

Научная статья

УДК 597.552.511–154.343(265.5)

DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-16-45

EDN: QCEING



**ХАРАКТЕРИСТИКА НАГУЛЬНЫХ МИГРАЦИЙ ЗАВОДСКОЙ МОЛОДИ
ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В БАСЕЙНЕ ОХОТСКОГО МОРЯ
И ПРИЛЕГАЮЩИХ ВОДАХ ТИХОГО ОКЕАНА В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ
ПЕРИОД (РЕГИОНАЛЬНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ, ЧИСЛЕННОСТЬ
И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЛОВОВ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ,
ОЦЕНКИ СМЕРТНОСТИ)**

А.В. Бугаев, А.И. Герлиц*

Камчатский филиал ВНИРО (КамчатНИРО),
683000, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18

Аннотация. Представлены обобщенные многолетние (2011–2021 гг.) данные о нагульных миграциях тихоокеанских лососей (горбуши и кеты) заводского происхождения в бассейне Охотского моря и прилегающих водах Тихого океана в осенне-зимний период. Работа выполнена на основе материалов (образцы отолиров, биологические показатели), собранных при проведении учетных траловых съемок ТИНРО, а также данных международной статистики по выпуску и маркированию тихоокеанских лососей на лососевых рыбоводных заводах России и Японии. В результате проведенных исследований определены основные многолетние закономерности, отражающие внутривидовую структуру, пути миграций, распределение и численность уловов, а также размерно-массовые показатели рыб различного регионального происхождения. Впервые на системном уровне получены оценки естественной смертности молоди на этапе откочевки из прибрежной зоны в открытые морские воды Охотского моря.

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, заводская молодь, нагульные миграции, охотоморский бассейн, отолитное маркирование, лососевые рыбоводные заводы, внутривидовая идентификация региона происхождения, оценки смертности

Для цитирования: Бугаев А.В., Герлиц А.И. Характеристика нагульных миграций заводской молоди тихоокеанских лососей в бассейне Охотского моря и прилегающих водах Тихого океана в осенне-зимний период (региональная идентификация, численность и распределение уловов, биологические показатели, оценки смертности) // Изв. ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 1. — С. 16–45. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-16-45. EDN: QCEING.

* Бугаев Александр Викторович, доктор биологических наук, заместитель руководителя, *bugaev.a.v@kamniro.ru*, ORCID 0000-0003-0782-6131; Герлиц Александра Игоревна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, *chistyakova.a.i@kamniro.ru*, ORCID 0000-0001-9670-6224.

© Бугаев А.В., Герлиц А.И., 2023

Original article

Characteristics of feeding migrations of hatchery juveniles of pacific salmon in the basin of Okhotsk Sea and adjacent Pacific waters in the autumn-winter period (regional identification, abundance and distribution of catches, biological indices, estimates of mortality)

Alexander V. Bugaev*, Alexandra I. Gerlits**

*, ** Kamchatka branch of VNIRO (KamchatNIRO),

18, Naberezhnaya Street, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000, Russia

* D.Biol., deputy director, bugaev.a.v@kamniro.ru, ORCID 0000-0003-0782-6131

** Ph.D., leading researcher, chistyakova.a.i@kamniro.ru, ORCID 0000-0001-9670-6224

Abstract. Long-term data on feeding migrations of hatchery pacific salmon (pink and chum salmon) in the Okhotsk Sea and adjacent Pacific waters in the autumn-winter of 2011–2021 are generalized. The study is based on materials (otolith samples, biological indices) collected in the trawl surveys conducted by TINRO, as well as on international statistics on releases and tagging of pacific salmon at the Russian and Japanese hatcheries. The main patterns of intraspecific structure, migration routes, spatial distribution, and volumes of catch are determined for these species, as well as the size-weight parameters of fish originated from different regions. Natural mortality of salmon juveniles at the stage of migration from the coastal zone to the open sea is estimated at systemic level for the first time.

Keywords: pacific salmon, hatchery juveniles, feeding migration, Okhotsk Sea, otolith marking, salmon hatchery, intraspecific structure, identification of origin, mortality estimation

For citation: Bugaev A.V., Gerlits A.I. Characteristics of feeding migrations of hatchery juveniles of pacific salmon in the basin of Okhotsk Sea and adjacent Pacific waters in the autumn-winter period (regional identification, abundance and distribution of catches, biological indices, estimates of mortality), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 1, pp. 16–45. (In Russ.) DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-16-45. EDN: QCEING.

Введение

Искусственное воспроизводство тихоокеанских лососей является неотъемлемой частью развития рыбохозяйственных комплексов стран Северной Пацифики, где формируются их промысловые запасы. По данным международной Комиссии по анадромным рыбам северной части Тихого океана (НПАФК — North Anadromous Fish Commission (NPAFC), www.npafc.org) ежегодный выпуск молоди с лососевых рыбоводных заводов (ЛРЗ) всех стран (США, Канада, Россия, Япония, Республика Корея) достигает порядка 5 млрд экз. Общий вклад стран Азиатско-Тихоокеанского региона в указанный объем выпуска составляет около 60 % (~ до 3 млрд экз.). При этом практически 100 % этого объема выпуска приходится на две страны — Японию (~ до 2 млрд экз.) и Россию (~ до 1 млрд экз.).

По данным 2022 г. в пределах Дальнего Востока России функционируют 99 ЛРЗ (Сахалинская область — 71, Хабаровский край — 15, Магаданская область — 4, Камчатский край — 5, Приморский край — 4), из которых около 40 ЛРЗ осуществляют маркирование выпускаемой молоди тихоокеанских лососей. По имеющимся данным в Японии сейчас действуют 246 ЛРЗ (Хоккайдо — 108, Хонсю — 138) [Urawa et al., 2018]. При этом только около 50 японских ЛРЗ выпускают маркированную молодь.

Следует уточнить, что количество ЛРЗ, на которых метят тихоокеанских лососей, ежегодно изменяется. Причем далеко не все ЛРЗ проводят маркирование на уровне 100 %. Зачастую маркируют не более 30–40 % выпускаемых рыб. Тем не менее общий уровень количества маркированных лососей, выпускаемых ЛРЗ России и Японии, достаточно высок. Это позволило развить направление исследований по изучению нагульных миграций заводских тихоокеанских лососей в Дальневосточных морях и сопредельных тихоокеанских водах.

На Дальнем Востоке России данные исследования в основном проводятся специалистами КамчатНИРО. Ранее неоднократно публиковались результаты исследований миграций заводских тихоокеанских лососей в бассейне Охотского моря [Чистякова, Бугаев, 2013, 2016; Чистякова и др., 2015, 2018; Шевляков, Чистякова, 2017; Бугаев и др., 2020]. Представленная статья является тематическим продолжением указанного цикла научно-исследовательских работ. Помимо обобщения многолетних данных, впервые приводятся данные по идентификации заводских маркированных тихоокеанских лососей в осенний период в бассейне Охотского моря в 2018–2021 гг., а также в зимний период в прикурильских водах Охотского моря и Тихого океана в 2021 г. Исследования дополнены анализом биологических показателей заводской молоди, имеющей различное региональное происхождение. Кроме того, получены оценки естественной смертности молоди в период от выпуска с ЛРЗ до формирования нагульных скоплений в открытых водах охотоморского бассейна.

Цель исследований — обобщение многолетних материалов, включающих характеристику тихоокеанских лососей заводского происхождения (региональная идентификация, численность и распределение уловов, биологические показатели, оценки смертности) в период нагульных миграций в бассейне Охотского моря и прилегающих водах Тихого океана.

Материалы и методы

В качестве материалов, положенных в основу исследований, использованы отолитные пробы и биологические данные сеголеток горбуши и кеты, собранные из траловых уловов во время проведения комплексных учетных съемок в бассейне Охотского моря и прилегающих водах Тихого океана в осенний (2011–2021 гг.) и зимний (2021 г.) периоды (рис. 1). Отметим, что доля других видов лососей (нерка, кижуч, сима, чавыча) в искусственном воспроизводстве обеих стран составляет менее 1 %. Поэтому они в настоящей работе не рассматриваются. Работы выполнены на научно-исследовательских судах (НИС), осуществляющих работу по программам ТИНРО с участием специалистов КамчатНИРО. Общая информация о собранном биологическом

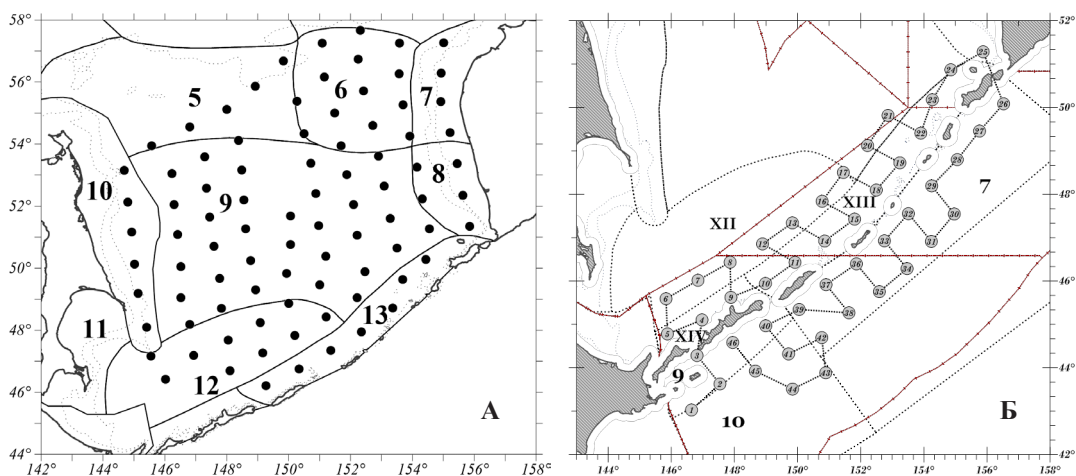


Рис. 1. Стандартная схема траловых станций комплексных пелагических съемок ТИНРО: А — бассейн Охотского моря; Б — прикурильские воды Охотского моря и Тихого океана; цифрами и линиями выделены стандартные районы для биоценологических исследований [Волвенко, 2003]

Fig. 1. Standard scheme of trawl stations in the complex midwater surveys conducted by TINRO: А — Okhotsk Sea; Б — waters at both sides of Kuril Islands; biostatistical areas are bordered and numbered according to [Volvenko, 2003]

материале (пары отоликов) в 2011–2021 гг. приведена в табл. 1. Всего за указанный период отолики были отобраны у 16141 экз. горбуши и 18195 экз. кеты.

Таблица 1

Общая информация об отоликовых пробах тихоокеанских лососей, собранных во время учетных пелагических съемок по программам ТИНРО в бассейне Охотского моря и прилегающих водах Тихого океана в 2011–2021 гг.

