Известия ТИНРО

2023 **Том 203, вып. 4. С. 1009–1019.**

Izvestiya TINRO, 2023, Vol. 203, No. 4, pp. 1009–1019.

АКВАКУЛЬТУРА
AQUACULTURE

Научная статья
УДК 639.2.053:597.555.5
DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-1009-1019
EDN: QSTLVO

РОЛЬ ОТОЛИТНОГО МАРКИРОВАНИЯ КЕТЫ *ONCORHYNCHUS KETA* В ИССЛЕДОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕЕ ЗАВОДСКОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА

А.А. Ворожцова[1], М.С. Мякишев[1], О.В. Зеленников[2]*
[1] Сахалинский филиал Главрыбвода,
693006, г. Южно-Сахалинск, ул. Емельянова, 43Б;
[2] Санкт-Петербургский государственный университет,
199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9

Аннотация. Исследовали отолиты у 3473 производителей кеты, выловленных в устьевой зоне р. Найба и у объединенного пункта сбора икры (забойки) Березняковского и Соколовского лососевых рыбоводных заводов в период с 2013 по 2019 г. Установили, что практически все производители кеты, выловленные у забойки, были маркированы на одном из этих заводов и в ходе миграции перемещались в направлении того предприятия, с которого ранее были выпущены мальками. Бóльшая часть особей кеты, пойманных в устьевой зоне р. Найба, также имела метку Березняковского или Соколовского завода, что свидетельствовало о значительном вкладе этих предприятий в совокупный улов кеты в Долинском районе Сахалинской области.

Ключевые слова: кета, *Oncorhynchus keta*, отолитное маркирование, рыбоводные заводы, Сахалинская область

Для цитирования: 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.

Original article

Results of otolith marking of chum salmon *Oncorhynchus keta* for testing efficiency of their artificial reproduction

Alexandra A. Vorozhtsova*, Maxim S. Miakishev, Oleg V. Zelennikov*****
*, ** Sakhalin branch of Glavrybvod, 43B, Emelyanov Str., Yuzhno-Sakhalinsk 693006, Russia
*** St. Petersburg State University, 7/9, Universitetskaya Emb., St. Petersburg 199034, Russia
* head of laboratory, lab_vbr@mail.ru, ORCID 0009-0000-9842-3260
** head of department, lab_vbr@mail.ru, ORCID 0009-0009-6589-3149
*** D.Biol., assistant professor, oleg_zelennikov@rambler.ru, ORCID 0000-0001-8779-7419

* *Ворожцова Александра Александровна, заведующая лабораторией, lab_vbr@mail.ru, ORCID 0009-0000-9842-3260; Мякишев Максим Сергеевич, начальник отдела, lab_vbr@mail.ru, ORCID 0009-0009-6589-3149; Зеленников Олег Владимирович, доктор биологических наук, доцент, oleg_zelennikov@rambler.ru, ORCID 0000-0001-8779-7419.*

© Ворожцова А.А., Мякишев М.С., Зеленников О.В., 2023

Abstract. Otoliths from 3473 chum salmon spawners caught at the mouth of Naiba River and at Bereznyakovsky and Sokolovsky salmon hatcheries in 2013–2019 are investigated. Almost all of the chum adults caught at the hatcheries were marked at one of them and obviously migrated toward the point where they were released being the fry. Moreover, the most of chum spawners caught at the mouth of Naiba River also had the mark of either Bereznyakovsky or Sokolovsky hatchery, which definitely contributed a significant portion of the total stock of chum salmon in Dolinsky district of Sakhalin region.

Keywords: chum salmon, *Oncorhynchus keta*, otolith marking, juvenile, hatchery, Sakhalin Region

For citation: Vorozhtsova A.A., Miakishev M.S., Zelennikov O.V. Results of otholith 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. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-1009-1019. EDN: QSTLVO.

Введение

Юго-восточная часть Сахалина наиболее привлекательна для организации рыбопромысловых предприятий и строительства рыбоводных заводов. Многочисленное население, развитая сеть дорог, самый короткий маршрут для завоза материалов и вывоза продукции — все эти и другие обстоятельства способствовали тому, что на Сахалине именно здесь были построены многочисленные и наиболее продуктивные рыбоводные заводы (Фирсовка, Долинка, Поречье и др.), а все федеральные заводы, расположенные недалеко от устьев рек (Пугачевский, Лесной, Охотский), были взяты в аренду частными рыбопромысловыми компаниями.

На этом фоне весьма странной представлялась ситуация с двумя крупными федеральными рыбоводными заводами, Березняковским и Соколовским, расположенными в 76 и 56 км от морского прибрежья и ориентированными на воспроизводство молоди кеты. На южном Сахалине, где работает 37 рыбоводных заводов, нет больше примеров столь отдаленного расположения рыбоводного предприятия от устья базовой реки. За 20 лет, прошедших после начала эксплуатации заводов в современном виде, только в 2002, 2009 и 2019 гг. на своей забойке удалось собрать количество икры, достаточное для выполнения планового задания по выращиванию молоди. Во все остальные годы предприятия не могли обеспечить собственную работу, и икру на них частично или в полном объеме завозили с других рыбоводных заводов, что согласно современным представлениям является нежелательным [Животовский, Смирнов, 2018].

