать эффективность нереста диких, усиливая конкуренцию за самок [Schroder et al., 2010].

Важнейшим показателем при оценке рисков совместного нереста является соотношение диких и заводских лососей на нерестилищах. Вопрос о допустимом уровне присутствия заводских рыб на нерестилищах остается дискуссионным. В программах искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей на Аляске обозначены ограничения в 2 % [Hilborn, Eggers, 2000; Wertheimer et al., 2001]. В.В. Зиничевым с соавторами [2012] для оценки уровня рисков предложено три уровня масштаба присутствия заводских рыб на нерестилищах: до 20 % — уровень отсутствия опасности, от 20 до 40 % — уровень потенциальной опасности, свыше 40 % — уровень прямой угрозы. Исследования К.Е. Костю и С. Чжоу [Kostov, Zhou, 2006] подтверждают, что эффективность естественного воспроизводства постепенно снижается по мере роста доли заводских рыб на нерестилищах начиная с 10–12 %.

Дифференцированное изучение дикой и заводской кеты на Итурупе стало возможным благодаря организации массового отолитного маркирования рыболовной продукции на ЛРЗ АО «Гидрострой» и ЗАО «Курильский рыбак». В дальнейшем эти компании в рамках MSC-сертификации\* рыболовства инициировали работы по идентификации маркированных рыб в возвратах кеты. До настоящего времени полученные при этом данные не были обобщены.

Целью настоящей статьи является оценка доли рыб заводского происхождения, проходящих на природные нерестилища в водоемы и водотоки заливов Простор и Курильский.

### Материалы и методы

Материалом для исследования послужили отолиты 8395 экз. кеты. Сбор сненки (2875 экз.) и отлов производителей (5520 экз.) проводили на шести водных объектах (рис. 1) в период 2012–2022 гг. Несмотря на сравнительно небольшую протяженность района исследования (около 115 км), здесь сосредоточено около 50 % нерестового фонда кеты и расположено 9 рыболовных заводов.

Также в работе были использованы результаты отолитного мечения молоди на рыболовных заводах о. Итуруп в 2008–2019 гг. (табл. 1).



Рис. 1. Карта-схема расположения мест отлова кеты и рыболовных заводов, участвовавших в программе маркирования: р. Славная (I), оз. Сопочное (II), реки Рейдовая (III), Удобная (IV), Курилка (V), Рыбачья (VI); ЛРЗ «Рейдовый» (1), «Минеральный» (2), «Бухта Оля» (3), «Китовый» (4), «Лебединый» (5), «Курильский» (6), «Саратовский» (7), «Куйбышевский» (8), «Озеро» (9)

Fig. 1. Scheme of chum salmon sampling (I — Slavnaya River, II — Lake Sopochnoye, III — Reidovaya River, IV — Udobnaya River, V — Kurilka River, VI — Rybatskaya River) and location of fish hatcheries marking chum juveniles (1 — Reidovy, 2 — Mineralny, 3 — Bukhta Olya, 4 — Kitovy, 5 — Lebediny, 6 — Kurilsky, 7 — Saratovskiy, 8 — Kuibyshevskiy, 9 — Ozero)

\* Морской попечительский совет (Marine Stewardship Council) — международная некоммерческая организация, которая разработала стандарты экологически ответственного рыболовства и прослеживаемости цепей поставок. Знак MSC на продукции гарантирует, что рыба и морепродукты поступают только от законных и экологически ответственных промыслов, которые заботятся о сохранении морских биоресурсов.

Таблица 1  
 Объемы выпуска маркированной молоди кеты с рыбоводных заводов о. Итуруп в 2008–2019 гг.  
 Table 1  
 Release volumes of tagged chum juveniles from fish hatcheries on Iturup Island in 2008–2019

ЛРЗ	Поколение	Объем выпуска, млн экз.	Доля меток, %	Возврат в возрасте										
				2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
«Рейдовый»	2008	23,9	100	3+	4+	5+	6+							
	2009	26,4	100	2+	3+	4+	5+	6+						
	2010	26,6	100		2+	3+	4+	5+	6+					
	2011	35,8	100			2+	3+	4+	5+	6+				
	2012	29,4	100				2+	3+	4+	5+	6+			
	2013	27,8	100					2+	3+	4+	5+	6+		
	2014	28,5	100						2+	3+	4+	5+		
	2019	23,7	100											2+
«Курильский»	2008	20,4	11,3	3+	4+	5+	6+							
	2009	27,0	43,1	2+	3+	4+	5+	6+						
	2010	20,6	32,5		2+	3+	4+	5+	6+					
	2011	32,8	43,3			2+	3+	4+	5+	6+				
	2012	20,5	12,9				2+	3+	4+	5+	6+			
	2013	21,9	36,2					2+	3+	4+	5+	6+		
	2014	22,1	42,3						2+	3+	4+	5+		
	2019	19,1	26,9											2+
«Бухта Оля»	2010	26,2	100		2+	3+	4+	5+	6+					
	2011	30,0	100			2+	3+	4+	5+	6+				
	2012	35,4	100				2+	3+	4+	5+	6+			
	2013	39,2	100					2+	3+	4+	5+	6+		
	2014	51,5	36,5						2+	3+	4+	5+		
«Китовый»	2011	17,6	14,8		2+	3+	4+	5+	6+					
	2012	28,4	100			2+	3+	4+	5+	6+				
	2013	29,8	100					2+	3+	4+	5+	6+		
	2014	34,3	63,2						2+	3+	4+	5+		
	2019	30,4	61,3											2+
«Лебединный»	2017	4,5	100									2+	3+	4+
	2018	10,5	85,6										2+	3+
	2019	21,9	45,9											2+
«Минеральный»	2018	22,4	100										2+	3+
	2019	19,1	38,7											2+
«Саратовский»	2019	18,3	100											2+
«Куйбышевский»	2019	17,0	100											2+
«Озеро»	2019	6,2	100											2+

Для подготовки отолитов к анализу микроструктуры использовали стандартные методики, применяемые в отолитометрических исследованиях [Secor et al., 1991]. Анализ микроструктуры проводили с помощью микроскопов Olympus BX51 при увеличении от  $\times 20$  до  $\times 50$ . При обнаружении искусственных структур на отолитах их фотографировали и идентифицировали по базе данных эталонных меток Северотихоокеанской комиссии по анадромным рыбам (<http://npafc.taglab.org/arkSummary.asp>).

### Результаты и их обсуждение

Результаты проведенных исследований показали наличие ежегодного стрейнга заводской кеты, как в пределах бассейнов базовых рек ЛРЗ, так и в водоемы, не затронутые искусственным воспроизводством (табл. 2).

Таблица 2  
Результаты идентификации маркированной кеты в выборках из рек и озер о. Итуруп  
в 2012–2022 гг., экз.