Table 1

General information on otolith samples of pacific salmon collected during the midwater trawl surveys conducted by TINRO in the basin of Okhotsk Sea and adjacent Pacific in 2011–2021

Год	Период съемки	НИС	Вид	Кол-во рыб (пар отолитов)
Охотское море				
2011	21.09–02.11	Профессор Кагановский	Горбуша	730
			Кета	857
2012	05.10–05.11	ТИНРО	Горбуша	894
			Кета	2370
2013	12.10–09.11	ТИНРО	Горбуша	800
			Кета	800
2014	04–31.10	Профессор Кагановский	Горбуша	1000
			Кета	1960
2015	27.09–21.10	Профессор Кагановский, ТИНРО	Горбуша	750
			Кета	1073
2016	08.10–18.11	Профессор Кагановский	Горбуша	600
			Кета	1160
2017	11.10–15.11	Профессор Кагановский	Горбуша	2150
			Кета	1650
2018	14.10–02.11	Профессор Кагановский, ТИНРО	Горбуша	722
			Кета	675
2019	11–21.10	Профессор Кагановский, ТИНРО	Горбуша	2005
			Кета	1827
2020	12–25.10	Профессор Кагановский, ТИНРО	Горбуша	3085
			Кета	2566
2021	03–28.10	Профессор Кагановский, ТИНРО	Горбуша	2662
			Кета	2940
Охотское море + Тихий океан				
2021	02–21.12	Профессор Кагановский	Горбуша	743
			Кета	317

Представленные в статье ряды наблюдений включали опубликованные результаты идентификации заводских тихоокеанских лососей в бассейне Охотского моря в 2011–2017 гг. [Бугаев и др., 2020], а также неопубликованные материалы 2018–2021 гг.

Камеральную обработку отоликов выполняли с использованием стандартных методик [Secor et al., 1991; Stevenson, Campana, 1992; Акиничева и др., 2004; Чистякова и др., 2012]. Процесс обработки включал следующие этапы:

1. Подготовка препаратов путем крепления отоликов на предметные стекла при помощи термопластического цемента.

2. Шлифовка отоликов с помощью мелкозернистых дисков до появления центральной части.

3. Сканирование шлифов отоликов на визуально-аналитическом комплексе LEICA DM 1000 для получения их фотографий с разрешением 900 точек/мм².

При обнаружении маркированных особей производили идентификацию меток с помощью ежегодно формируемой базы данных эталонных меток НПАФК [<http://wgosm.npafc.org/MarkSummary.asp>].

Расчет относительной численности маркированных заводских рыб в акваториях полигонов исследований выполняли на основе бассейновых оценок численности видов, полученных специалистами ТИНРО по данным учетных траловых съемок. Для этого на начальном этапе определяли доли и численность всех маркированных рыб в общих выборках. Далее полученные количественные оценки заводских лососей дифференцировали по регионам их воспроизводства в зависимости от результатов региональной идентификации их происхождения (по географической локализации ЛРЗ).

Данные о длине (АС) и массе тела молоди получены в результате проведения стандартных биологических анализов [Правдин, 1966].

Дополнительно в работе выполнено определение действительных коэффициентов смертности (φZ) маркированных тихоокеанских лососей, показывающих вероятность гибели рыб в течение определенного промежутка времени и численно равных доле рыб, погибших за определенный период, по отношению к начальной численности [Шибанов, 2007; Милованов, 2019]. Формула для расчета имеет следующий вид:

$$\varphi Z = 1 - N_{t+1}/N_t$$

где N_t — начальная численность рыб (численность выпуска маркированной молоди тихоокеанских лососей с ЛРЗ); N_{t+1} — численность рыб через определенный период времени (численность маркированной молоди тихоокеанских лососей по данным учетных траловых съемок).

Результаты и их обсуждение

Статистика общего выпуска молоди тихоокеанских лососей с ЛРЗ России и Японии

По среднемноголетним данным 2011–2021 гг. объемы выпуска тихоокеанских лососей с ЛРЗ основных стран их воспроизводства в Азиатско-Тихоокеанском регионе составили в России (млн экз.): горбуша — 281,8 (198,0–364,5), кета — 721,5 (437,8–1050,9); в Японии (млн экз.): горбуша — 122,9 (101,6–147,6), кета — 1593,4 (1199,2–1780,6); Россия + Япония (млн экз.): горбуша — 404,8 (321,4–487,4), кета — 2314,8 (1750,1–2636,9) (рис. 2, 3). Из общих выпусков доли маркированных рыб с отолитными (термическими/сухими) метками соответствовали в России: горбуша — 47 (18–66) %, кета — 40 (20–57) %; в Японии: горбуша — 50 (17–100) %, кета — 15 (12–18) %; Россия + Япония: горбуша — 48 (21–78) %, кета — 23 (17–26) %.

Представленная статистика объемов выпусков заводских тихоокеанских лососей в России и Японии указывает на достаточно высокий уровень искусственного воспроизводства данных видов водных биологических ресурсов в бассейне Северной Пацифики (ежегодно выпускается порядка 5 млрд экз. молоди). В рассматриваемый период суммарная доля выпуска горбуши и кеты на ЛРЗ России и Японии превышала 50 % от мирового выпуска лососей в рамках пастбищной аквакультуры.

Тем не менее общая доля маркированных рыб на ЛРЗ России и Японии остается относительно невысокой. Выпуск меченой горбуши стабилизировался на уровне порядка 50 %, а кеты — порядка 20 %. Это создает определенные проблемы для полноценной идентификации заводских стад этих видов в формируемых нагульных скоплениях в морской/океанический период жизни. Однако даже имеющийся уровень маркирования позволяет оценить основные закономерности распределения и пути нагульных миграций заводских лососей в дальневосточных морях и прилегающих тихоокеанских водах.

Рис. 2. Динамика выпуска молоди тихоокеанских лососей с рыбоводных заводов Дальнего Востока России в 2011–2021 гг.

Fig. 2. Dynamics of the juveniles release of pacific salmon from fish hatcheries in the Russian Far East in 2011–2021

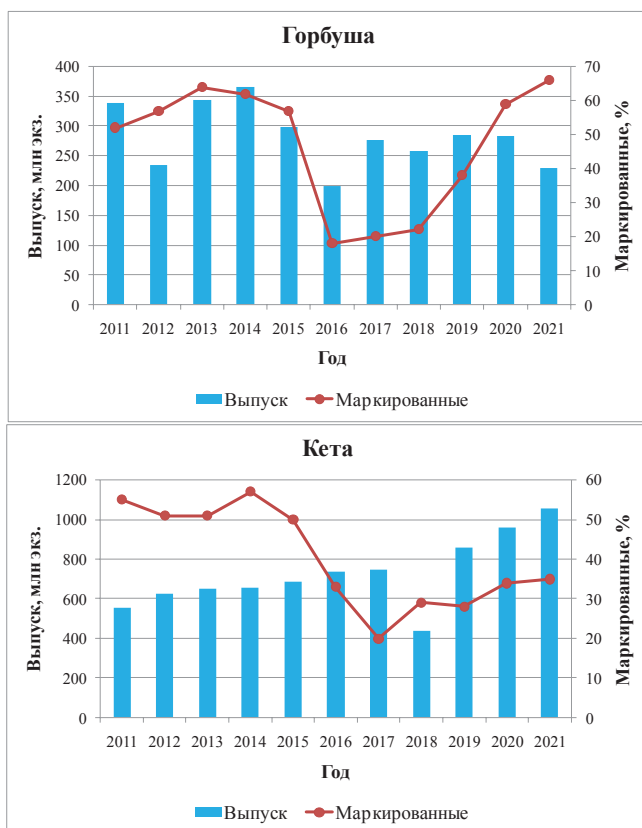
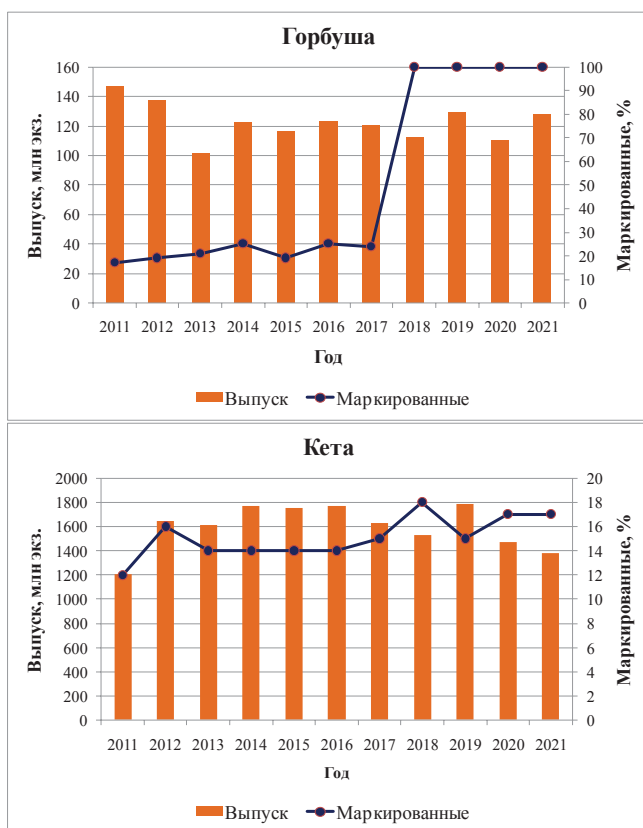


Рис. 3. Динамика выпуска молоди тихоокеанских лососей с рыбоводных заводов Японии в 2011–2021 гг.

Fig. 3. Dynamics of the juveniles release of pacific salmon from fish hatcheries in Japan in 2011–2021



Региональная идентификация молоди заводских тихоокеанских лососей

Результаты региональной идентификации заводских тихоокеанских лососей в нагульных скоплениях молоди в бассейне Охотского моря и прилегающих водах Тихого океана в период осенне-зимних миграций 2011–2021 гг. представлены в табл. 2–4.

Таблица 2

Результаты идентификации маркированных заводских тихоокеанских лососей России и Японии по данным учетных траловых съемок в бассейне Охотского моря и прилегающих водах Тихого океана в 2011–2021 гг.

Table 2

Results of identification of pacific salmon marked at the Russian and Japanese hatcheries on the samples collected in trawl surveys in the basin of Okhotsk Sea and adjacent Pacific in 2011–2021

Год	Горбуша						Кета					
	Объем выборки		Россия		Япония		Объем выборки		Россия		Япония	
	Экз.	%	Экз.	%	Экз.	%	Экз.	%	Экз.	%	Экз.	%
Охотское море												
2011	30	100	30	100	0	0	42	100	12	29	30	71
2012	16	100	12	75	4	25	213	100	44	21	169	79
2013	20	100	18	90	2	10	23	100	7	30	16	70
2014	14	100	12	86	2	14	61	100	16	26	45	74
2015	15	100	12	80	3	20	38	100	14	37	24	63
2016	15	100	12	80	3	20	50	100	29	58	21	42
2017	45	100	32	71	13	29	77	100	34	44	43	56
2018	46	100	26	57	20	43	48	100	16	33	32	67
2019	75	100	35	47	40	53	134	100	58	43	76	57
2020	250	100	158	63	92	37	205	100	111	54	94	46
2021	180	100	135	75	45	25	347	100	216	62	131	38
Охотское море + Тихий океан												
2021	88	100	79	90	9	10	40	100	35	88	5	12

Таблица 3

Результаты региональной идентификации маркированной заводской горбуши Дальнего Востока России по данным учетных траловых съемок в бассейне Охотского моря и прилегающих водах Тихого океана в 2011–2021 гг.