Причины того, что из года в год на эти заводы не возвращалась рыба, назывались разные. В частности, высказывалось не подтвержденное научными данными мнение о низкой эффективности работы этих предприятий [Стекольщикова и др., 2021], особенно если учесть, что до последнего времени эффективность работы лососевых рыбоводных заводов оценивали по числу производителей, самостоятельно дошедших до предприятия в ходе нерестовой миграции. В свою очередь для рыбоводов и ихтиологов причина оскудения заводских стад кеты была очевидной и определялась браконьерством в промышленных масштабах, из-за которого рыба просто не доходила до заводов. Однако подтвердить это обстоятельство конкретными данными долгое время также не удавалось.

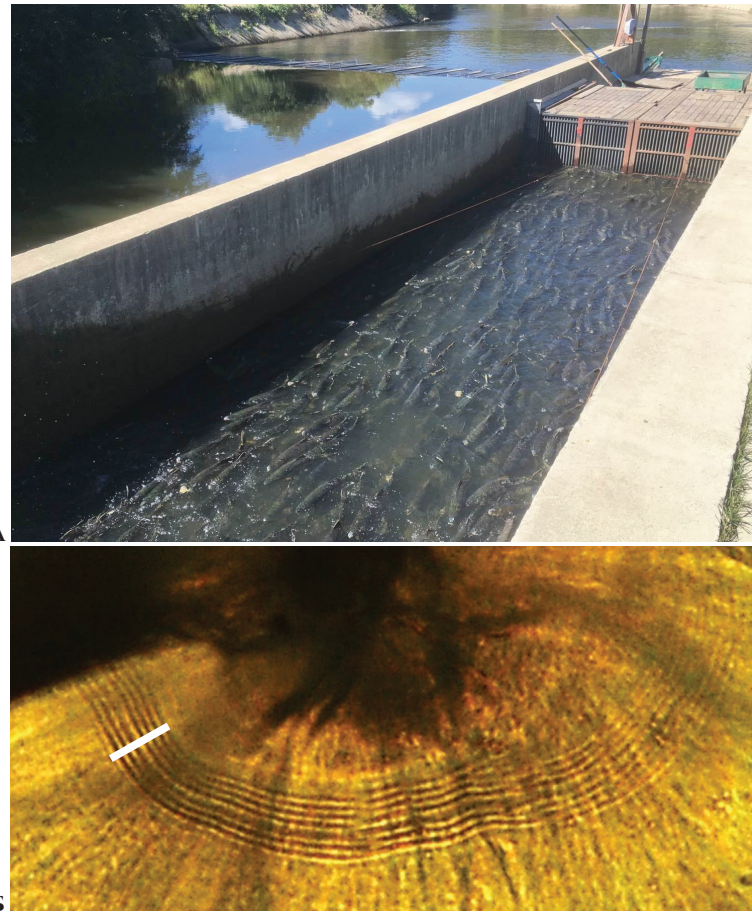
Вместе с тем в течение последних 15 лет в практику рыбоводства была внедрена техника отолитного маркирования [Акиничева, Рогатных, 1996; Пат. RU 2150827 C1], позволяющая выявлять рыб заводского происхождения на любом расстоянии от рыбоводных предприятий [Urava et al., 2003; Шубин, Акиничева, 2016; Мякишев и др., 2019; Бугаев и др., 2020] и уже на новом уровне судить об эффективности их работы. Однако поскольку методика отолитного маркирования была внедрена в практику сравнительно недавно, а каждое поколение кеты достигает полового созревания в течение 6–7 лет, то и данные по исследованию этого вида с применением отолитного маркирования являются пока немногочисленными [Стекольщикова и др., 2021; Зеленников и др., 2023] и

главным образом относятся к выявлению маркированных особей на путях миграций и местах нагула [Sato et al., 2009; Чистякова и др., 2015].

Цель нашей работы — показать возможности отолитного маркирования для оценки эффективности заводского воспроизводства кеты на примере Соколовского и Березняковского федеральных рыбоводных заводов, работающих в бассейне р. Найба.

Материалы и методы

Березняковский и Соколовский ЛРЗ, одни из старейших рыбоводных предприятий в Сахалинской области, были построены в 1924 и 1940 гг., в период, когда южная часть о. Сахалин входила в состав Японской империи. В современном виде оба завода были введены в эксплуатацию соответственно в 1997 и 1998 гг., приобретя технические возможности для воспроизводства молоди любого из видов тихоокеанских лососей. Заводы расположены близко друг к другу, в поселках Березняки и Сокол, имеют общее руководство, общий пункт сбора икры (забойку) в месте слияния рек Белая и Большой Такой и объединены в рыбохозяйственный комплекс «Найба». Березняковский ЛРЗ расположен на р. Большой Такой в 17 км, а Соколовский ЛРЗ — на р. Белой в 3 км от общей забойки и далее по рекам Большой Такой и Найба в 50 км от морского прибрежья. Необходимо отметить, что на пункте сбора икры оборудованы две линии садков — в русле р. Большой Такой (рис. 1, А) по направлению к Березняковскому ЛРЗ и в русле р. Белой по направлению к Соколовскому ЛРЗ.