Table 2  
Results of tagged fish identification in samples of chum salmon from spawning grounds  
in rivers and lakes on Iturup Island in 2012–2022, ind.

Водоток/водоем	Объем выборки	«Рейдовый»	«Минеральный»	«Бухта Оля»	«Китовый»	«Курильский»	«Лебединый»	«Сараговский»	«Куйбышевский»	«Озеро»
<b>2012</b>										
Р. Славная (нерестилища)	75	3	–	–	–	2	–	–	–	–
Оз. Сопочное (нерестилища)	99	0	–	–	–	0	–	–	–	–
<b>Бассейн р. Рейдовой</b>										
Устье р. Рейдовой (РУЗ)	87	36	–	–	–	1	–	–	–	–
Устье р. Аргунь (РУЗ)	80	27	–	–	–	0	–	–	–	–
Руч. Крохалиный (РУЗ)	141	46	–	–	–	0	–	–	–	–
«Забойка» ЛРЗ «Рейдовый»	260	97	–	–	–	0	–	–	–	–
<b>Бассейн р. Курилка</b>										
Устье р. Курилка (РУЗ)	288	0	–	–	–	32	–	–	–	–
Руч. Кетовый («забойка» ЛРЗ «Курильский»)	191	0	–	–	–	21	–	–	–	–
Оз. Лебединое (нерестилища)	54	0	–	–	–	0	–	–	–	–
Р. Рыбачья (нерестилища)	97	0	–	–	–	0	–	–	–	–
<b>2013</b>										
<b>Бассейн р. Рейдовой</b>										
Руч. Крохалиный (нерестилища)	49	41	–	0	–	0	–	–	–	–
Руч. Крохалиный (РУЗ)	242	192								
«Забойка» ЛРЗ «Рейдовый»	200	187	–	0	–	0	–	–	–	–
<b>Бассейн р. Курилка</b>										
Устье р. Курилка (РУЗ)	298	0	–	0	–	33	–	–	–	–
Р. Курилка (нерестилища)	150	0	–	0	–	23	–	–	–	–
Руч. Кетовый («забойка»)	299	0	–	0	–	40	–	–	–	–
Оз. Лебединое (нерестилища)	6	0	–	0	–	0	–	–	–	–
Руч. Озерный (нерестилища)	10	0	–	0	–	9	–	–	–	–
Руч. Безымянный (нерестилища)	48	0	–	0	–	1	–	–	–	–
<b>2014</b>										
<b>Бассейн р. Рейдовой</b>										
Устье р. Рейдовой (РУЗ)	99	81	–	5	0	0	–	–	–	–
«Забойка» ЛРЗ «Рейдовый»	388	382	–	0	0	0	–	–	–	–
<b>Бассейн р. Курилка</b>										
Устье р. Курилка (РУЗ)	99	0	–	0	1	38	–	–	–	–
Оз. Лебединое (нерестилища)	50	0	–	0	0	0	–	–	–	–
Руч. Безымянный (нерестилища)	49	0	–	0	1	0	–	–	–	–
<b>2016</b>										
<b>Бассейн р. Курилка</b>										
Оз. Лебединое (нерестилища)	49	0	–	0	2	13	–	–	–	–
Руч. Безымянный (нерестилища)	90	2	–	0	2	2	–	–	–	–
Р. Рыбачья (нерестилища)	49	0	–	0	1	1	–	–	–	–

Продолжение табл. 2  
Table 2 continued

Водоток/водоем	Объем выборки	«Рейдовый»	«Минеральный»	«Бухта Оля»	«Китовый»	«Курильский»	«Лебединый»	«Саратовский»	«Куйбышевский»	«Озеро»
<b>2017</b>										
<b>Бассейн р. Курилка</b>										
Оз. Лебединое (нерестилища)	6	0			0	0				
Руч. Безымянный (нерестилища)	22	0	–	–	2	1	–	–	–	–
Р. Рыбацкая (нерестилища)	25	0	–	0	1	0	–	–	–	–
<b>2018</b>										
Оз. Сопочное (нерестилища)	49	1	–	1	0	0				
<b>Бассейн р. Рейдовой</b>										
Устье р. Рейдовой (РУЗ)	104	63	–	0	0	0	–	–	–	–
Руч. Минеральный (нерестилища)	54	33	–	0	0	0	–	–	–	–
Оз. Рейдовое (нерестилища)	98	92								
Р. Удобная (нерестилища)	48	1	–	3	6	4	–	–	–	–
<b>Бассейн р. Курилка</b>										
Устье р. Курилка (РУЗ)	99	0	–	0	0	23	–	–	–	–
Оз. Лебединое (нерестилища)	96	0	–	0	0	0	–	–	–	–
Руч. Безымянный (нерестилища)	96	0	–	0	0	0	–	–	–	–
Р. Рыбацкая (нерестилища)	91	1	–	0	32	1	–	–	–	–
<b>2020</b>										
Оз. Сопочное (нерестилища)	9	0		0		0	0			
<b>Бассейн р. Рейдовой</b>										
Устье р. Рейдовой (РУЗ)	100	0	–	1	–	0	0	–	–	–
«Забойка» ЛРЗ «Рейдовый»	100	0	–	0	–	0	0	–	–	–
Оз. Рейдовое (нерестилища)	199	3	–	0	–	1	0	–	–	–
Руч. Минеральный (нерестилища)	100	0	–	0	–	0	0	–	–	–
<b>Бассейн р. Курилка</b>										
Устье р. Курилка (РУЗ)	100	0	–	0	–	1	0	–	–	–
Руч. Кетовый («забойка»)	100	0	–	0	–	0	0	–	–	–
Оз. Лебединое (нерестилища)	100	0	–	0	–	4	0	–	–	–
Руч. Безымянный (нерестилища)	100	1	–	0	–	0	1	–	–	–
Р. Рыбацкая (нерестилища)	100	0	–	0	–	0	0	–	–	–
<b>2021</b>										
Оз. Сопочное (нерестилища)	124	–	0	–	–	–	1	–	–	–
<b>Бассейн р. Рейдовой</b>										
«Забойка» ЛРЗ «Рейдовый»	399	–	0	–	–	–	0	–	–	–
Руч. Минеральный («забойка» ЛРЗ «Минеральный»)	100	–	2	–	–	–	2	–	–	–
<b>Бассейн р. Курилка</b>										
Руч. Кетовый («забойка»)	197	–	0	–	–	–	0	–	–	–
Руч. Безымянный («забойка» ЛРЗ «Лебединый»)	294	–	0	–	–	–	63	–	–	–
Р. Рыбацкая (нерестилища)	294	–	0	–	–	–	0	–	–	–

Водоток/водоем	Объем выборки	2022									
		«Рейдовый»	«Минеральный»	«Бухта Оля»	«Китовый»	«Курильский»	«Лебединый»	«Саратовский»	«Куйбышевский»	«Озеро»	
Оз. Сопочное (нерестилища)	198	0	2	–	–	1	40	2	0	0	
<b>Бассейн р. Рейдовой</b>											
Устье р. Рейдовой (РУЗ)	100	5	2	–	–	0	0	0	0	0	
«Забойка» ЛРЗ «Рейдовый»	400	43	0	–	–	0	0	0	0	0	
Руч. Минеральный («забойка»)	99	0	42	–	–	0	1	0	0	0	
<b>Бассейн р. Курилка</b>											
Руч. Кетовый («забойка»)	298	0	0	–	–	20	0	0	0	0	
Руч. Безымянный («забойка»)	300	0	0	–	–	0	118	0	0	0	
Р. Рыбачья (нерестилища)	100	1	0	–	–	0	0	0	0	0	

Примечание. «–» — меченая молодь с этого завода в соответствующий год не выпускалась.