Table 3

Results of regional identification of pink salmon marked in the Russian Far East on the samples collected in trawl surveys in the basin of Okhotsk Sea and adjacent Pacific in 2011–2021

Год	Объем выборки		Курильские острова		Сахалин		МПОМ (Магадан)	
	Экз.	%	Экз.	%	Экз.	%	Экз.	%
Охотское море								
2011	30	100	21	70	9	30	0	0
2012	12	100	9	75	3	25	0	0
2013	18	100	9	50	8	44	1	6
2014	12	100	9	75	3	25	0	0
2015	12	100	0	0	8	67	4	33
2016	12	100	0	0	11	92	1	8
2017	32	100	0	0	23	72	9	28
2018	26	100	0	0	17	65	9	35
2019	35	100	0	0	32	91	3	9
2020	158	100	62	39	46	29	50	32
2021	135	100	62	46	61	45	12	9
Охотское море + Тихий океан								
2021	79	100	55	70	19	24	5	6

Таблица 4

Результаты региональной идентификации маркированной заводской кеты
Дальнего Востока России по данным учетных траловых съемок в бассейне Охотского моря
и прилегающих водах Тихого океана в 2011–2021 гг.

Table 4

Results of regional identification of chum salmon marked in the Russian Far East on the samples
collected in trawl surveys in the basin of Okhotsk Sea and adjacent Pacific in 2011–2021

Год	Объем выборки		Курильские острова		Сахалин		МПОМ (Магадан)		Бассейн р. Амур		Западная Камчатка	
	Экз.	%	Экз.	%	Экз.	%	Экз.	%	Экз.	%	Экз.	%
Охотское море												
2011	12	100	2	17	7	58	1	8	2	17	0	0
2012	44	100	15	34	24	55	1	2	0	0	4	9
2013	7	100	1	14	5	72	0	0	0	0	1	14
2014	16	100	8	50	7	44	1	6	0	0	0	0
2015	14	100	0	0	14	100	0	0	0	0	0	0
2016	29	100	0	0	22	76	2	7	2	7	3	10
2017	34	100	0	0	25	73	6	18	1	3	2	6
2018	16	100	5	31	8	50	2	13	0	0	1	6
2019	58	100	5	9	40	69	6	10	0	0	7	12
2020	111	100	49	44	53	47	5	5	2	2	2	2
2021	216	100	128	59	59	28	17	8	9	4	3	1
Охотское море + Тихий океан												
2021	35	100	22	63	8	23	2	6	3	8	0	0

При анализе полученной информации следует учитывать, что основной массив данных был получен в рамках учетных траловых съемок ТИНРО в бассейне Охотского моря в период откочевки молоди тихоокеанских лососей из прибрежных зон в открытые морские воды. Эти исследования проводятся в режиме ежегодного мониторинга с целью получения оценок численности откочевывающей молоди для подготовки прогнозов возвратов производителей лососей в основные охотоморские центры воспроизводства. Информация о зимних миграциях молоди горбуши и кеты в прикурильских водах Охотского моря и Тихого океана была получена только по материалам одной учетной съемки ТИНРО, выполненной в 2021 г. Поэтому главный акцент в анализе полученных данных направлен на изучение заводской молоди во время осенних миграций в охотоморском бассейне.

Исходя из полученной информации среднесезонная доля российской маркированной горбуши заводского происхождения в бассейне Охотского моря в осенний период составляла около 75 %. При этом минимальный показатель ее встречаемости в траловых уловах не опускался ниже 47 %, а максимальный достигал 100 %. Соответственно, среднесезонная доля японской горбуши составила 25 % (0–53 %). Полагаем, что критические показатели долей горбуши России и Японии (0 или 100 %) вызваны погрешностью метода в силу малого объема выборок маркированных рыб из траловых уловов. Из части выборок российского происхождения в среднем преобладали особи горбуши, выпущенные с ЛРЗ Сахалина (~ 30 %) и Курильских островов (~ 55 %). Горбуша с ЛРЗ североохотоморского побережья встречалась в уловах на минимальном уровне, достигая по среднесезонным данным около 15 %.

Ситуация с маркированной молодью кеты обратная. В выборках, как правило, доминировали особи японского происхождения — 60 %. Минимальный уровень их встречаемости в уловах составлял 38 %, а максимальный — 79 %. На долю российской кеты, соответственно, приходилось 40 % с минимумом — 21 % и максимумом — 62 %. В части выборки кеты российского происхождения преобладали особи с ЛРЗ Сахалина и Курильских островов — соответственно ~ 60 и 25 %. Суммарная доля молоди кеты,

воспроизводящейся на ЛРЗ западной Камчатки, североохотоморского побережья и бассейна р. Амур, составляла около 15 %.

В прикурильских водах Охотского моря и Тихого океана в декабре 2021 г. доминировала молодь горбуши и кеты, маркированная на ЛРЗ России, — соответственно 90 и 88 %. В данном случае подчеркнем, что еще рано делать определенные выводы о региональном составе заводской молоди тихоокеанских лососей, мигрирующих из Охотского моря на нагул в воды Тихого океана, так как отсутствует системный ряд наблюдений.

Следует обратить внимание на то, что в целом полученные результаты идентификации происхождения заводской молоди тихоокеанских лососей объективно отражают ситуацию с распределением региональных группировок горбуши в бассейне Охотского моря. Полагаем, это напрямую связано с достаточно высоким и сходным уровнем маркирования этого вида на ЛРЗ России и Японии. В обеих странах метят порядка 50 % выпускаемой горбуши. С кетой ситуация менее однозначна, так как уровень ее маркирования на российских ЛРЗ почти в 3 раза выше, чем на японских, — соответственно 40 и 15 %. При этом объем фактического выпуска вида с ЛРЗ Японии, наоборот, практически в 2 раза выше. Поэтому реальная доля заводской кеты японского происхождения в бассейне Охотского моря должна значительно превосходить таковую, определенную для рыб российского производства.

Тем не менее полученные результаты показали, что региональный состав нагульных скоплений молоди горбуши и кеты в бассейне Охотского моря в осенний период соответствует вкладу России и Японии в искусственное воспроизводство обоих видов. Например, соотношение среднесезонных показателей долевого вклада горбуши российского происхождения в траловых уловах и объемов выпусков с ЛРЗ в среднем составляло соответственно 75 и 70 %. Аналогичные показатели для кеты японского происхождения составили: результаты идентификации — 60 %, объемы выпуска с ЛРЗ — 70 %. Из представленных данных понятно, что в целом внутривидовая структура заводских тихоокеанских лососей на уровне отдельных стран сохраняется и в нагульных скоплениях в бассейне Охотского моря. Однако для кеты расхождение долей на уровне «оценка в море/выпуск с ЛРЗ» выше, чем для горбуши. Вероятно, это напрямую связано с более низким процентом маркирования японской кеты.

Распределение и миграции молоди заводских тихоокеанских лососей

В предыдущих исследованиях при анализе распределения и путей миграций заводской молоди горбуши и кеты в бассейне Охотского моря мы неоднократно указывали на зависимость этих процессов от системы циркуляции поверхностных течений внутри моря [Чистякова, Бугаев, 2013; Бугаев и др., 2020]. Ранее аналогичные данные были получены и в результате генетической идентификации регионального состава и анализа распределения молоди охотоморской горбуши в период осенних нагульных миграций [Ерохин, 2002; Варнавская, 2006]. Подчеркнем, что в нашем случае это было подтверждено эмпирическими данными, так как зафиксированы факты массовой поимки маркированной горбуши и кеты «южного» происхождения (Курильские острова, о. Сахалин, бассейн р. Амур, о-ва Хоккайдо и Хонсю) в северной части Охотского моря (до 56–57° с.ш.). Следовательно, факт миграции молоди в северном направлении и последующее завершение цикла путем обратной миграции не вызывают сомнений.

Данная схема миграций молоди тихоокеанских лососей согласуется с характерными чертами системы неперiodических течений Охотского моря, которые формируются под влиянием ветров и притока вод через Курильские проливы [Чернявский и др., 1996; Бондаренко, Рудых, 2003]. Причем основная из них — циклоническая система течений, охватывающая почти все море. Она обусловлена преобладанием циклонической циркуляции атмосферы над всем Охотским морем и прилегающей частью Тихого океана. Данная схема перемещения водных масс приводит к тому, что значительный поток мигрирующей молоди тихоокеанских лососей смещается из южной части Охотского

моря в северо-восточном направлении. Далее происходит циклическая миграция на запад, юго-запад и юг. После чего основная масса молоди горбуши и кеты через южные Курильские проливы выходит на зимний нагул в воды северо-западной части Тихого океана. Полагаем, что аналогичная закономерность наблюдается и у диких популяций тихоокеанских лососей охотоморского бассейна.

Однако в настоящее время неизвестны масштабы данной циклической миграции молоди тихоокеанских лососей для всех региональных группировок стад. По сути речь идет о том, насколько высоко и в каком количестве проникают рыбы «южного» происхождения в северную часть Охотского моря, а также о межгодовой изменчивости их миграционной активности. Наиболее очевидно, что это в значительной степени зависит от фактической численности региональных группировок молоди. Фактор численности практически всегда определяет характер распространения и распределения гидробионтов в той или иной части их ареала.

Анализ среднесезонного распределения заводской молоди горбуши и кеты во время осенних нагульных миграций в бассейне Охотского моря по данным 2011–2021 гг. показал, что для обоих видов имеется общая закономерность, отражающая цикличность миграционных процессов (рис. 4, 5). Для удобства восприятия полученных данных бассейн Охотского моря нами условно был разделен на 4 района — северо-запад (1),

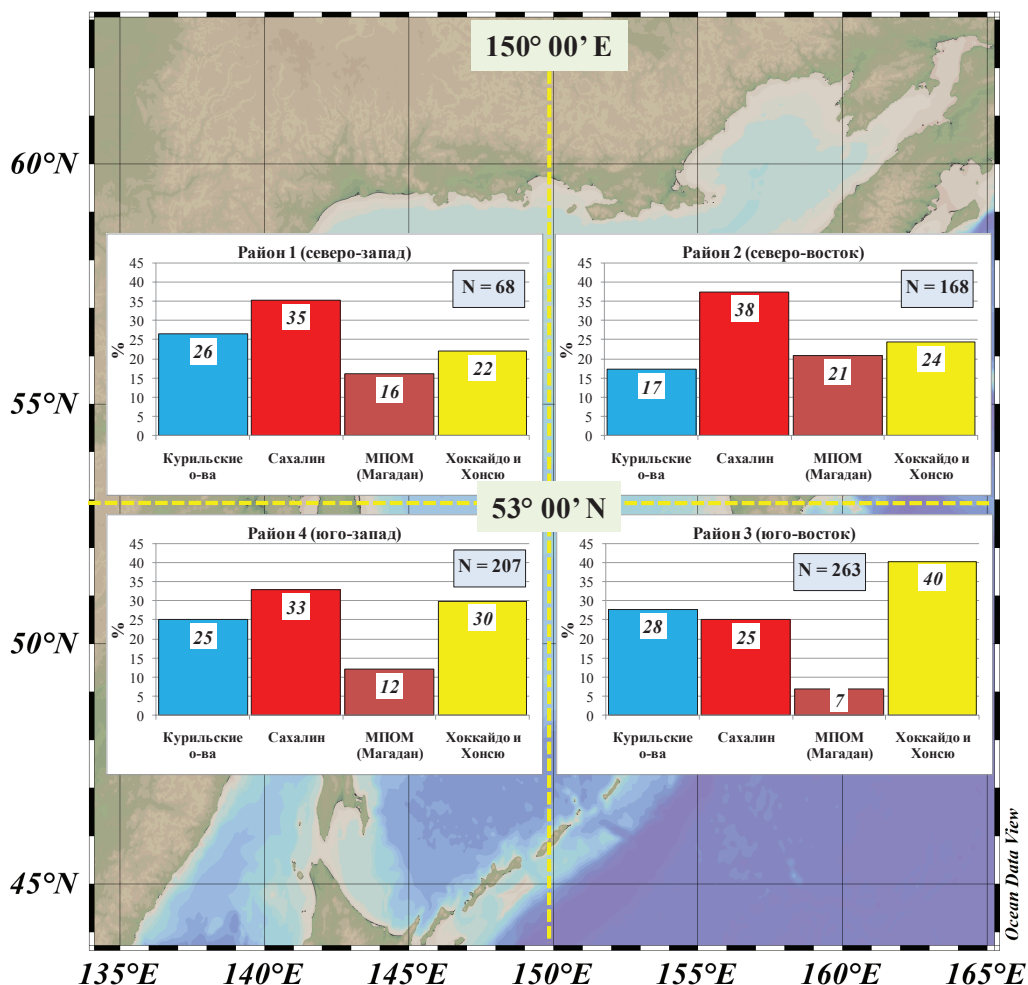


Рис. 4. Среднесезонное распределение молоди горбуши заводского происхождения из различных регионов бассейна Охотского моря по данным 2011–2021 гг.