А

Б

Рис. 1. Линия садков в русле р. Большой Такой по направлению к Березняковскому ЛРЗ (**А**); пример отолитной метки, сформированной на Березняковском ЛРЗ (**Б**)

Fig. 1. Line of cages in the bed of Bolshaya Takaya River towards Bereznyakovsky hatchery (**А**); an example of an otolith mark formed at Bereznyakovsky hatchery (**Б**)

Впервые термическое маркирование молоди кеты на Березняковском ЛРЗ опробовали в рыбоводном цикле 2001/02 г. Затем методику постепенно совершенствовали и уже с сезона 2009/10 г. на обоих предприятиях начали проводить тотальное маркирование рыбоводной продукции. В ходе работы применяли сухое [Пат. RU 2150827 C1], но чаще термическое маркирование. Информация и численность выпущенных мальков, а также коды использованных меток представлены в табл. 1.

Таблица 1

Число мальков кеты, маркированных и выпущенных с Березняковского и Соколовского ЛРЗ, а также коды использованных меток

Table 1

Number of chum salmon fry marked and released from Bereznyakovsky and Sokolovsky hatcheries and codes of their otolith marks

Год выпуска	Березняковский ЛРЗ		Соколовский ЛРЗ	
	Число мальков, млн шт.	Код метки	Число мальков, млн шт.	Код метки
2010	25,5708 1,3281	H4,2 4,2H4,2	14,4643	H5,2
2011	18,3856 9,5100	H1,2,2,1 3H1,2,2,1	9,2050 (39,8 %)*	5,2H
2012	28,6690	H6	13,7643 9,7527	H1,4,1 1,4,1H1,4,1
2013	28,510414	H4	17,7890	H1,4,1
2014	23,196967	H3,1,2n	11,7910 6,5367	H3n,1,2 5,2H3n,1,2
2015	19,8680	H3,3	18,3080	H3,4
2016	18,9520	H4,2	18,9900	H4,3

* В течение всех лет рыбоводную продукцию маркировали тотально, за исключением 2011 г., когда с Соколовского ЛРЗ выпустили 39,8 % маркированных мальков.

Сбор отолитов у рыб проводили в устьевой зоне р. Найба или на общем пункте сбора икры с 2013 по 2019 г. Всего были обработаны и исследованы отолиты у 3473 производителей кеты. Их распределение по годам представлено в табл. 2. Сбор отолитов обязательно дублировали сбором чешуи для определения возраста.

Отолиты извлекали из слуховых каналов, а уже в лабораторных условиях очищали от посторонних тканей и монтировали на предметные стекла, используя термопластический цемент (ThermoPlastic Cement 40-8100) производства США. Далее отолиты шлифовали до эмбриональной зоны и на заключительном этапе выявляли заводскую метку (рис. 1, Б).

Все данные по перевозке молоди на предприятия и их выпуску с заводов, а также сведения по числу пойманных рыб и возрастной структуре стада кеты являются нашими и содержатся в отчетах сахалинского филиала Главрыбвода. Сведения о вылове кеты в Долинском районе были предоставлены Сахалино-Курильским территориальным управлением Федерального агентства по рыболовству.

Результаты и их обсуждение

Представление полученных данных следует начать с анализа возрастной структуры стада кеты, сформированного работой Березняковского и Соколовского ЛРЗ. Согласно накопленным данным в 19 последних поколениях (с 1998 (завершение реконструкции Соколовского ЛРЗ) по 2016 г. (возврат генерации полностью завершился)) доля особей, подошедших к объединенной забойке, в возрасте 2+ в среднем составила 8,9 %, а в возрасте 3+ — 59,0 % (табл. 3). И хотя в трех поколениях — от 2000, 2002 и 2010 гг. — среди производителей преобладали рыбы в возрасте 4+, это скорее является отклонением от общей закономерности. Очевидно, что по сумме за много лет в

Таблица 2

Данные о выпуске молоди с Березняковского и Соколовского ЛРЗ и доле маркированных рыб среди производителей кеты, выловленных в районе устья р. Найба и объединенного пункта сбора икры в месте слияния рек Большой Такой и Белая

Table 2

Data on release of chum juveniles from Bereznyakovsky and Sokolovsky hatcheries and the portion of marked fish among chum salmon spawners caught at the mouth of Naiba River and at the confluence of the Bolshoy Takoy and Belaya Rivers