**Внутрибассейновый стринг.** В бассейне р. Рейдовой действуют два рыболовных завода по выращиванию молоди кеты. Разведением этого вида на ЛРЗ «Рейдовый» занимаются с 1961 г., а первый выпуск молоди кеты с ЛРЗ «Минеральный» состоялся в 2017 г. ЛРЗ «Рейдовый» расположен на р. Рейдовой в 10 км от устья, ЛРЗ «Минеральный» — на ручье Минеральном, являющемся притоком р. Аргунь. Последняя вливается в основное русло в 0,4 км от устья. В бассейне р. Рейдовой сосредоточено 18,5 тыс. м<sup>2</sup> нерестилищ кеты, большая их часть находится в притоках (рис. 2).

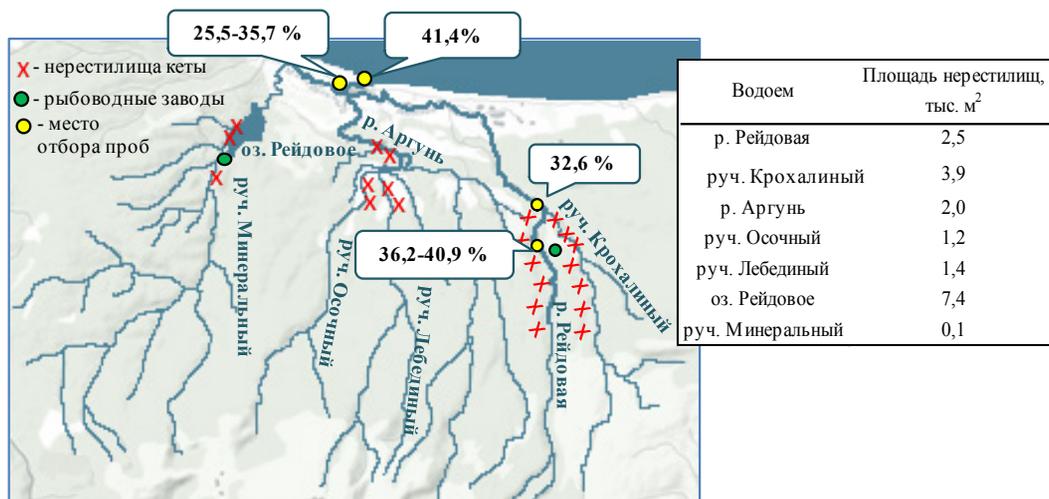


Рис. 2. Распределение нерестилищ и встречаемость рыб с меткой ЛРЗ «Рейдовый» в скоплениях кеты на разных участках бассейна р. Рейдовой в 2012 г.

Fig. 2. Scheme of spawning grounds and occurrence of fish with tag of Reidovy hatchery in chum salmon aggregations in different areas of the Reidovaya River basin in 2012

Заходы кеты в р. Рейдовую ежегодно превышают количество, необходимое для целей рыбоводства, а также заполнения естественных нерестилищ производителями. Поэтому специалисты АО «Гидрострой» регулируют пропуск производителей на нерестилища с помощью системы рыбоучетных заграждений (РУЗ), устанавливаемых в

устьевой зоне р. Рейдовой, протоке оз. Рейдового на ее слиянии с р. Аргунь и в месте впадения в р. Рейдовую ручья Крохалиного. Большая часть проб была отобрана именно из скоплений кеты у РУЗ, а также в районе «забойки» рыбоводных заводов.

Наиболее широко бассейн р. Рейдовой был охвачен исследованиями в 2012 г. В этот год встречаемость рыб с метками ЛРЗ «Рейдовый» в выборках на разных участках водотоков бассейна р. Рейдовой варьировала в пределах 25,5–41,4 % (рис. 2). В целом же доля кеты искусственного происхождения должна была быть выше, так как маркированными в возврате были только две возрастные группы — 2+, 3+. Показательно, что доля заводской кеты среди трех- и четырехлеток из уловов в устье р. Рейдовой составила 65,4 %, у РУЗ на р. Аргунь — 50,0–52,9, у «забойки» ЛРЗ «Рейдовый» — 75,0–82,6 %.

В 2012 г. пробы были отобраны только на РУЗ. Результаты дальнейших исследований позволяют считать, что соотношение диких и заводских рыб в скоплениях кеты у рыбоучетных сооружений и среди производителей, пропущенных на нерестилища, было сопоставимо. Так, доля маркированных рыб в уловах у РУЗ в устье ручья Крохалиного в октябре-ноябре 2013 г. — 68,8–84,8 %, а в пробах снетки, собранной на нерестилищах ручья 7 ноября, — 83,7 %.

Стреинг кеты, культивируемой на ЛРЗ «Рейдовый», в нижние притоки р. Рейдовой за пять лет исследований был зафиксирован дважды. В 2018 г. в выборках снетки, собранной на нерестилищах ручья Минерального и оз. Рейдового, доля «рейдовской» кеты составила соответственно 61,1 и 93,9 %. В 2020 г. рыбы с метками этого рыбоводного завода присутствовали на нерестилищах оз. Рейдового. В возврате 2020 г. маркированные рыбы были представлены только особями в возрасте 2+. Среди трехлеток 6,3 % рыб имели искусственное происхождение.

Первый возврат кеты, маркированной на ЛРЗ «Минеральный» (рыбы в возрасте 2+), произошел в 2021 г. В этом году материал был собран только на «забойках» рыбоводных заводов. В выборке из уловов в районе пункта сбора икры ЛРЗ «Рейдовый» рыб с метками ЛРЗ «Минеральный» не выявлено. В пробе, отобранной из скоплений кеты у «забойки» в ручье Минеральном, мечеными оказалось 2 % рыб, а в возрастной группе 2+ — 50 %.

В 2022 г. в подходах кеты к «забойке» ЛРЗ «Рейдовый» рыб с меткой ЛРЗ «Минеральный» также не обнаружено. Среди рыб, отловленных у «забойки» ЛРЗ «Минеральный», доля рыб с метками этого завода составила 42,4 %. В выборке трехлеток мечеными оказалось 37,5 % рыб (в 2020 г. маркировано 38,7 % молоди), четырехлеток — 33,3 %. Таким образом, есть все основания считать, что большая часть кеты имела искусственное происхождение.