Fig. 4. Mean distribution of hatchery pink salmon juveniles originated from different regions of the Okhotsk Sea basin according to data for 2011–2021

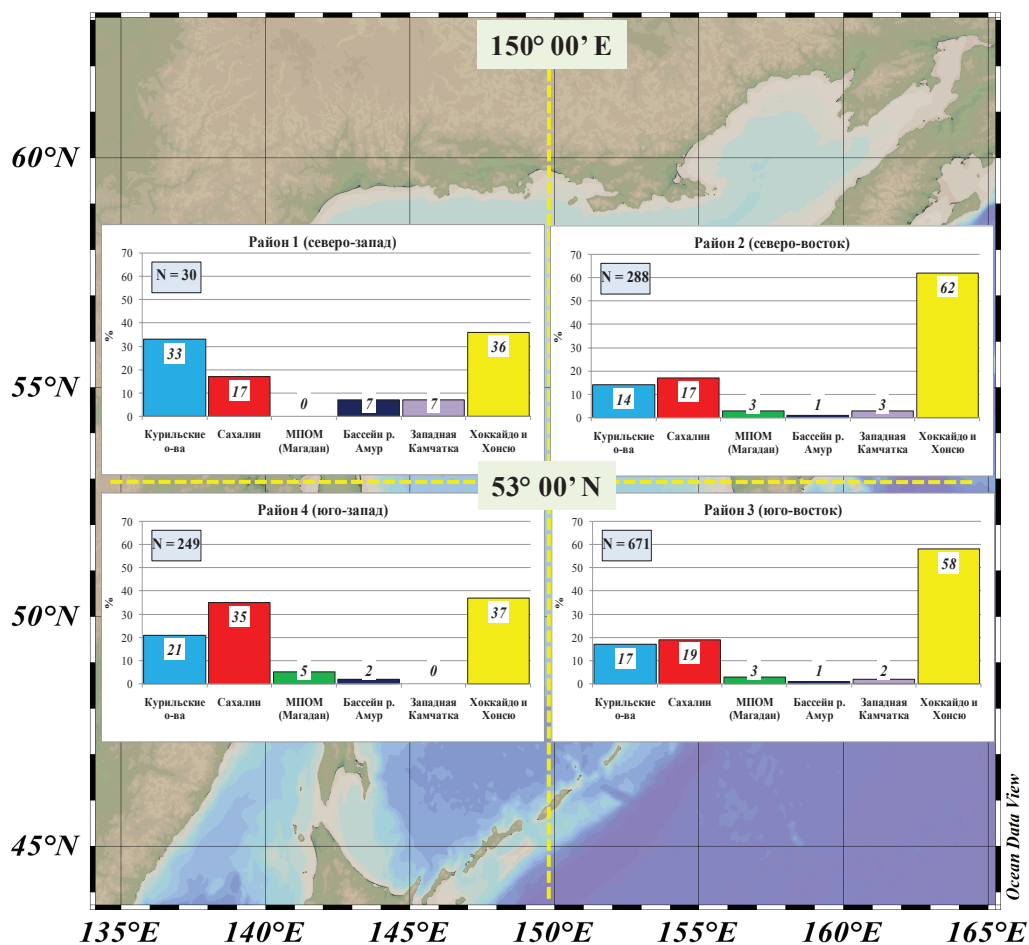


Рис. 5. Среднегодовое распределение молоди кеты заводского происхождения из различных регионов бассейна Охотского моря по данным 2011–2021 гг.

Fig. 5. Mean distribution of hatchery chum salmon juveniles originated from different regions of the Okhotsk Sea basin according to data for 2011–2021

северо-восток (2), юго-восток (3) и юго-запад (4). Разделительной границей по широте был принят 53° с.ш., а по долготе — 150° в.д.

Из представленных данных видно, что маркированная молодь горбуши, воспроизводящаяся на ЛРЗ Сахалино-Курильского региона, в северных районах Охотского моря (1 и 2) в сумме составляла соответственно 61 и 55 %. Доли японской горбуши были заметно ниже, но также достаточно значимы: район 1 — 22 % и район 2 — 24 %. Доля рыб из рек североохотоморского побережья (МПОМ (Магадан)) в районе 2 (21 %) несколько превосходила таковую в районе 1 (16 %). Это указывает на то, что значительная часть заводской молоди горбуши из этого региона мигрирует на юг и юго-запад через район 2. Данная закономерность вполне объяснима локализацией североохотоморских базовых рек ЛРЗ (Армань, Яна и Ола), устья которых расположены восточнее 150° в.д.

Южнее 50° с.ш. в районах 4 и 3 среднегодовое количество маркированной горбуши Сахалино-Курильского региона составила соответственно 58 и 53 %. При этом встречаемость японской заводской горбуши была заметно выше: район 4 — 30 % и район 3 — 40 %. Рыбы североохотоморского побережья присутствовали минимально: район 4 — 12 % и район 3 — 7 %.

Принимая во внимание, что уровень маркирования горбуши, выпускаемой с ЛРЗ России и Японии, достаточно высок (~ 50 %), представленная картина распределения

достаточно адекватно отражает процесс нагульных миграций вида в осенний период в бассейне Охотского моря. Исходя из данной информации, можно заключить, что учетные траловые съемки ТИНРО проводятся в оптимальные сроки (октябрь–ноябрь), фиксируя численность молоди горбуши на стадии циклической миграции до выхода в тихоокеанские воды. Причем на данный момент часть южноохотоморского комплекса стад локализована севернее 53° с.ш. Таким образом, по сути, выполняется тотальный учет численности всей охотоморской горбуши российского происхождения. К сожалению, мы не имеем информации о миграциях заводской молоди горбуши западной Камчатки. Тем не менее имеющиеся результаты генетических исследований диких популяций этого комплекса стад также указывают на схожий циклический характер миграций рыб западнокамчатского происхождения при откочевке от побережья в открытые воды Охотского моря [Варнавская, 2006].

Данные по идентификации маркированной молоди кеты во время нагульных миграций в бассейне Охотского моря в осенний период показали практически тождественную картину распределения рыб различного регионального происхождения в акватории полигона исследований. Суммарные доли кеты Сахалино-Курильского региона в северной части моря в районах 1 и 2 составили соответственно 50 и 31 %. При этом в районе 1 была зафиксирована максимальная встречаемость молоди с ЛРЗ бассейна р. Амур — 7 %, что свидетельствует о миграции рыб из этого региона в северном направлении через Амурский лиман с выходом в открытое море. Кроме того, следует отметить повышенную долю кеты западной Камчатки в этом же районе — 7 %. Это указывает на откочевку молоди от побережья Камчатки в западном направлении с пересечением 150° в.д. Доля кеты японского происхождения достигала максимального показателя в районе 2 — 62 %. В районе 1 ее присутствие было заметно ниже — 36 %.

Южнее, в районах 3 и 4, доли кеты Сахалино-Курильского региона также были высоки, составляя соответственно 36 и 56 %. Молодь японского происхождения встречалась в траловых уловах на уровне 58 % (район 3) и 37 % (район 4). Суммарная доля кеты из рек западной Камчатки и материкового побережья, а также бассейна р. Амур в обоих районах не превышала 10 %.

Общее среднесезонное соотношение регионального состава маркированной молоди тихоокеанских лососей в бассейне Охотского моря в осенний период по данным 2011–2021 гг. представлено на рис. 6. Исходя из полученных данных, в траловых уловах горбуши доминировали рыбы, выпущенные с ЛРЗ Японии и Сахалина, — соответственно 32 и 31 %. Молодь, воспроизводящаяся на ЛРЗ Курильских островов, составляла 24 %. Горбуша с ЛРЗ североохотоморского побережья в траловых уловах встречалась на минимальном уровне — 13 %. У кеты в траловых уловах абсолютно доминировала молодь, выпущенная с ЛРЗ Японии, — 55 %. Доли кеты с ЛРЗ Сахалина и Курильских островов составляли 21 и 17 %. Суммарная доля рыб западной Камчатки, североохотоморского побережья и бассейна р. Амур была ниже 10 %. Еще раз подчеркнем, что данные по кете менее показательны, чем по горбуше, так как уровень маркирования первой на ЛРЗ России и Японии составляет всего соответственно около 40 и 15 %.

В рамках настоящей работы мы не рассматриваем закономерности распределения заводской молоди горбуши и кеты во время нагульных миграций в бассейне Охотского моря в осенний период. Ранее по данной теме были выполнены исследования, которые показали, что наиболее массовые уловы обоих видов приходятся на температурный диапазон поверхностного слоя воды в пределах 7–9 °С [Шевляков, Чистякова, 2017; Бугаев и др., 2020]. Это характерно не только для заводской, но и для дикой молоди тихоокеанских лососей. В северной (температура воды более низкая) и южной (температура воды более высокая) частях полигона исследований уловы молоди заметно ниже. Поэтому можно отметить, что указанный диапазон температуры поверхностного слоя воды в бассейне Охотского моря во время осенних нагульных миграций молоди лососей является наиболее благоприятным для ее обитания.

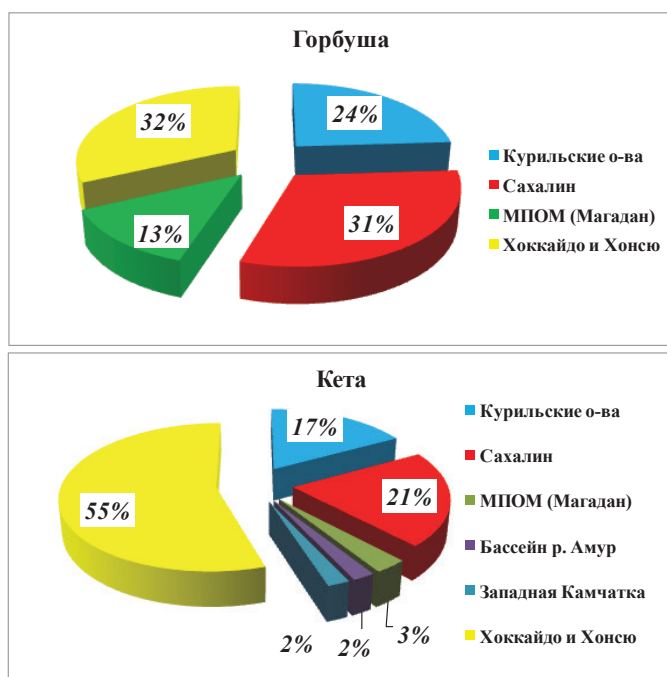


Рис. 6. Общее среднеемноголетнее соотношение регионального состава маркированной молоди тихоокеанских лососей в бассейне Охотского моря по данным 2011–2021 гг.