Год вылова	Место сбора	Изучено рыб, шт.	Число рыб с меткой		С меткой Березняковского ЛРЗ					С меткой Соколовского ЛРЗ				
					Шт.				%	Шт.				%
			Шт.	%	2+	3+	4+	5+		2+	3+	4+	5+	
2013	Устье	99	47	47,5	–	36	–	–	36,4	1	9	–	–	11,1
	Большой Такой	485	334	68,9	–	267	–	–	55,0	–	67	–	–	13,9
	Белая	495	384	77,6	–	93	–	–	18,8	–	291	–	–	58,8
2014	Устье	98	70	71,4	–	38	22	–	61,2	–	10	–	–	10,2
2015	Большой Такой	396	391	98,7	20	271	58	31	97,2	–	8	3	–	1,5
	Белая	400	374	93,5	8	131	30	9	41,1	3	118	44	31	52,4
2016	Устье	102	102	100	–	69	17	1	85,3	–	15	–	–	14,7
	Большой Такой	300	300	100	18	205	61	5	96,3	–	9	2	–	3,7
	Белая	300	288	96,0	8	151	33	1	67,0	1	67	26	1	29,0
2017	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2018	Устье	300	288	96,0	17	101	23	5	50,7	11	112	18	1	45,3
2019*	Забойка	498	495	99,4	6	233	33	–	54,9	4	169	45	5	44,5

* В 2019 г. рыб взяли из общего стада до их захода в ловушки по направлению к рекам Белая и Большой Такой.

Таблица 3

Число производителей кеты, пойманных у забойки Березняковского и Соколовского ЛРЗ, а также возрастная структура каждого поколения

Table 3

Number of adult chum salmon caught at Bereznyakovsky and Sokolovsky hatcheries and the age structure by year-classes

Год выпуска молоди	Число производителей кеты, экз.	Доля разновозрастных производителей кеты			
		2+	3+	4+	5+
1998	67043	35,3	31,2	33,4	0,1
1999	17454	4,4	62,9	31,8	0,9
2000	29054	7,2	30,6	58,8	3,4
2001	16945	0,7	94,4	4,6	0,3
2002	296332	2,6	22,6	73,9	0,9
2004	405404	9,2	55,3	33,9	1,6
2005	468194	7,7	84,0	7,1	1,2
2006	587424	25,8	42,7	31,1	0,4
2007	2501255	10,1	68,3	21,6	0
2008	269630	10,5	49,3	32,8	7,4
2009	150061	1,7	83,8	14,0	0,5
2010	620086	1,4	25,9	71,3	1,4
2011	896916	9,5	59,0	29,7	1,8
2012	366594	15,3	75,2	8,7	0,8
2013	152217	1,3	78,1	19,9	0,7
2015	95248	4,4	67,3	19,4	8,9
2016	87379	4,5	72,4	21,8	1,3
Среднее	**413366,8**	**8,9**	**59,0**	**30,2**	**1,9**

промысловом стаде двух заводов преобладают производители младших возрастных групп, а его основу составляют особи в возрасте 3+.

С 2009 по 2016 г. с Березняковского и Соколовского ЛРЗ в среднем выпускали соответственно 24,9 и 19,0 млн мальков кеты. Идентифицировать производителей с отолитными метками начали с 2013 г., когда вернулось первое из маркированных поколений в возрасте 3+.

Уже в 2013 г. среди рыб, пойманных в устьевой зоне, около половины особей имели метку одного из двух заводов, и это при том, что в уловах объективно еще не могло быть маркированных рыб в возрасте 4+ и старше. Среди производителей, пойманных у пункта сбора икры, число рыб с отолитной меткой было значительно больше. Всего из 985 исследованных в этом году рыб у 718 особей (72,9 %) выявили метку одного из двух рыбоводных заводов. При этом особи заводского происхождения преимущественно направлялись в район своего предприятия. Большая часть рыб, маркированных на Березняковском ЛРЗ, оказывалась в садках, установленных в р. Большой Такой, а большая часть рыб, маркированных на Соколовском ЛРЗ, — в садках, установленных в р. Белой (см. табл. 2).

При этом сам улов кеты в 2013 г. был почти в 3 раза меньше, чем в среднем за последние годы (табл. 3), и его объем не позволил выполнить плановое задание по закладке икры (рис. 2, А). В дополнение к собранным 29,9 млн икр. еще 18,0 млн икр. было завезено с других предприятий.

В следующем 2014 г., когда на нерест возвратились представители уже трех маркированных поколений, доля заводских рыб в устьевой зоне оказалась еще выше, составив 71,4 % (см. табл. 2).

В 2015 г. ситуация оказалась подобной. Из 796 рыб, собранных у пункта сбора икры, у 765 особей (96,1 %) выявили метку одного из двух заводов.