В ходе исследования расселения заводской кеты в бассейне р. Курилка в целом были получены аналогичные результаты.

В бассейне реки действуют два рыбоводных завода: ЛРЗ «Курильский» расположен на ручье Кетовом на расстоянии порядка 3,6 км от устья, ЛРЗ «Лебединый» — на ручье Безымянном (бассейн оз. Лебединого). Озеро сообщается с р. Курилка через протоку, впадающую в основное русло в 2,5 км от устья (рис. 3). Регулярный выпуск молоди кеты с ЛРЗ «Курильский» осуществляется с 2004 г. ЛРЗ «Лебединый» введен в действие в 2015 г. (первый выпуск молоди кеты состоялся в 2016 г.). Общая учетная площадь нерестилищ кеты в бассейне р. Курилка составляет 26,6 тыс. м<sup>2</sup>. Из них 11,5 тыс. м<sup>2</sup> расположено в р. Курилка выше «забойки» рыбоводного завода (рис. 3). Регулирование пропуска производителей лососей на нерестилища осуществляется с помощью РУЗ.

В течение нескольких лет материал собирали в бассейне оз. Лебединого и у пункта сбора икры ЛРЗ «Курильский». Только в 2013 г. пробы были отобраны еще и на нерестилищах р. Курилка.

В 2013 г. маркированные рыбы присутствовали во всех пробах, за исключением собранных на озерных нерестилищах. При этом доля меченой кеты в выборках, взятых на разных участках бассейна р. Курилка, в большинстве случаев оказалась сопоставима с таковой в районе расположения рыбоводной «забойки» ЛРЗ «Курильский» (рис. 3). Низкие показатели встречаемости (до 20 %) обусловлены изначально незначительным количеством маркированных рыб среди заводской кеты (от 0 до 43,1 % в разных возраст-

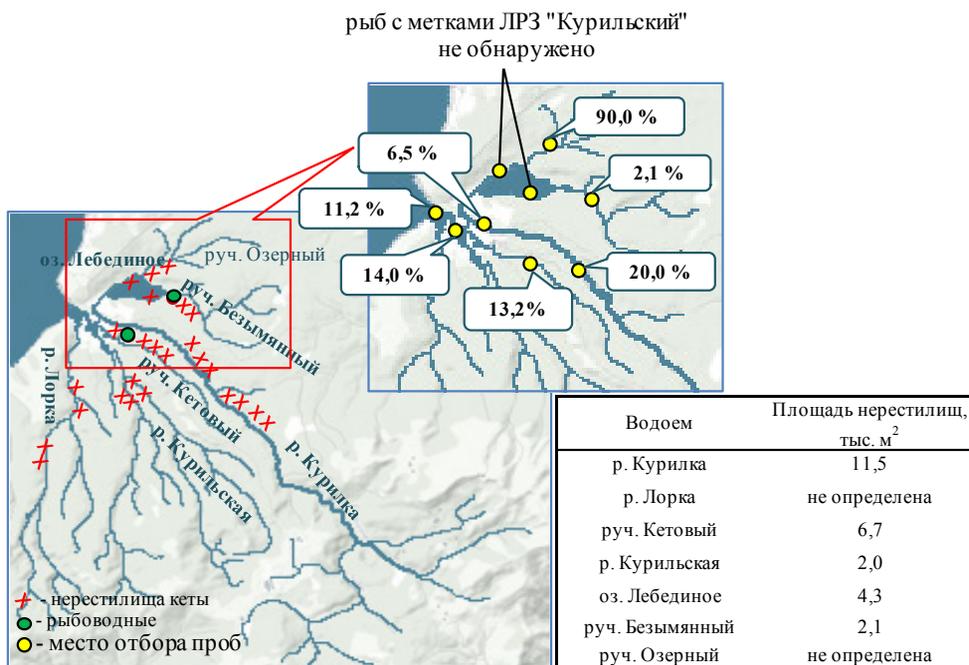


Рис. 3. Распределение нерестилищ и встречаемость рыб с меткой ЛРЗ «Курильский» в скоплениях кеты на разных участках бассейна р. Курилка в 2013 г.

Fig. 3. Scheme of spawning grounds and occurrence of fish with tag of Kurilsky hatchery in chum salmon aggregations in different areas of the Kurilka River basin in 2013

ных группах). Следует отметить, что на нерестилищах ручья Озерного, где преобладали маркированные рыбы, было обнаружено всего 10 экз. снетки одного возраста (2+).

Рыбы с метками ЛРЗ «Лебединый» в районе расположения ЛРЗ «Курильский» не встречались. В то же время кета, маркированная на ЛРЗ «Курильский», четыре раза на протяжении восьми лет наблюдений фиксировалась на нерестилищах оз. Лебединого и ручья Безымянного (рис. 4). Максимальная встречаемость была отмечена в 2016 г. и составила соответственно 26,5 и 2,2 %.

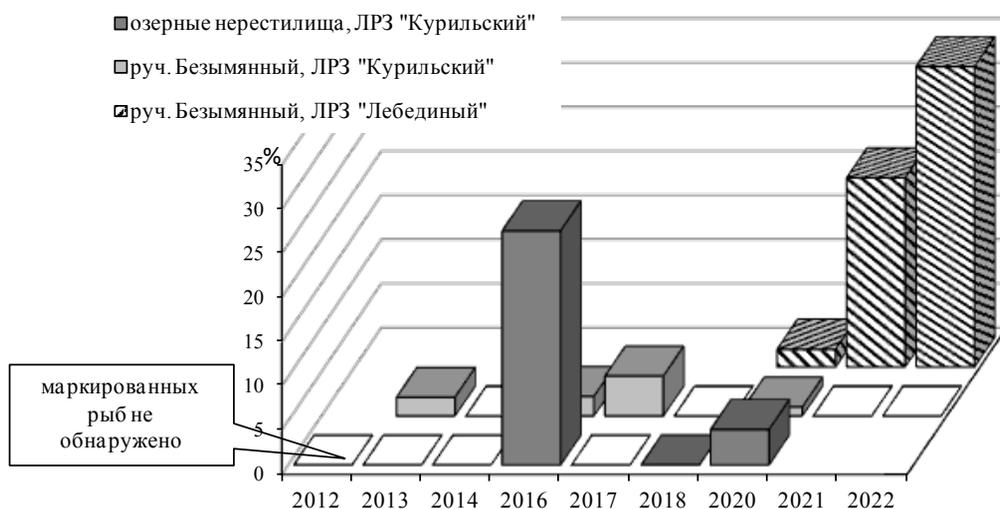


Рис. 4. Встречаемость кеты с метками ЛРЗ «Курильский», «Лебединый» на нерестилищах бассейна оз. Лебединого