Fig. 6. Generalized regional composition of marked pacific salmon juveniles in the Okhotsk Sea basin according to data for 2011–2021

В качестве наглядного материала, отражающего характер миграций заводской молоди тихоокеанских лососей, выпущенной с ЛРЗ различных регионов Дальнего Востока России и Японии, представляем карты-схемы распределения уловов сеголеток горбуши и кеты в бассейне Охотского моря и прилегающих водах Тихого океана по данным учетных траловых съемок ТИНРО в осенне-зимний период 2021 г. (рис. 7–11). Отметим, что в данный год было обнаружено максимальное количество маркированных рыб, зафиксированное за весь период наблюдений 2011–2021 гг. Данное обстоятельство напрямую связано с повышением уровня маркирования лососей на ЛРЗ России и Японии в последние годы. Кроме того, в 2021 г. впервые была выполнена идентификация заводских лососей обоих видов в зимний период во время выхода молоди из Охотского моря в воды Тихого океана. В данном случае нет необходимости подробного анализа миграционной активности горбуши и кеты в этот год, так как характер распределения молоди полностью согласуется с представленными выше многолетними региональными закономерностями нагульных миграций обоих видов.

Биологические показатели молоди заводских тихоокеанских лососей

При выполнении практических задач по промысловому прогнозированию численности возвратов тихоокеанских лососей охотоморского бассейна, особенно наиболее массового вида — горбуши, возникает необходимость оперативной дифференциации молоди в смешанных нагульных скоплениях по ее региональной принадлежности. Это дает возможность спрогнозировать мощность подходов производителей в тот или иной регион воспроизводства вида. В современный период подобную дифференциацию в основном проводят с использованием генетических методов. Тем не менее первичные оценки внутривидового состава скоплений выполняют и с применением биостатистических признаков: соотношение полов, гонадосоматический индекс и размерно-массовые показатели [Шевляков и др., 2020]. У половозрелых особей горбуши,

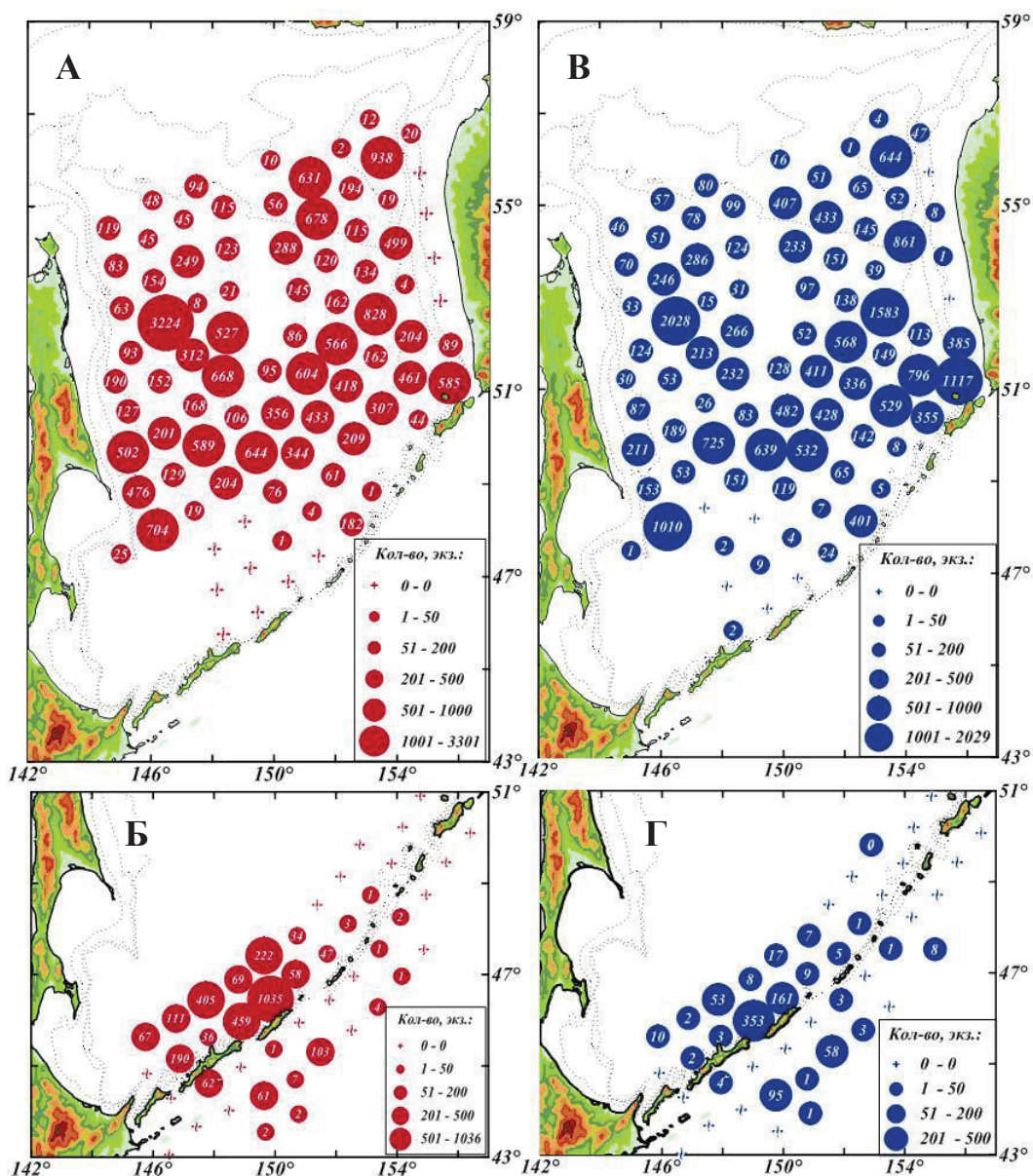


Рис. 7. Распределение уловов сеголеток горбуши (А, Б) и кеты (В, Г) по данным учетных траловых съемок ТИНРО в 2021 г. (цифры в кружках — экз./час траления): А, В — бассейн Охотского моря (октябрь); Б, Г — прикурильские воды Охотского моря и Тихого океана (декабрь)

Fig. 7. Catches of pink salmon (А, Б) and chum salmon (В, Г) juveniles in TINRO trawl surveys in 2021 (number of fish per hour of trawling is shown in the circles): А, В — Okhotsk Sea (October); Б, Г — the waters adjacent to Kuril Islands (December)

как правило, первые два признака являются определяющими, а у молоди, наоборот, наиболее показательны длина и масса тела.

Учитывая имеющиеся фактические данные о размерно-массовых показателях заводской молоди горбуши и кеты во время осеннего нагула в бассейне Охотского моря, предлагаем сравнительную информацию по этим критериям на уровне регионов воспроизводства. Данные представлены в виде диаграмм размаха среднемноголетних показателей длины и массы тела маркированных рыб, выпущенных с ЛРЗ России и Японии в 2011–2021 гг. (рис. 12, 13).

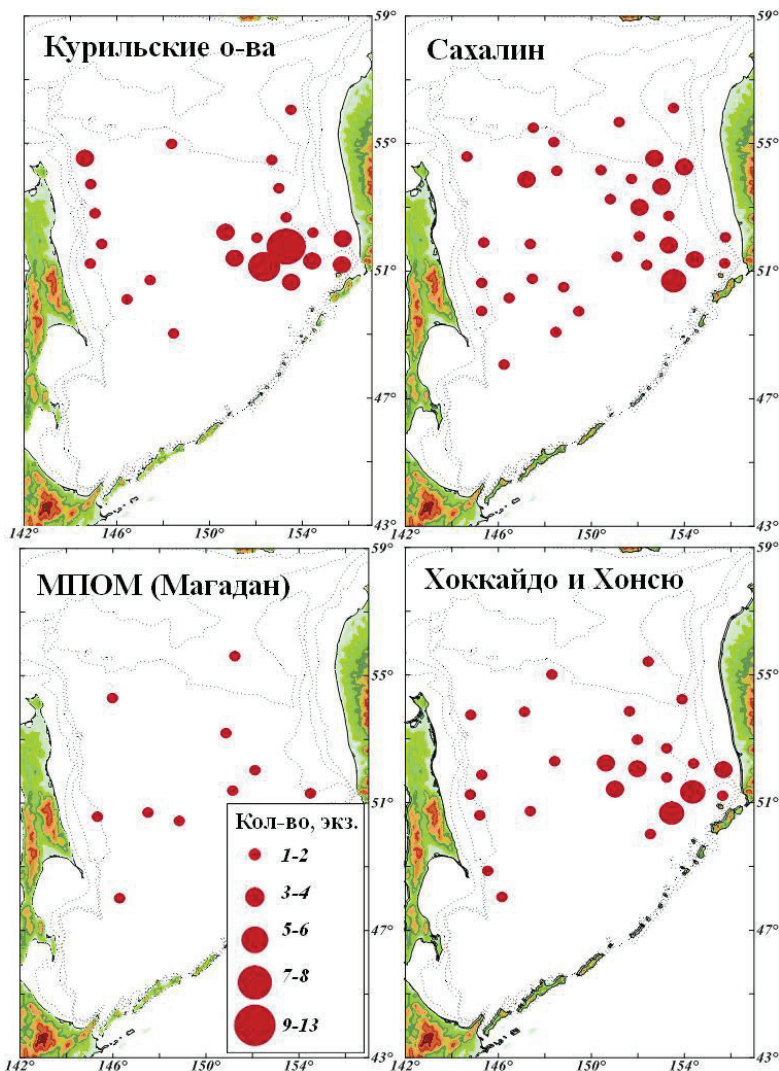


Рис. 8. Распределение маркированной на ЛРЗ России и Японии молоди горбуши в бассейне Охотского моря в октябре 2021 г.

Fig. 8. Distribution of pink salmon juveniles marked at the Russian and Japanese hatcheries in the Okhotsk Sea basin in October 2021

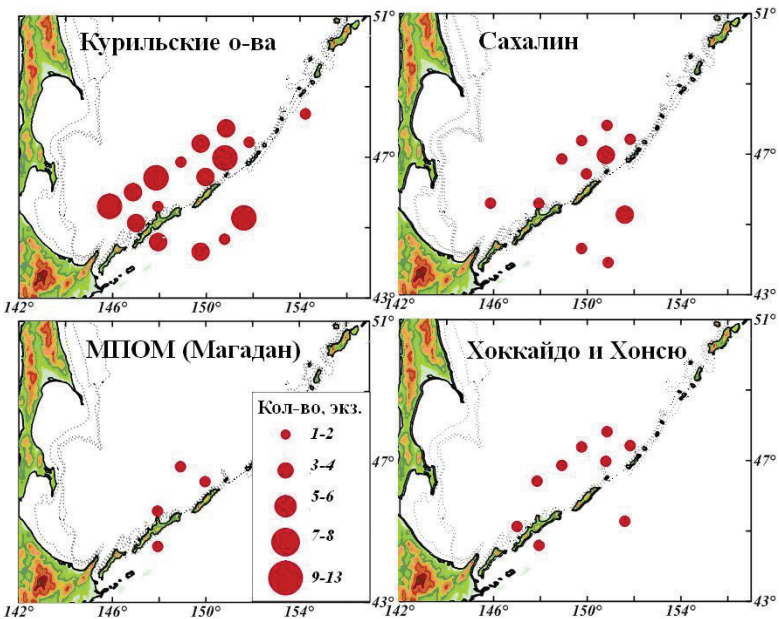


Рис. 9. Распределение маркированной на ЛРЗ России и Японии молоди горбуши в прикурильских водах Охотского моря и Тихого океана в декабре 2021 г.