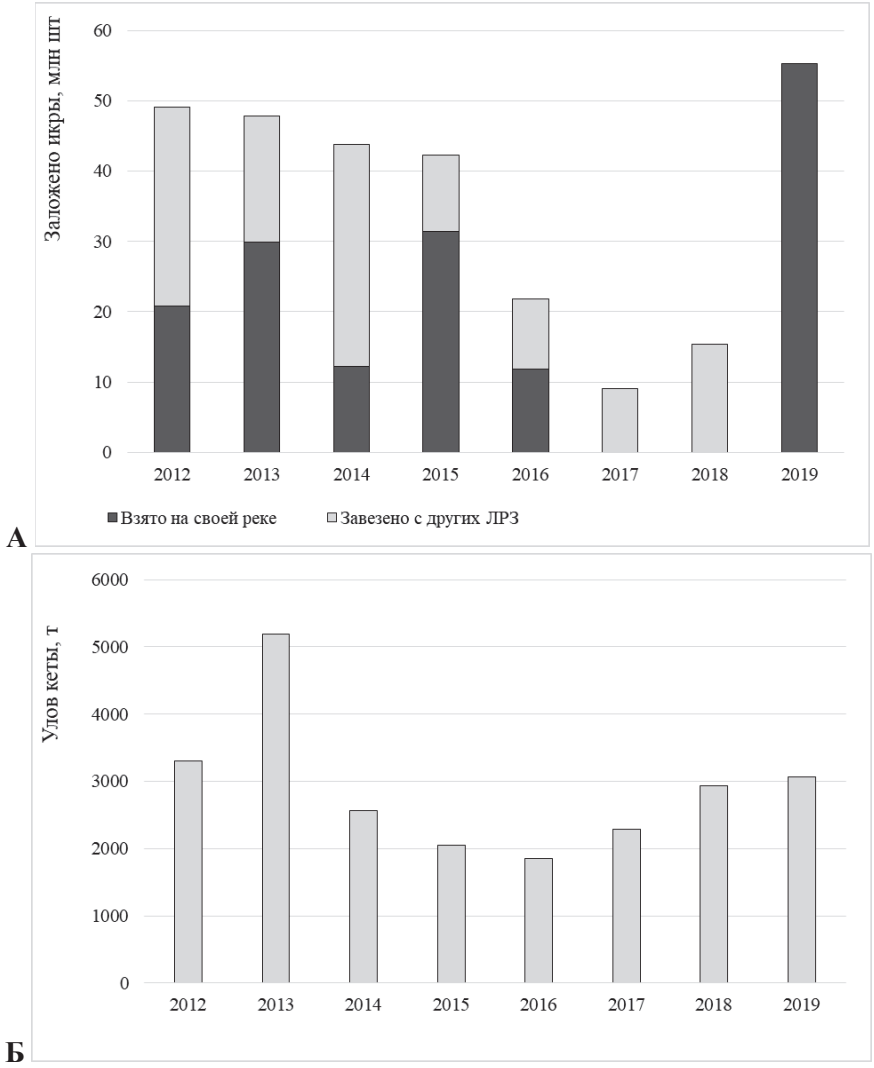


Рис. 2. Данные по сбору икры кеты на базовой реке Соколовского и Березняковского ЛРЗ, а также по завозу икры с других предприятий (**А**) и по вылову производителей кеты в Долинском районе Сахалинской области (**Б**)

Fig. 2. Data on collection of chum salmon eggs on the base river of Sokolovsky and Bereznyakovsky hatcheries and the eggs import from other hatcheries (**А**); and dynamics of chum salmon annual catch in Dolinsky district of Sakhalin region (**Б**)

В 2016 г. доля маркированных рыб оказалась еще выше — 98,0 %. Более того, все исследованные особи из устьевой пробы также имели заводскую метку одного из двух заводов (табл. 2); большинство из них были маркированы на Березняковском ЛРЗ. При этом в ходе нерестовых компаний обоих лет вновь лишь частично удалось собрать икру для выполнения планового задания (рис. 2, А). А поскольку путина 2016 г. в целом по Сахалинской области была малорезультативной, то и завезти икру с других предприятий также удалось в незначительном количестве — 10,0 млн икр. в дополнение к 11,9 млн икр., собранным у забойки.

В 2017 и 2018 гг. производители кеты не подошли к забойке Березняковского и Соколовского ЛРЗ. И хотя икру вновь завозили, впервые за годы своего существования Соколовский завод не работал в течение полного рыбоводного цикла. Вместе с тем было принято решение организовать завоз не только икры с других предприятий,

но и производителей непосредственно из устьевой зоны. В результате в 2018 г. была исследована наиболее крупная партия производителей кеты, отловленных в устьевой зоне р. Найба. Оказалось, что 96,0 % всех рыб у входа в реку были представлены заводскими особями, маркированными на Березняковском и Соколовском заводах. При этом продукция с обоих предприятий была представлена примерно в равном соотношении и во всех возрастных группах (табл. 2).

Очевидно, что при таком представительстве в устьевой зоне отсутствие производителей кеты заводского происхождения у забойки определялось причинами, не связанными с низкой эффективностью работы самих предприятий. Поскольку это обстоятельство, которое удалось выявить только с применением техники отолитного маркирования, стало очевидным для всех, в ходе нерестовой компании следующего 2019 г. удалось организовать эффективную охрану хода производителей. В результате этого впервые за много лет удалось не только добиться крупного улова рыбы, но и выполнить плановое задание по сбору икры (рис. 2, А). Примечательным также оказывается следующий факт. Общий вылов кеты всеми предприятиями Долинского района за те годы, когда мы исследовали маркированных производителей, существенно не изменялся. Можно увидеть (рис. 2, Б), что улов в 2017 и 2018 гг., когда к пункту сбора икры комплекса «Найба» совсем не возвращались производители, и улов в 2019 г., когда они вернулись на завод в большом количестве, различался несущественно. Это обстоятельство, хоть и косвенно, также свидетельствует в пользу того, что отсутствие возврата заводской продукции к своим предприятиям не было связано с низкой эффективностью работы заводов.