Fig. 4. Occurrence of chum salmon with tags of Kurilsky and Lebediny hatcheries on spawning grounds in the Lake Lebedinoe basin

Полученные данные позволяют заключить, что в реки Рейдовая и Курилка кета искусственного происхождения практически не поднимается выше мест расположения ЛРЗ. В этом отношении характер расселения заводских производителей на нерестилища отличается от описанного для кеты, культивируемой на Паратунском ЛРЗ (бассейн р. Паратунка, п-ов Камчатка) [Запорожец, Запорожец, 2017]: по результатам анализа структуры чешуи установлено, что заводские производители присутствовали на нерестилищах р. Паратунка, расположенных почти на 20 км выше рыбоводного завода. Причина такого различия нам неизвестна, но при идентификации маркированной кеты из уловов на «забойках» Березняковского и Соколовского ЛРЗ (бассейн р. Найба, о. Сахалин) рыб с метками ЛРЗ «Залом», расположенного на 20 км ниже по течению, также не обнаружено [Ворожцова и др., 2023]. Поэтому мы допускаем, что в бассейнах рек Курилка, Рейдовая сохраняются нерестовые участки, где размножается исключительно кета естественного происхождения.

**Межбассейновый стрейнг.** Маркированная кета была обнаружена во всех исследованных реках и озерах. Наиболее длительно (8 лет) материал собирали в бассейне р. Курилка. За это время заход «чужой» кеты в реку отмечался 4 раза (табл. 2). Доля маркированных рыб в объединенных выборках из уловов в устье реки и в бассейне оз. Лебединого варьировала от 0,3 до 2,9 %. В выборках кеты из р. Рейдовой на протяжении 7 лет исследований этот показатель изменялся в пределах 0–5,1 %, а из р. Рыбацкой (7 лет) — 0–37,4 %. Среди сненки, собранной на нерестилищах оз. Сопочного, доля маркированной кеты за период исследований (5 лет) варьировала от 0 до 22,7 %. Высокая доля встречаемости заводских рыб в р. Рыбацкой отмечена в 2018 г., тогда как в оз. Сопочном — в 2022 г. Значительные межгодовые вариации доли заводских рыб среди производителей кеты в отдельных водотоках, которые трудно объяснить на основе имеющихся данных о численности возврата, отмечены и в ходе аналогичных исследований в других регионах [Brenner et al., 2012; McConnell et al., 2018; Knudsen et al., 2021].

Выявлен обмен производителями между стадами кеты, воспроизводимыми в реках севернее и южнее п-ова Чирип. Максимально зафиксированный радиус стрейнга составил 112 км (в оз. Сопочном присутствовала кета, маркированная на ЛРЗ «Саратовский»). Вполне возможно, что пороги стрейнга «итурупской» кеты могут быть шире, поскольку в 2012 г. на нерестилищах р. Славной, расположенной почти на 30 км севернее оз. Сопочного, были обнаружены рыбы с метками ЛРЗ «Курильский» и «Рейдовый».

Суммарная доля рыб с метками рыбоводных заводов зал. Курильского в выборке из рек, впадающих в зал. Простор, на порядок превышала долю «чужих» рыб в «курильской» выборке: 3,5 против 0,3 %. И это притом, что объемы выпуска маркированной молоди с рыбоводных заводов зал. Простор, как правило, превосходили таковые с «курильских» ЛРЗ в среднем в 2,1 раза.

Для корректного сопоставления интенсивности стрейнга кеты локальных заводских стад данные по встречаемости маркированных рыб были стандартизированы путем пересчета на 10 млн шт. выпущенной молоди. Судя по полученным результатам, повышенный уровень стрейнга демонстрировала кета, культивируемая на каждом из «курильских» ЛРЗ (рис. 5). Отчасти это может быть связано с направлением ее миграции вдоль северной части охотоморского побережья острова. Однако это не объясняет того, почему стрейнг кеты, выпущенной с ЛРЗ «Китовый» и «Лебединый», оказался в несколько раз выше, чем у кеты с ЛРЗ «Курильский».

Интересно отметить, что наименьший уровень стрейнга зафиксирован у кеты ЛРЗ «Бухта Оля». До настоящего времени вопрос формирования устойчивости хоминга кеты этого стада оставался дискуссионным в силу особенностей технологии выращивания молоди. Рыбоводный завод не имеет базовой реки, расположен на морском побережье, и молодь подращивают в искусственном водоеме, в который была превращена часть морской лагуны (рис. 6) [Литвиненко, Корнеева, 2017].

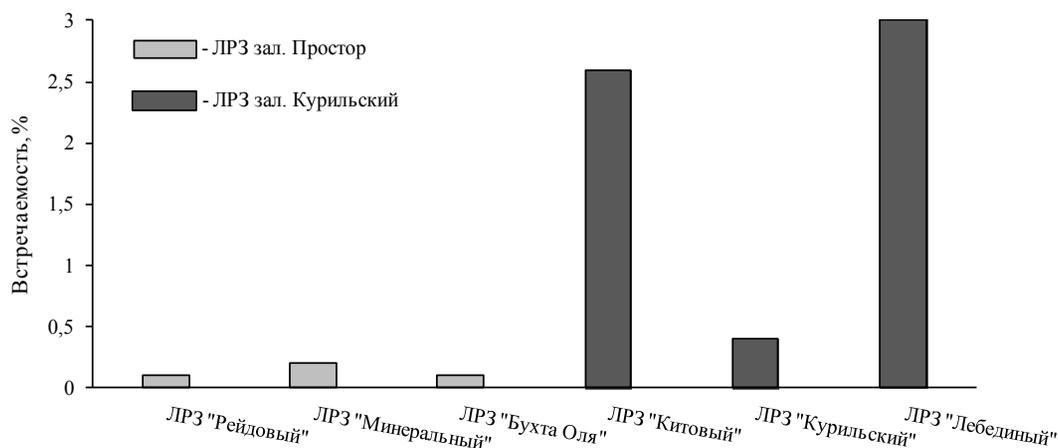


Рис. 5. Встречаемость рыб с метками разных ЛРЗ в объединенной выборке кеты, отобранной в реках и озерах о. Итуруп в 2012–2022 гг.

Fig. 5. Occurrence of fish with tags of certain hatcheries in the pooled sample of chum salmon collected in the rivers and lakes of Iturup Island in 2012–2022



Рис. 6. Лососевый рыболоводный завод «Бухта Оля» (фотография с сайта ЗАО «Гидрострой») Fig. 6. Salmon hatchery Bukhta Olya (photo from the website of Gidrostroy Co.)