Fig. 9. Distribution of pink salmon juveniles marked at the Russian and Japanese hatcheries in the waters adjacent to Kuril Islands in December 2021

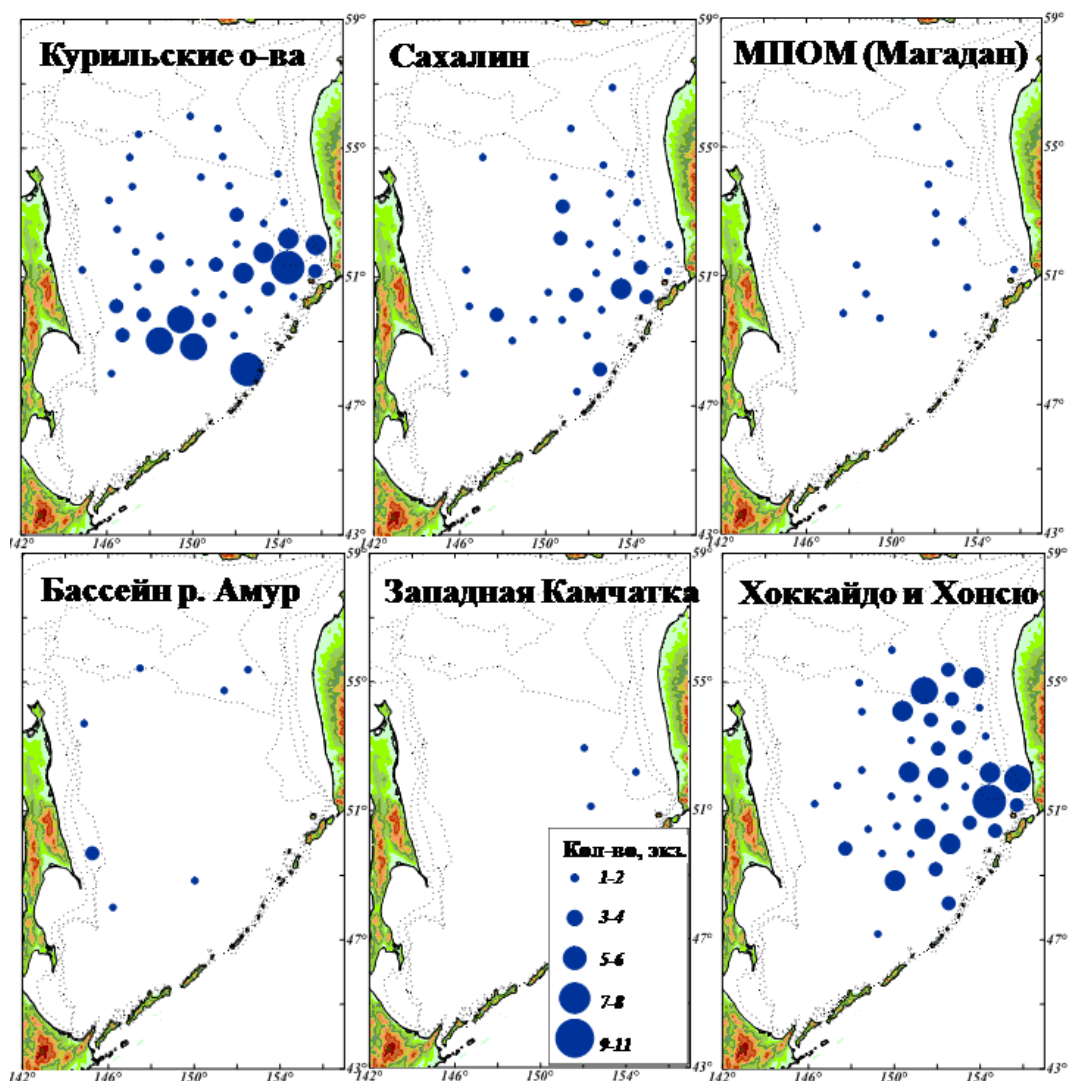


Рис. 10. Распределение маркированной на ЛРЗ России и Японии молоди кеты в бассейне Охотского моря в октябре 2021 г.

Fig. 10. Distribution of chum salmon juveniles marked at the Russian and Japanese hatcheries in the Okhotsk Sea basin in October 2021

Исходя из полученных оценок у молоди горбуши минимальные показатели длины/массы тела были зафиксированы у российских южноохотоморских заводских стад: Курильские острова — 239 мм (158–310 мм)/145 г (29–322 г) и Сахалин — 243 мм (191–305 мм)/157 г (69–346 г). Рыбы, воспроизводящиеся на ЛРЗ североохотоморского побережья, имели длину тела на уровне 249 мм (196–304 мм), а массу — 166 г (64–345 г). Японская молодежь горбуши была наиболее крупной — 263 мм (183–347 мм) и 201 г (51–468 г).

Из представленных данных видно, что средние размерно-массовые показатели указанных региональных группировок заводских стад горбуши в период нагульных осенних миграций в бассейне Охотского моря 2011–2021 гг. достаточно четко дифференцируются по региональному признаку. Это вполне объяснимо периодикой нагула во время посткатадромных миграций. Как правило, рыбы, пойманные дальше от района воспроизводства, являются более крупными, чем те, которые пойманы в относительной близости от него. Кроме того, для дальневосточных лососей разница размерно-массо-

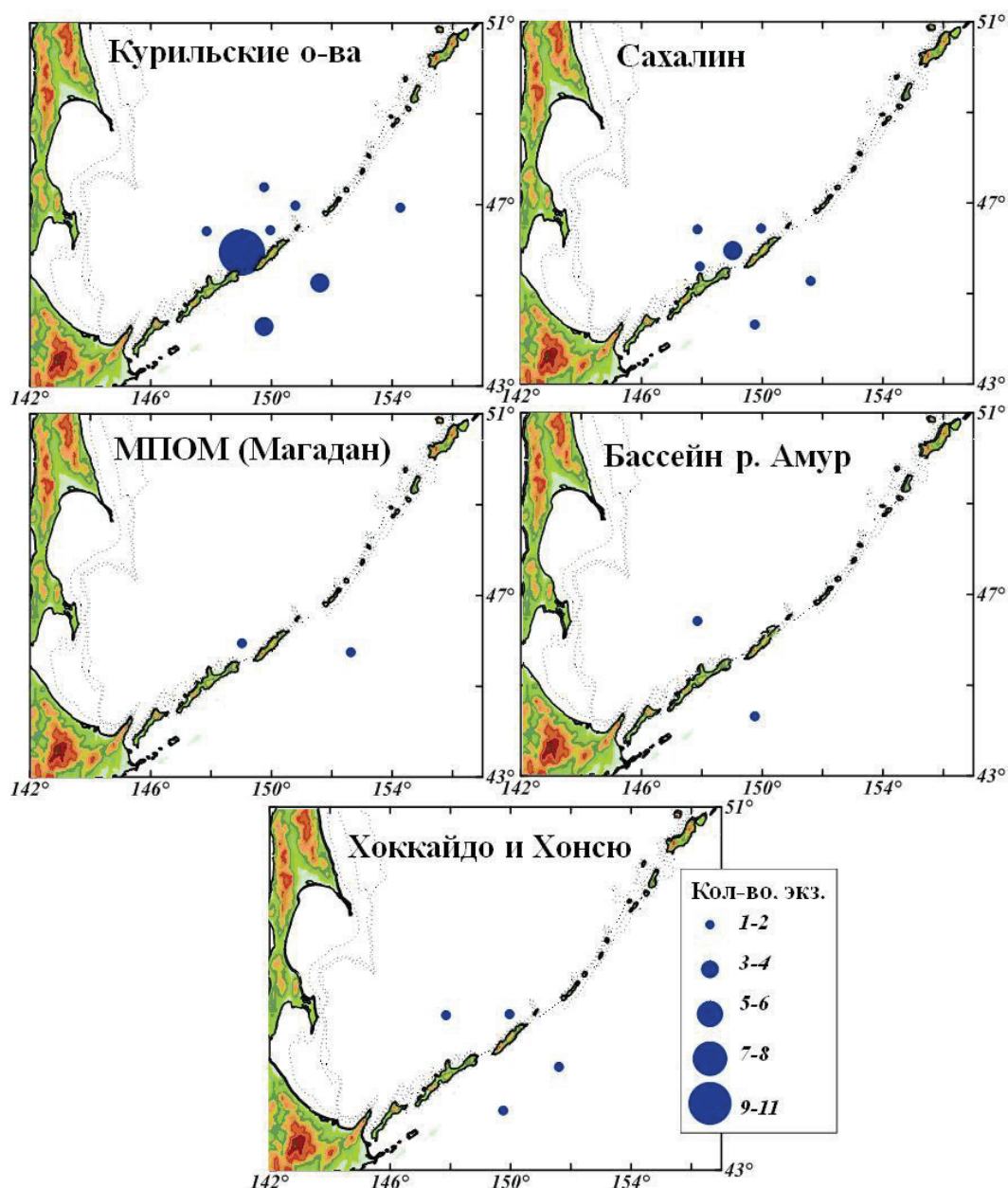


Рис. 11. Распределение маркированной на ЛРЗ России и Японии молоди кеты в прикурильских водах Охотского моря и Тихого океана в декабре 2021 г.

Fig. 11. Distribution of chum salmon juveniles marked at the Russian and Japanese hatcheries in the waters adjacent to Kuril Islands in December 2021

вых показателей прослеживается и на уровне различий между «северным» и «южным» комплексами стад. Относительно горбуши японского происхождения необходимо отметить, что ее выпуск с ЛРЗ осуществляется более высокой навеской (~ 1–2 г), чем с ЛРЗ Дальнего Востока России (до 1 г). Это также может служить фактором более высоких размерно-массовых показателей молоди, выпущенной с ЛРЗ Хоккайдо и Хонсю.