В завершение представления имеющихся данных отметим два обстоятельства. Представляется неоправданным суммировать данные в попытке сравнить продуктивность двух заводов, поскольку сведения за разные годы оказывались весьма различными. Первоначально Соколовский ЛРЗ выглядел более эффективным по сравнению с Березняковским. При выпуске в 2010 г. соответственно 14,5 млн против 26,9 млн мальков число помеченных рыб среди производителей в 2013 г. составило 367 и 396 шт. В 2018 г. также было больше рыб, маркированных на Соколовском ЛРЗ. Однако в 2015 и 2016 гг. в уловах было относительно больше рыб с метками Березняковского ЛРЗ.

Вторым примечательным обстоятельством является перемещение кеты на завершающем этапе миграции. Как было отмечено ранее, от места общей забойки большая часть маркированной кеты перемещалась в направлении «своего» рыбоводного завода. Но при этом в 2013, 2015 и 2016 гг. из рыб, учтенных у забойки, в направлении Соколовского ЛРЗ перемещалось соответственно 25,8, 31,9 и 40,0 % рыб с меткой Березняковского ЛРЗ. При этом в направлении Березняковского ЛРЗ следовало только 18,7, 5,3 и 10,4 % производителей с меткой Соколовского ЛРЗ.

Обсуждая полученные данные, отметим, что при анализе проблемы дефицита производителей кеты на Березняковском и Соколовском рыбоводных заводах год от года возникало ощущение несоответствия между вложенными усилиями и достигнутым результатом. На обоих предприятиях созданы комфортные температурные условия и нет обстоятельств, препятствующих полноценному выращиванию молоди в соответствии с разработанной биотехникой. Заводы ближе остальных расположены к столице региона (поселок Березняки является административным районом г. Южно-Сахалинск), а следовательно, выращивание молоди постоянно контролировали не только специалисты самих заводов, но и сотрудники управления Сахалинского филиала Главрыбвода. На обоих заводах постоянно проводили как научные, так и опытно-производственные работы, в том числе осваивали практическое применение технологии отолитного маркирования. В связи с максимальной доступностью молодь именно на этих заводах регулярно исследовали в связи с решением самых разных вопросов [Зеленников, Федоров, 2005; Максимович, 2010; Тарасюк, Тарасюк, 2010; и др.]. Однако ни повышенное внимание исследователей, ни выпуск молоди, отвечающей принятому

стандарту, в количестве от 40 млн шт. и более не способствовали формированию здесь промыслового стада.

Для специалистов было очевидно, что причиной является браконьерство, масштаб которого в некоторых районах Сахалинской области оказывался сопоставимым с официальным выловом [Бурдун, 2009]. Применение техники отолитного маркирования позволило получить факты, свидетельствующие в пользу этого вывода. Следует отметить, что наши данные впервые представляются в научной печати, но они попадали в годовые отчеты сахалинского филиала Главрыбвода, в рабочем порядке становились известными заинтересованным лицам и способствовали совершенствованию управления лососевым хозяйством. Тот факт, что скопление кеты в приустьевой зоне в 2014, 2016 и особенно в 2018 гг. было практически целиком представлено продукцией Березняковского и Соколовского заводов, позволил обосновать необходимость эффективной охраны и, как следствие, в 2019 г. обеспечить массовый возврат заводской продукции. В печати этот факт был определен как «возрождение сахалинской кеты» [Есипова, 2019], что явно противоречит фактам. Достаточно сопоставить данные по численности молоди, выпущенной в 2014–2016 гг., и данные по вылову кеты в Долинском районе в 2017–2019 гг. Из года в год цифры изменялись несущественно, а следовательно, отсутствие возврата кеты к рыбоводным заводам в 2017 и 2018 гг. не было связано с низкой выживаемостью заводской молоди.

Заключение

По совокупности полученных данных и высказанных соображений мы можем заключить, что, во-первых, роль отолитного маркирования в управлении лососевым хозяйством заключается в том, что его применение позволяет надежно разделить в общем улове рыб заводского и природного происхождения. Во-вторых, применение этой техники позволяет выявить рыб заводского происхождения на любом расстоянии от самих предприятий.

Эти обстоятельства, в свою очередь, позволили, с одной стороны, установить, что значительная часть стада кеты, осваиваемая промыслом в районе устья Найбы, создается на Березняковском и Соколовском ЛРЗ, а с другой — продемонстрировать, что отсутствие возврата рыбоводной продукции к своим предприятиям не связано с низкой эффективностью их работы. С учетом полученных сведений можно в дальнейшем рассчитать коэффициент возврата кеты данных предприятий. Для этого необходимо, во-первых, определить, на каком расстоянии от устья р. Найба кета с меткой двух федеральных заводов начинает облавливаться ставными неводами. Информация о наличии неопубликованных сведений такого плана имеется [Стекольщикова и др., 2021]. Во-вторых, по результатам серии анализов установить долю маркированных рыб в промысловых уловах в морском прибрежье. Попытка определить коэффициент возврата каким-либо иным способом неизбежно приведет к уменьшению его величины при неизвестном нам масштабе этого уменьшения.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают благодарность начальнику отдела аквакультуры Сахалино-Курильского территориального управления Федерального агентства по рыболовству С.В. Сидоровой за предоставление данных по вылову кеты в Долинском районе.