Для изучения характера расселения заводских рыб относительно базовых рек ЛРЗ наиболее показательными являются данные, полученные в 2016–2018 гг. Именно в эти годы на нерест вернулись маркированные производители каждой из возрастных групп четырех самых крупных рыболоводных заводов на о. Итуруп — ЛРЗ «Рейдовый», «Бухта Оля», «Китовый» и «Курильский». В этом контексте также полезны данные 2022 г., когда в возврате присутствовали производители в возрасте 2+, 3+, 4+, маркированные на ЛРЗ «Лебединый».

В 2016, 2017 гг. пробы отбирали только в реках Рыбацкая и Курилка (бассейн зал. Курильского). В 2018 г. было обследовано 5 водотоков (рис. 7).

В 2016 г. в р. Курилка выявили рыб с метками ЛРЗ «Рейдовый» и «Китовый». Несмотря на то что ЛРЗ «Китовый» расположен менее чем в 4 км севернее р. Курилка, а ЛРЗ «Рейдовый» почти на 54 км севернее, количество рыб с метками этих предприятий

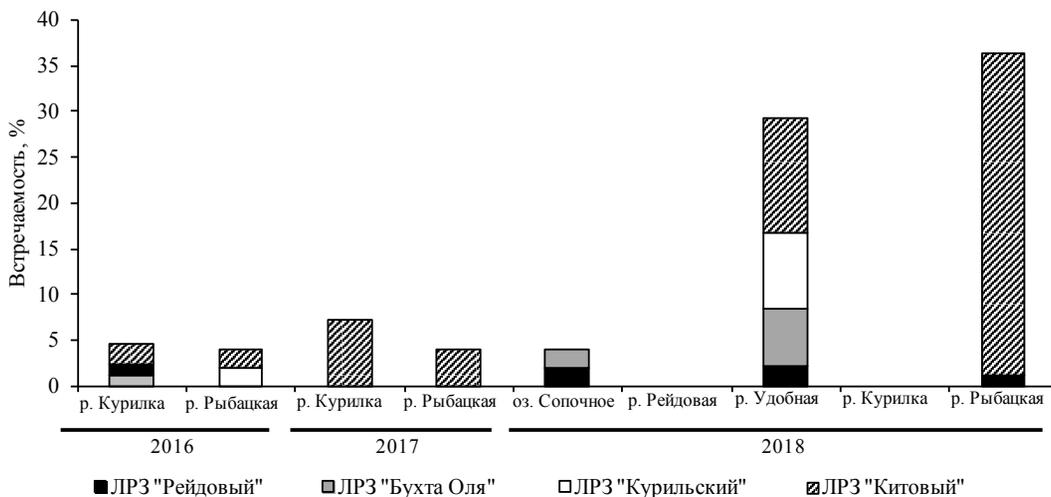


Рис. 7. Встречаемость рыб с метками разных ЛРЗ в выборках кеты, отобранных в реках и озерах о. Итуруп в 2016–2018 гг.

Fig. 7. Occurrence of fish with tags of certain hatcheries in samples of chum salmon collected in the rivers and lakes of Iturup Island in 2016–2018

оказалось практически одинаковым (рис. 7). В 2017 г. «рейдовской» кеты в р. Курилка не обнаружено, тогда как доля рыб с метками ЛРЗ «Китовый» (7,1 %) была в 2,4 раза больше, чем годом ранее. В 2018 г. рыб с метками «чужих» рыбоводных заводов в р. Курилка не выявлено.

В пробе, отобранной на нерестилищах р. Рыбацкой в 2016 г., в равном количестве присутствовала кета, культивируемая на ЛРЗ «Курильский» и «Китовый». В 2017, 2018 гг. производителей с «курильской» меткой в этой реке не обнаружили, тогда как кета, маркированная на ЛРЗ «Китовый» и «Рейдовый», присутствовала.

Все маркированные рыбы в выборке кеты из р. Рейдовой в 2018 г. были выпущены с ЛРЗ «Рейдовый». В то же время в р. Удобной, впадающей в зал. Простор всего на 2,6 км южнее, присутствовала кета со всех предприятий, участвующих в программе маркирования молоди. Доля меченой кеты составила 29,2 %. Неожиданным для нас стало явное преобладание рыб с метками рыбоводных заводов зал. Курильского (рис. 7).

Результаты исследований 2022 г. также подтверждают довольно хаотичный характер отклонения производителей относительно водоема выпуска молоди. Рыбы с метками ЛРЗ «Лебединый» в значительном количестве (20,2 %) выявлены среди сненки на нерестилищах оз. Сопочного, расположенного более чем в 80 км севернее р. Курилка (базовая река ЛРЗ «Лебединый»), и не обнаружены в рядом протекающей р. Рыбацкой.

Отсутствие закономерности в распределении полученных пространственных данных, на наш взгляд, обусловлено их ограниченностью. Возможно, если бы исследованием было охвачено большее количество рек, удалось бы проследить снижение уровня стрейнга по мере удаления от базовых водоемов рыбоводных заводов, отмечаемое другими исследователями [Brenner et al., 2012; Josephson et al., 2021].

В условиях, когда метили лишь часть рыбоводной продукции, а также наблюдали значительную изменчивость уровня стрейнга маркированной кеты как по отдельным водоемам, так и в межгодовом аспекте, представляют интерес некие средние оценки доли заводских производителей на нерестилищах. Согласно нашим расчетам, выполненным на основе средневыворочных значений доли маркированных рыб, в 2016–2018 гг. данный показатель варьировал по отдельным водотокам в пределах 3,3–13,6 % (табл. 3).

Таблица 3

Доля заводских рыб среди производителей кеты на нерестилищах рек заливов Простор и Курильский в 2016–2018 гг., %

Table 3

Portion of hatchery chum salmon on spawning grounds in the rivers of Prostor and Kurilsky Bays in 2016–2018, %

Происхождение рыб	Бассейн зал. Простор		Бассейн зал. Курильского			
	Малые водотоки	Р. Рейдовая		Малые водотоки	Р. Курилка	
		Нижнее течение	В целом по бассейну		Нижнее течение	В целом по бассейну
С ЛРЗ зал. Простор, участвующих в программе маркирования	2,4	1,8	0,6	0,1		
Со всех ЛРЗ зал. Простор	2,8	2,1	0,7	0,2		
С метками ЛРЗ зал. Курильского, участвующих в программе маркирования	4,0	3,0	7,6	1,9		
Со всех ЛРЗ зал. Курильского	6,8	5,1	12,9	3,1		
Всего заводских рыб	9,6	7,2	13,6	3,3		

*Примечание.* Для рек Рейдовая и Курилка указаны только результаты оценки межбассейнового стрейнга.

Учитывая, что возвраты кеты в 2014, 2019–2021 гг. были обеспечены примерно такими же выпусками, что и возвраты 2016–2018 гг. (114,6–159,0 млн экз.), логично предположить, что представленные выше оценки присутствия заводской кеты на нерестилищах были характерны и для этих лет. Начиная с 2020 г. объемы выпуска молоди превышают 200 млн экз. Поэтому в последующие годы, по-видимому, следует ожидать некоторого увеличения масштабов стрейнга.