У заводской молоди кеты более разнообразный размерно-массовый состав, так как искусственное воспроизводство вида осуществляется не в 4, а в 6 регионах охотоморского бассейна. Региональные среднеголетние показатели длины/массы тела

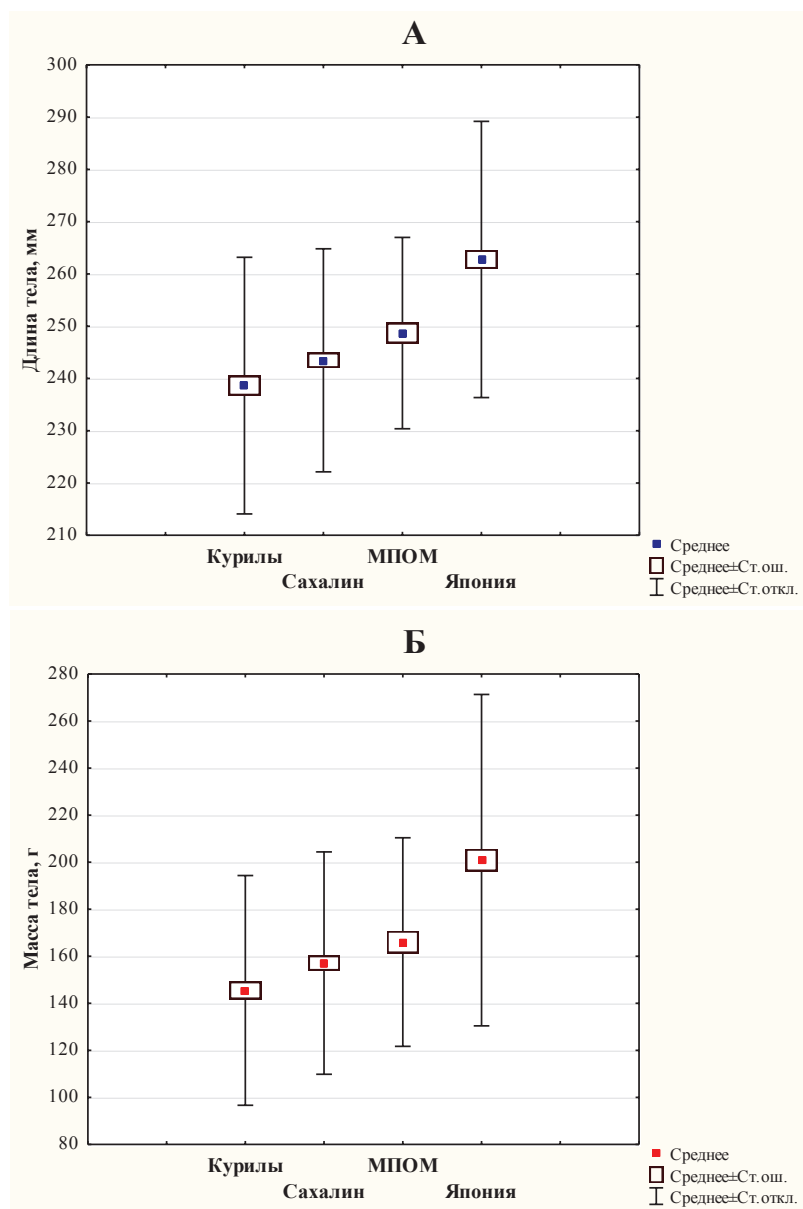


Рис. 12. Диаграммы размаха среднесезонных показателей длины (А) и массы (Б) тела маркированной молоди горбуши различного регионального происхождения в период осенних нагульных миграций в бассейне Охотского моря по данным 2011–2021 гг.

Fig. 12. Mean long-term ranges of body length (А) and weight (Б) for marked pink salmon juveniles originated from different regions during their autumn feeding migrations in the Okhotsk Sea according to data for 2011–2021

вида выглядели следующим образом: Курильские острова — 222 мм (144–307 мм)/125 г (31–384 г), Сахалин — 228 мм (166–333 мм)/136 г (45–423 г), североохотоморское побережье — 231 мм (192–302 мм)/142 г (68–312 г), бассейн р. Амур — 235 мм (201–265 мм)/152 г (84–232 г), западная Камчатка — 228 мм (188–305 мм)/136 г (60–302 г), Япония (Хоккайдо и Хонсю) — 253 мм (161–384 мм)/186 г (46–680 г).

Несмотря на большее количество регионов, где осуществляется выпуск заводской кеты, средние значения размерно-массовых показателей молоди также подчинялись сходной закономерности их градации, как и у горбуши. Минимальные длина и масса

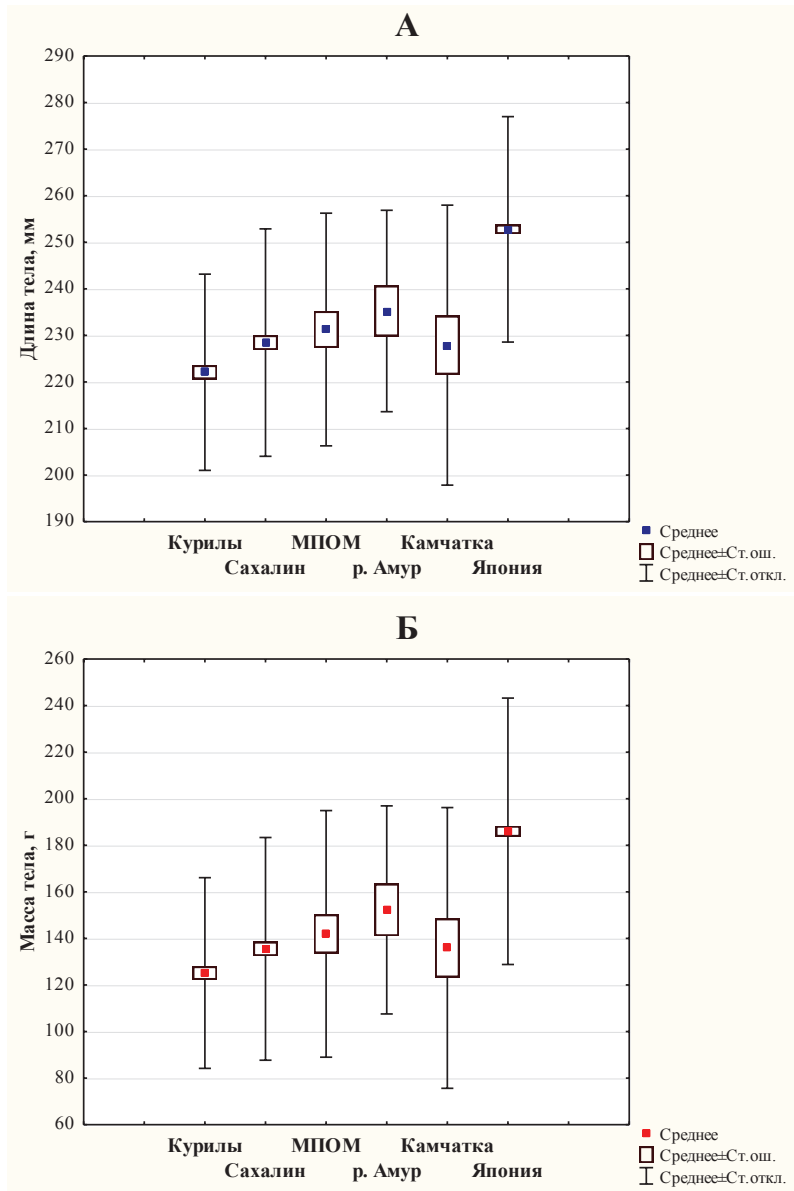


Рис. 13. Диаграммы размаха среднелетних показателей длины (А) и массы (Б) тела маркированной молоди кеты различного регионального происхождения в период осенних нагульных миграций в бассейне Охотского моря по данным 2011–2021 гг.

Fig. 13. Mean long-term ranges of body length (А) and weight (Б) for marked chum salmon juvenile originated from different regions during their autumn feeding migrations in the Okhotsk Sea according to data for 2011–2021

тела рыб были отмечены для комплексов стад Курильских островов и Сахалина. К этой же группе можно отнести и кету западной Камчатки. Особи, выпущенные с ЛРЗ североохотоморского побережья и бассейна р. Амур, по размерно-массовым показателям занимали промежуточное положение. Наиболее крупная молодь кеты, как и в случае с горбушей, была представлена рыбами японского происхождения. Уточним, что выпуск молоди кеты с японских ЛРЗ осуществляется с навеской около 3–4 г, а с дальневосточных ЛРЗ — приблизительно 1–2 г [Nagata et al., 2016].

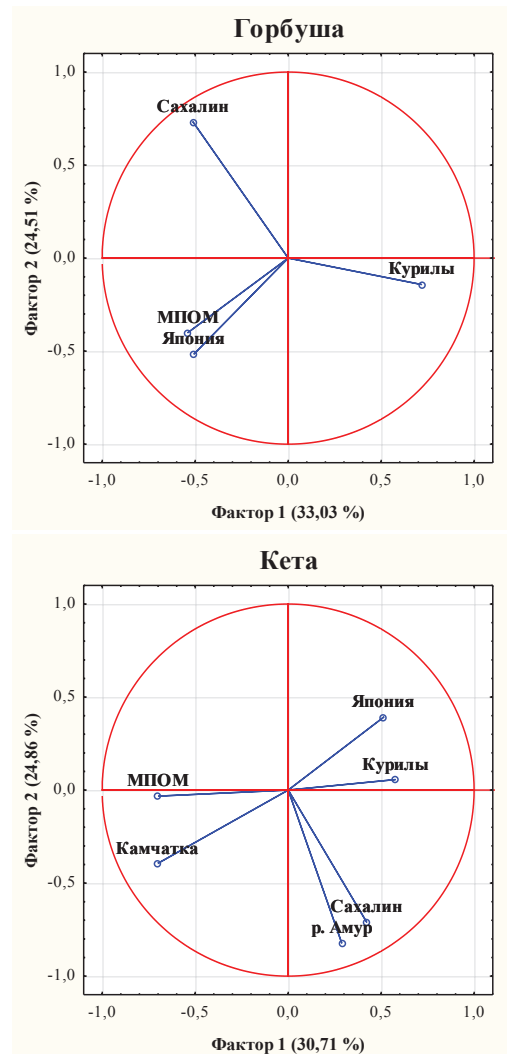
Тем не менее отмеченные различия средних значений размерно-массовых показателей не всегда могут служить в качестве критерия для дифференциации регионального

происхождения молоди горбуши и кеты в траловых уловах. Основной причиной этого следует рассматривать высокий уровень перекрытия минимальных и максимальных значений, формирующих центроид средних показателей. На представленных графиках это четко видно по использованным статистическим параметрам — стандартным ошибкам и отклонениям. Поэтому в качестве инструмента дифференциации рыб по биологическим показателям можно использовать многомерные методы разведки и классификации данных. На рис. 14 показана проекция переменных на факторную плоскость главных компонент, выполненная на основе центроидов показателей массы тела заводских тихоокеанских лососей в период осенних нагульных миграций в бассейне Охотского моря по данным 2011–2021 гг.

Принимая во внимание, что общие тенденции распределения средних значений длины и массы тела молоди тихоокеанских лососей имеют сходство по региональному признаку, в качестве примера приводим данные по показателям массы. В практике экспедиционных исследований данный критерий более доступен для использования, так как для его определения достаточно численности и общей массы выборки.

Рис. 14. Проекция переменных на факторную плоскость главных компонент, выполненная на основе среднееголетних показателей массы тела заводских тихоокеанских лососей в период осенних нагульных миграций в бассейне Охотского моря по данным 2011–2021 гг.

Fig. 14. Projection of variables onto the factor plane of principal components, based on mean values of body weight for hatchery pacific salmon during their autumn feeding migrations in the Okhotsk Sea basin according to data for 2011–2021



Полученные результаты анализа методом главных компонент по факторам 1 и 2 показали, что у молоди горбуши можно хорошо дифференцировать молодь Курильских островов, Сахалина и МПОМ (Магадан). Последний компонент образует единый кластер с показателями массы тела японской горбуши. Однако при решении практических задач наличием в бассейне Охотского моря потенциальной доли японской молоди горбуши можно пренебречь, учитывая подавляющую численность дальневосточной дикой горбуши.

Для получения более полноценной картины по региональной дифференциации стад охотоморской горбуши не хватает информации о размерно-массовых показателях

молоди, воспроизводящейся в реках западной Камчатки. Однако, учитывая сходство тенденций распределения рассматриваемых среднесезонных биологических показателей горбуши и кеты, можно предположить, что и процесс формирования кластеров их центроидов будет достаточно сходным при наличии всех составляющих популяционного охотоморского комплекса горбуши, как в случае с нативными популяциями.