The authors are grateful to S.V. Sidorova, the head of aquaculture department of Sakhalin-Kuril Territorial Administration of the Federal Fisheries Agency, for providing the data on annual catch of chum salmon in Dolinsky district.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study has no sponsor funding.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Для биологических анализов использовали рыбу только из промысловых уловов. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Fish from commercial catches only were subjected to biological analyses. The authors state that they have no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Сначала М.С. Мякишев, а затем А.А. Ворожцова, заведуя лабораторией, организовали весь комплекс работ по отолитному маркированию молоди, сбору отолитов и работе с ними; лично занимались сбором и обработкой отолитов; выявляли отолитные метки. Авторы совместно анализировали данные. О.В. Зеленников написал и подготовил статью к печати.

M.S. Miakishev was the first who organized the works on otolith marking of chum juveniles and A.A. Vorozhtsova continued this activity; they both personally collected and processed the otoliths and identified the otolithic marks. All authors analyzed jointly the results of this experiment. O.V. Zelennikov wrote and illustrated the article.

Список литературы

Акиничева Е.Г., Рогатных А.Ю. Опыт мечения лососей на рыбоводных заводах посредством термического маркирования // Вопр. ихтиол. — 1996. — Т. 36, № 5. — С. 693–698.

Бугаев А.В., Чистякова А.И., Урава С. Многолетние тенденции распределения и регионального состава заводской молоди горбуши и кеты в период осенних миграций в бассейне Охотского моря // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2020. — Вып. 57. — С. 67–98. DOI: 10.15853/2072-8212.2020.57.67-98.

Бурдун Н.И. Браконьерство лососевых // Пищ. пром-сть. — 2009. — № 4. — С. 78.

Есипова И. Возрождение сахалинской кеты // Русская рыба. — 2019. — № 5. — С. 46–50.

Животовский Л.А., Смирнов Б.П. Стратегия воспроизводства тихоокеанских лососей в Сахалинской области // Вопр. рыб-ва. — 2018. — Т. 19, № 3. — С. 285–299.

Зеленников О.В., Мякишев М.С., Ворожцова А.А. и др. Сравнительный анализ производителей кеты *Oncorhynchus keta* (Salmonidae) природного и заводского происхождения, выявленных в общем стаде, по результатам отолитного маркирования // Вопр. ихтиол. — 2023. — Т. 63, № 4. — С. 418–425. DOI: 10.31857/S0042875223040318.

Зеленников О.В., Федоров К.Е. Ранний гаметогенез горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* при ее естественном и заводском воспроизводстве на островах Сахалин и Итуруп // Вопр. ихтиол. — 2005. — Т. 45, вып. 5. — С. 653–664.

Максимович А.А. Ультраструктура хлоридных клеток жаберного эпителия и ионный состав тела молоди двух видов тихоокеанских лососей во время миграции в море // Морфология. — 2010. — Т. 137, № 1. — С. 39–43.

Мякишев М.С., Иванова М.А., Зеленников О.В. К вопросу о мечении молоди тихоокеанских лососей и эффективности работы рыбоводных заводов // Биол. моря. — 2019. — Т. 45, № 5. — С. 342–348. DOI: 10.1134/S0134347519050085.

Пат. RU 2150827 C1. Способ массового мечения рыб / Б.П. Сафроненков, Е.Г. Акиничева, А.Ю. Рогатных. Заявлено 26.01.99; Опубл. 20.06.2000. Бюл. № 17.

Стекольщикова М.Ю., Барковская О.А., Батюк Ю.А. Возможности повышения эффективности искусственного воспроизводства кеты *Oncorhynchus keta* в бассейне р. Найба (о. Сахалин) // Вопр. рыб-ва. — 2021. — Т. 22, № 4. — С. 182–194. DOI: 10.36038/0234-2774-2021-22-4-182-194.

Тарасюк Е.В., Тарасюк С.Н. Влияние возраста начала кормления на темп роста молоди кеты при ее подращивании на рыбоводном заводе // Тр. ВНИРО. — 2010. — Т. 148. — С. 180–193.

Чистякова А.И., Бугаев А.В., Ким О.О. Применение результатов отолитного маркирования для определения доли заводской молоди горбуши и кеты в период осенних миграций в Охотском море в 2014 г. // Бюл. № 10 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2015. — С. 147–152.

Шубин А.О., Акиничева Е.Г. Происхождение молоди кеты *Oncorhynchus keta* (Salmonidae) у охотоморских берегов Южного Сахалина // Вопр. ихтиол. — 2016. — Т. 56, № 5. — С. 562–570. DOI: 10.7868/S0042875216050143.