### Выводы

Исследование, охватывающее период с 2012 по 2022 г., показало наличие ежегодного стрейнга заводской кеты на нерестилища рек и озер охотоморского побережья о. Итуруп.

На основании данных о встречаемости маркированной кеты средняя доля заводских рыб на нерестилищах водотоков и водоемов зал. Простор, Курильский в 2014–2022 гг. оценена соответственно в 9,6 и 13,6 %. До 2014 г. заводские рыбы присутствовали на нерестилищах «диких» рек в единичном количестве.

В реках Рейдовая и Курилка (базовые реки ЛРЗ) этот показатель был ожидаемо выше. На нерестилищах в районе расположения рыбодных заводов доля рыб искусственного происхождения превышала 70 %. До 2018 г. заводская кета заходила в притоки нижнего течения рек Курилка и Рейдовая не каждый год. Максимальный стрейнг (93,9 %) был зафиксирован на нерестилища оз. Рейдового (бассейн р. Рейдовой).

### Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают искреннюю благодарность рецензентам за критические замечания и ценные советы.

The authors are sincerely grateful to anonymous reviewers for their critical comments and valuable advices.

### Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study was not sponsored.

## Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional guidelines for care and use of animals were implemented.

The authors declare that they have no conflict of interest.

## Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Концепция исследования, анализ данных, написание текста статьи — М.Ю. Стекольников; анализ микроструктуры отолитов — Е.Г. Акиничева, Ю.А. Батюк; организация сбора отолитных проб — И.А. Вараксин. Совместно обсуждены полученные результаты.

Research concept, data analysis, text writing — M. Yu. Stekolshchikova; otoliths microstructure analysis — E. G. Akinicheva, Y. A. Batiuk; otolith samples collection — I. A. Varaksin; results of the study were discussed jointly.

## Список литературы

**Ворожцова А.А., Мякишев М.С., Зеленников О.В.** Роль отолитного маркирования кеты *Oncorhynchus keta* в исследовании эффективности ее заводского воспроизводства // Изв. ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 4. — С. 1009–1019. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-1009-1019. EDN: QSTLVO.

**Ельников А.Н., Зеленников О.В.** О состоянии промыслового стада кеты *Oncorhynchus keta* и прогнозировании ее численности у острова Итуруп // Изв. ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 1. — С. 58–74. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-58-74. EDN: QPTWBF.

**Ельников А.Н., Лепская В.А., Вараксин И.А.** Прогнозирование численности кеты на Южных Курильских островах // Тр. ВНИРО. — 2019. — Т. 177. — С. 17–27.

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

**Запорожец Г.В., Запорожец О.М.** Структура возврата, численность и биологические характеристики заводской и дикой кеты в бассейне реки Паратунки (юго-восточная Камчатка) в 2010–2015 гг. // Изв. ТИНРО. — 2017. — Т. 190. — С. 49–61. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-190-49-61.

**Зиничев В.В., Леман В.Н., Животовский Л.А., Ставенко Г.А.** Теория и практика сохранения биоразнообразия при разведении тихоокеанских лососей : Тихоокеанские лососи: Состояние. Проблемы. Решения : моногр. — М. : ВНИРО, 2012. — 240 с.

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

**Каев А.М., Ромасенко Л.В., Каев Д.А.** К вопросу об эффективности крупномасштабного заводского разведения кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792) на острове Итуруп (Курильские острова) // Биол. моря. — 2021. — Т. 47, № 6. — С. 411–420. DOI: 10.31857/S0134347521060073.

**Кловач Н.В., Леман В.Н., Ельников А.Н., Вараксин И.А.** Воспроизводство и промысел кеты о. Итуруп (южные Курильские острова): прошлое, настоящее, будущее // Рыб. хоз-во. — 2018. — № 6. — С. 42–47.

**Литвиненко А.В., Корнеева Е.И.** Опыт выращивания молоди кеты на лососевом рыболовном заводе «Бухта Оля» // Изв. КГТУ. — 2017. — № 44. — С. 28–37.

**Хованский И.Е.** Задачи и возможности управляемого лососеводства // Рыб. хоз-во. — 2000. — № 3. — С. 50–53.

**Araki H., Cooper B., Blouin M.S.** Genetic effects of captive breeding cause a rapid, cumulative fitness decline in the wild // Science. — 2007. — Vol. 318. — P. 100–103. DOI: 10.1126/science.1145621.

**Brenner R.E., Moffitt S.D., Grant W.S.** Straying of hatchery salmon in Prince William Sound, Alaska // Environ. Biol. Fishes. — 2012. — Vol. 94. — P. 179–195.

**Hilborn R., Eggers D.** A review of the hatchery programs for pink salmon in Prince William Sound and Kodiak Island, Alaska // Trans. Am. Fish Soc. — 2000. — Vol. 129, № 2. — P. 333–350. DOI: 10.1577/1548-8659(2000)129<0333:AROTHP>2.0.CO;2.

**Josephson R., Wertheimer A., Gaudet D. et al.** Proportions of hatchery fish in escapements of summer-run Chum Salmon in Southeast Alaska, 2013–2015 // North Amer. J. Fish. Manag. — 2021. — Vol. 41, Iss. 3. — P. 724–738. DOI: 10.1002/nafm.10580.

**Knudsen E.E., Rand P.S., Gorman K.B. et al.** Hatchery-Origin Stray Rates and Total Run Characteristics for Pink Salmon and Chum Salmon Returning to Prince William Sound, Alaska, in 2013–2015 // Marine and Coastal Fisheries. — 2021. — Vol. 13 — P. 58–65. DOI: 10.1002/mcf2.10134.

**Kostov K.E.** Differences in juvenile phenotypes and survival between hatchery stocks and a natural population provide evidence for modified selection due to captive breeding // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 2004. — Vol. 61, № 4. — P. 577–589. DOI: 10.1139/f04-019.

**Kostov 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, № 3. — P. 825–841. DOI: 10.1577/T04-204.1.

**McConnell C.J., Westley P.A.H., McPhee M.V.** Differences in fitness-associated traits between hatchery and wild chum salmon despite long-term immigration by strays // Aquacult. Environ. Interact. — 2018. — Vol. 10 — P. 99–113. DOI: 10.3354/aei00261.

**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. DOI: 10.1006/jmsc.1999.0455.

**Schroder S.L., Knudsen C.M., Pearsons T.N. et al.** Behavior and breeding success of wild and first-generation hatchery male spring chinook salmon spawning in an artificial stream // Trans. Am. Fish Soc. — 2010. — Vol. 139, № 4. — P. 989–1003. DOI: 10.1577/T08-143.1.

**Secor D.H., Dean J.M., Laban E.H.** Manual for Otolith Removal and Preparation for Microstructural Examination. — Columbia : Belle W. Baruch and Electric Power Research Institute, 1991. — 85 p.

**Wertheimer A.C., Smoker W.W., Joyce T.L., Heard W.R.** Comment: a review of the hatchery programs for pink salmon in Prince William Sound and Kodiak Island, Alaska // Trans. Am. Fish Soc. — 2001. — Vol. 130, № 4. — P. 712–720. DOI: 10.1577/1548-8659(2001)130<0712: CAROTH>2.0.CO;2/.

## References

**Vorozhtsova, A.A., Miakishev, M.S., and Zelennikov, O.V.,** Results of otolith marking of chum salmon *Oncorhynchus keta* for testing efficiency of their artificial reproduction, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 4, pp. 1009–1019. doi 10.26428/1606-9919-2023-203-1009-1019. EDN: QSTLVO.

**Elnikov, A.N. and Zelennikov, O.V.,** On state of commercial herd of chum salmon *Oncorhynchus keta* and forecasting its abundance at Iturup Island, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 1, pp. 58–74. doi 10.26428/1606-9919-2023-203-58-74. EDN: QPTWBF.

**Elnikov, A.N., Lepskaya, V.A., and Varaksin, I.A.,** Forecasting the identification of chum salmon on the South Kuril Islands, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2019, vol. 177, pp. 17–27.

**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.

**Zaporozhets, G.V. and 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. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2017, vol. 190, pp. 49–61. doi 10.26428/1606-9919-2017-190-95-101

**Zinichev, V.V., Leman, V.N., Zhivotovsky, L.A., and Stavenko, G.A.,** *Teoriya i praktika sokhraneniya bioraznoobraziya pri razvedenii tikhookeanskikh lososey: Tikhookeanskiye lososi: Sostoyaniye. Problemy. Resheniya* (The theory and practice of biodiversity conservation in the breeding of Pacific salmon : Pacific salmon: Status. Problems. Solutions), Moscow: VNIRO, 2012.

**Kaev, A.M. and Ignatyev, Yu.I.,** The progress of Pacific salmon hatchery culture in the Sakhalin-Kuril region and its importance for fishery, *Tr. Vseross. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2015, vol. 153, pp. 95–104.

**Kaev, A.M., Romasenko, L.V., and Kaev, D.A.,** On the issue of efficiency of large-scale hatchery rearing of chum salmon (*Oncorhynchus keta*, Walbaum, 1792) on Iturup Island, Kuril Islands, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2021, vol. 47, no. 6, pp. 470–479. doi 10.1134/S1063074021060079

**Klovach, N.V., Leman, V.N., Elnikov, A.N., and Varaksin, I.A.,** Reproduction and trade of Iturup Island chum salmon (southern Kuril Islands). The past, the present and the future prospects, *Rybn. Khoz.*, 2018, no. 6, pp. 42–47.

**Litvinenko, A.V. and Korneeva, E.I.,** Experience in growing juvenile chum salmon at the salmon hatchery “Olya Bay”, *Izv. KSTU*, 2017, no. 44, pp. 28–37.

**Khovansky, I.E.,** Challenges and opportunities for managed salmon farming, *Rybn. Khoz.*, 2000, no. 3, pp. 50–53.

**Araki, H., Cooper, B., and Blouin, M.S.,** Genetic effects of captive breeding cause a rapid, cumulative fitness decline in the wild, *Science*, 2007, vol. 318, pp. 100–103. doi 10.1126/science.1145621

**Brenner, R.E., Moffitt, S.D., and Grant, W.S.,** Straying of hatchery salmon in Prince William Sound, Alaska, *Environ. Biol. Fishes.*, 2012, vol. 94, pp. 179–195.

**Hilborn, R. and Eggers, D.,** A review of the hatchery programs for pink salmon in Prince William Sound and Kodiak Island, Alaska, *Trans. Am. Fish Soc.*, 2000, vol. 129, no. 2, pp. 333–350. doi 10.1577/1548-8659(2000)129<0333:AROTHP>2.0.CO;2

**Josephson, R., Wertheimer, A., Gaudet, D., Knudsen, E.E., Adams, B., Bernard, D.R., Heintz, S.C., Piston, A.W., and Templin, W.D.,** Proportions of hatchery fish in escapements of summer-run Chum Salmon in Southeast Alaska, 2013–2015, *North Amer. J. Fish. Manag.*, 2021, vol. 41, Iss. 3, pp. 724–738. doi 10.1002/nafm.10580

**Knudsen, E.E., Rand, P.S., Gorman, K.B., Bernard, D.R., and Templin, W.D.,** Hatchery-Origin Stray Rates and Total Run Characteristics for Pink Salmon and Chum Salmon Returning to Prince William Sound, Alaska, in 2013–2015, *Marine and Coastal Fisheries*, 2021, vol. 13, pp. 41–68. doi 10.1002/mcf2.10134

**Kostov, K.E.,** Differences in juvenile phenotypes and survival between hatchery stocks and a natural population provide evidence for modified selection due to captive breeding, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 2004, vol. 61, no. 4, pp. 577–589. doi 10.1139/f04-019

**Kostov, K.E. and 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, no. 3, pp. 825–841. doi 10.1577/T04-204.1

**McConnell, C.J., Westley, P.A.H., and McPhee, M.V.,** Differences in fitness-associated traits between hatchery and wild chum salmon despite long-term immigration by strays, *Aquacult. Environ. Interact.*, 2018, vol. 10, pp. 99–113. doi 10.3354/aei00261

**Reisenbichler, R.R. and 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, pp. 459–466. doi 10.1006/jmsc.1999.0455

**Schroder, S.L., Knudsen, C.M., Pearsons, T.N., Kassler, T.W., Young, S.F., Beall, E.P., and Fast, D.E.,** Behavior and breeding success of wild and first-generation hatchery male spring chinook salmon spawning in an artificial stream, *Trans. Am. Fish Soc.*, 2010, vol. 139, no. 4, pp. 989–1003. doi 10.1577/T08-143.1

**Secor, D.H., Dean, J.M., and Laban, E.H.,** *Manual for Otolith Removal and Preparation for Microstructural Examination*, Columbia: Belle W. Baruch and Electric Power Research Institute, 1991.

**Wertheimer, A.C., Smoker, W.W., Joyce, T.L., and Heard, W.R.,** Comment: a review of the hatchery programs for pink salmon in Prince William Sound and Kodiak Island, Alaska, *Trans. Am. Fish Soc.*, 2001, vol. 130, no. 4, pp. 712–720. doi 10.1577/1548-8659(2001)130<0712: CAROTH>2.0.CO;2/

Поступила в редакцию 5.08.2024 г.

После доработки 8.10.2024 г.

Принята к публикации 10.12.2024 г.

The article was submitted 5.08.2024; approved after reviewing 8.10.2024; accepted for publication 10.12.2024