Sato S., Takahashi M., Watanabe N. et al. Preliminary records of otolith-marked chum salmon found in the Bering Sea and North Pacific Ocean in 2006 and 2007 // NPAFC. — 2009. — № 5. — P. 99–104.

Urava S., Seki J., Kawana M. et al. Origins of juvenile chum salmon caught in the Okhotsk Sea during the fall of 2000 : NPAFC Doc. — 2003. — № 721. — 12 p.

References

Akinicheva, E.G. and Rogatnykh, A.Yu., Tagging of salmons in fish farms by means of termal marking, *J. Ichthyol.*, 1996, vol. 36, no. 5, pp. 693–698.

Bugaev, A.V., Chistyakova, A.I., and Urava, S., Long-term trends in distribution and regional composition of the catches of hatchery pink and chum salmon during autumn migrations in the basin of the Sea of Okhotsk, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2020, vol. 57, pp. 67–98. doi 10.15853/2072-8212.2020.57.67-98

Burdun, N.I., Poaching salmon, *Pishchevaya Promyshlennost'*, 2009, no. 4, p. 78.

Esipova, I., Revival of Sakhalin chum salmon, *Russkaya ryba*, 2019, no. 5, pp. 46–50.

Zhivotovsky, L.A. and Smirnov, B.P., A strategy of reproduction of Pacific salmon in the Sakhalin district, *Vopr. Rybolov*., 2018, vol. 19, no. 3, pp. 285–299.

Zelennikov, O.V., Myakishev, M.S., Vorozhtsova, A.A., Martynova, A.S., and Sedunov, P.A., Comparative Analysis of Natural- and Hatchery-Origin Chum Salmon *Oncorhynchus keta* (Salmonidae) Spawners Identified in Mixed Stock with Otolith Marking, *J. Ichthyol*., 2023, vol. 63, no. 4, pp. 727–734. doi 10.1134/S0032945223040215

Zelennikov, O.V. and Fedorov, K.E., Early gametogenesis of the pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* under natural and fish hatchery reproduction in Sakhalin and Iturup islands, *J. Ichthyol.*, 2005, vol. 45, no. 85, pp. 621–632.

Maksimovich, A.A., Study of the mechanisms of imperative stimulus during migration of juvenile anadomatic fishes in the sea, *Morfologiya*, 2010, vol. 137, no. 1, pp. 39–43.

Myakishev, M.S., Ivanova, M.A., and Zelennikov, O.V., Marking of salmon juveniles and the efficiency of fish farming, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2019, vol. 45, no. 5, pp. 363–369. DOI: 10.1134/S1063074019050080

Safronenkov, B.P., Akinicheva, E.G., and Rogatnykh, A.Ju., Patent RU 2150827 C1, Fish mass marking method, *Izobret., Polezn. Modeli*, 2000, no. 17.

Stekolshchikova, M.Y., Barkovskaya, O.A., and Batyuk, Y.A., Possibilities of increasing the of artificial reproduction of chum salmon *Oncorhynchus keta* in the Naiba River basin (Sakhalin Island), *Vopr. Rybolov.*, 2021, vol. 22, no. 4, pp. 182–194. doi 10.36038/0234-2774-2021-22-4-182-194

Tarasyuk, E.V., and Tarasyuk, S.N., Influence of first feeding age on growth rate of juvenile chum salmon in hatcheries, *Tr. Vseross. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2010, vol. 148, pp. 180–193.

Chistyakova, A.I., Bugaev, A.V., and Kim, O.O., Application of the results of otolith marking to determine the proportion of hatchery juveniles of pink salmon and chum salmon during autumn migrations in the Sea of Okhotsk in 2014, in *Byull. N 10 izucheniya tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bull. No. 10 Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2015, pp. 147–152.

Shubin, A.O. and Akinicheva, E.G., Origin of juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* (Salmonidae) in the Sea of Okhotsk coastal waters off South Sakhalin, *J. Ichthyol.*, 2016, vol. 56, no. 5, pp. 728–737. doi 10.1134/S0032945216050131

Sato, S., Takahashi, M., Watanabe, N., Kitatsuji, S., Takasaki, D., Chiba, T., Imai, S., Goda, Y,. Katayama, Y., Kagaya, M., Fukuwaka, M., Agler, B.A., and Urawa, S., Preliminary records of otolith-marked chum salmon found in the Bering Sea and North Pacific Ocean in 2006 and 2007, *NPAFC Bull.*, 2009, no. 5, pp. 99–104.

Urava, S., Seki, J., Kawana, M., Saito, T., Crane, P.A., Seeb, L.W., Fukuwaka, M., Rogatnykh, A., and Akinicheva, E., Origins of juvenile chum salmon caught in the Okhotsk Sea during the fall of 2000, *NPAFC Doc.*, 2003, no. 721.

Поступила в редакцию 29.09.2023 г.

После доработки 7.11.2023 г.

Принята к публикации 30.11.2023 г.

The article was submitted 29.09.2023; approved after reviewing 7.11.2023; accepted for publication 30.11.2023