У заводской молоди кеты различие и сходство по региональному принципу выражены значимо. В поле главных компонент по факторам 1 и 2 четко видно, что рыбы формируют следующие кластеры: 1) Сахалин + бассейн р. Амур, 2) Курильские острова + Япония (Хоккайдо и Хонсю), 3) западная Камчатка + МПОМ (Магадан). По сути, данная закономерность позволяет дифференцировать молодь кеты с использованием навески для определения ее региональной принадлежности в охотоморском бассейне. В этой ситуации наиболее проблемным вопросом остается только разделение популяций курильской и японской кеты.

Разумеется, данный подход может быть использован только в качестве ориентировочного способа дифференциации молоди тихоокеанских лососей до получения более точных данных после выполнения камеральной обработки генетических проб. Полагаем, что молодь нативных популяций также будет иметь сходные черты, по которым различаются рыбы заводского происхождения на основе размерно-массовых показателей. Это позволит более аргументированно использовать указанные морфометрические критерии для дифференциации нагульных скоплений молоди горбуши и кеты «северного» и «южного» популяционных комплексов в бассейне Охотского моря в осенний период.

Естественная смертность молоди заводских тихоокеанских лососей

Определение естественной смертности гидробионтов является достаточно сложной задачей, так как затруднительно определить их фактическую численность на том или ином этапе жизненного цикла, даже на локальном уровне. У нативных тихоокеанских лососей получение данных оценок возможно при наличии информации о численности молоди, скатившейся в море, и величине подходов (возвратов) производителей после морского/океанического нагула. Однако в практике лососевых исследований провести тотальный учет покатной молоди на уровне каждого дальневосточного региона не представляется возможным. Как правило, учетно-мальковые работы ведутся только на отдельных контрольных водных объектах. Полученные оценки, можно использовать только в качестве индикаторной количественной информации, а данные экстраполируют на тот или иной рыбопромысловый район. Но, понятно, что это будет весьма приблизительная информация о реальной региональной численности молоди тихоокеанских лососей, скатившейся в прибрежную зону из нерестовых рек.

В случае искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей мы имеем информацию не только о фактическом выпуске всей молоди с ЛРЗ, но и о количестве маркированных особей. В обычной практике это позволяет оценивать подход заводских рыб в базовый водоем ЛРЗ, который рассчитывается по коэффициенту возврата. В этой ситуации несложно рассчитать разницу между количеством выпущенной молоди и вернувшихся производителей, которая фактически будет показателем естественной смертности заводских тихоокеанских лососей.

Тем не менее зачастую в практике требуется определение потенциального уровня смертности рыб на отдельных критических этапах их жизненного цикла. В случае с тихоокеанскими лососями это наиболее актуально в период раннего морского нагула, когда скатившаяся молодь из прибрежной зоны откочевывает в открытые воды, формируя нагульные скопления. Следует отметить, что подавляющее большинство имеющихся оценок смертности молоди тихоокеанских лососей носят экспертный характер, так как данные о численности скатившихся и нагульных рыб, как правило, весьма приблизительны.

В настоящее время сложилась уникальная ситуация: в результате системных многолетних учетных съемок ТИНРО были получены ряды оценок численности всей нагульной молоди тихоокеанских лососей охотоморского бассейна. Подобный опыт имеется только на Дальнем Востоке России, когда учетные исследования проводятся на уровне мониторинга практически на всей площади нагульного ареала молоди таких массовых видов, как горбуша и кета. В основном речь идет о бассейне Охотского моря и водах юго-западной части Берингова моря. Но в контексте настоящей работы мы рассматриваем только первый водный объект.

Исходя из имеющихся данных, мы располагаем многолетними рядами наблюдений динамики численности молоди горбуши и кеты в бассейне Охотского моря в период осенних нагульных миграций 2011–2021 гг. (рис. 15). Кроме того, есть данные официальной статистики о количестве маркированной молоди этих видов, выпущенной с ЛРЗ России и Японии. Причем, учитывая географическую локализацию большинства действующих дальневосточных и японских ЛРЗ, основная часть их молоди после выпуска осуществляет ранний морской нагул в охотоморском бассейне. Результаты региональной идентификации позволили определить доли маркированной горбуши и кеты российского и японского происхождения в нагульных скоплениях молоди, что дало возможность оценки их численности в бассейне Охотского моря в осенний период 2022–2021 гг. (табл. 5). На основе этих данных были рассчитаны коэффициенты действительной смертности обоих видов на этапе откочевки молоди из прибрежной зоны в открытые воды (табл. 6).

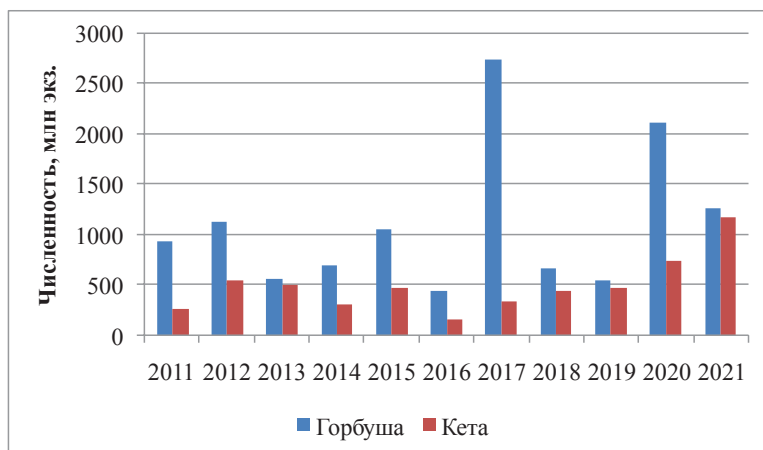


Рис. 15. Динамика численности молоди тихоокеанских лососей по данным учетных траловых съемок ТИНРО в бассейне Охотского моря в 2011–2021 гг.

Fig. 15. Dynamics of juvenile pacific salmon abundance on the data of TINRO trawl surveys in the Okhotsk Sea in 2011–2021

Обращаем внимание, что полученные оценки смертности носят предварительный характер, поскольку количество маркированных рыб не соответствует общему объему выпуска молоди горбуши и кеты с ЛРЗ России и Японии. При этом известно: чем ниже фактическое количество гидробионтов, учтенных во время траловой съемки, тем выше вероятность ошибки оценки их относительной численности в целом на полигоне исследований [Волвенко, 1998]. Поэтому изначально наиболее показательные данные о смертности молоди были получены только для горбуши, так как ее мечение на ЛРЗ России и Японии в рассматриваемый период лет достигало порядка 50 %. По кете данную информацию можно использовать лишь как ориентировочную, так как уровень ее мечения на российских ЛРЗ составлял около 40 %, а на японских ЛРЗ — не более 15 %.

Таблица 5

Оценки относительной численности идентифицированных заводских тихоокеанских лососей России и Японии по данным учетных траловых съемок в бассейне Охотского моря в 2011–2021 гг.

Table 5

Relative abundance of identified pacific salmon originated from the Russian and Japanese hatcheries in the catches of trawl surveys conducted in the Okhotsk Sea in 2011–2021

Год	Численность маркированных рыб, млн экз.	Россия		Япония	
		%	Млн экз.	%	Млн экз.
Горбуша					
2011	38,3	100	38,3	—	—
2012	21,7	75	16,3	25	5,4
2013	14,2	90	12,8	10	1,4
2014	9,6	86	8,2	14	1,4
2015	21,2	80	17,0	20	4,2
2016	11,0	80	8,8	20	2,2
2017	57,6	71	41,0	29	16,6
2018	43,2	57	24,4	43	18,8
2019	20,8	47	9,7	53	11,1
2020	171,2	63	108,2	37	63,0
2021	86,0	75	64,5	25	21,5
Кета					
2011	13,3	29	3,8	71	9,5
2012	50,1	21	10,4	79	39,8
2013	14,3	30	4,4	70	10,0
2014	9,8	26	2,6	74	7,2
2015	16,9	37	6,2	63	10,7
2016	7,1	58	4,1	42	3,0
2017	15,8	44	7,0	56	8,8
2018	32,2	33	10,7	67	21,5
2019	35,0	43	15,1	57	19,8
2020	59,8	54	32,4	46	27,4
2021	139,7	62	87,0	38	52,7

Таким образом, среднемноголетние оценки действительных коэффициентов смертности заводских тихоокеанских лососей России и Японии в период осенней откочевки молоди в открытые воды Охотского моря выглядели следующим образом:

Горбуша. Россия — 0,72 (0,26–0,96), Япония — 0,78 (0,42–0,96), Россия + Япония — 0,76 (0,32–0,96);

Кета. Россия — 0,94 (0,76–0,99), Япония — 0,92 (0,77–0,99), Россия + Япония — 0,93 (0,76–0,99).

При анализе полученных результатов можно отметить общую закономерность — коэффициенты смертности у горбуши ниже, чем у кеты. Возможно, это следствие методической ошибки, связанной с более низким уровнем маркирования последней. Теоретически молодь кеты должна быть более жизнеспособной после ската из рек в прибрежную зону, учитывая, что ее покатыники уже начинают питаться в пресноводный период жизни и имеют более крупные размерно-массовые характеристики. Не исключено, что столь высокие среднемноголетние показатели естественной смертности (горбуша — 76 %, кета — 93 %) на данном этапе морского нагула связаны и с искусственным воспроизводством объектов исследований, учитывая менее продолжительные сроки их адаптации к условиям внешней среды после выпуска с ЛРЗ.

Таблица 6

Оценки действительных коэффициентов смертности (φZ) заводских тихоокеанских лососей России и Японии в период осенней откочевки молоди в открытые воды Охотского моря в 2011–2021 гг., млн экз.

Table 6

Estimates of actual mortality rates for hatchery pacific salmon of Russian and Japanese origin during autumn migration of their juveniles to the open Okhotsk Sea waters in 2011–2021, 10^6 ind.

Год	Россия			Япония			Россия + Япония		
	Выпуск	Учет в море	φZ	Выпуск	Учет в море	φZ	Выпуск	Учет в море	φZ
Горбуша									
2011	175,6	38,3	0,78	25,2	—	—	200,8	38,3	0,81
2012	131,9	16,3	0,88	25,8	5,4	0,79	157,7	21,7	0,86
2013	219,2	12,8	0,94	20,9	1,4	0,93	240,1	14,2	0,94
2014	224,2	8,2	0,96	30,9	1,4	0,96	255,1	9,6	0,96
2015	167,9	17,0	0,90	22,0	4,2	0,81	189,9	21,2	0,89
2016	35,6	8,8	0,75	30,4	2,2	0,93	66,0	11,0	0,83
2017	55,6	41,0	0,26	28,8	16,6	0,42	84,4	57,6	0,32
2018	56,3	24,4	0,57	112,8	18,8	0,83	169,1	43,2	0,74
2019	107,8	9,7	0,91	129,6	11,1	0,91	237,4	20,8	0,91
2020	165,8	108,2	0,35	110,9	63,0	0,43	276,7	171,2	0,38
2021	150,0	64,5	0,57	128,5	21,5	0,83	278,5	86,0	0,69
Среднее			0,72			0,78			0,76
Кета									
2011	300,4	3,8	0,99	139,5	9,5	0,93	439,9	13,3	0,97
2012	315,8	10,4	0,97	263,2	39,8	0,85	579,0	50,1	0,91
2013	333,9	4,4	0,99	229,8	10,0	0,96	563,7	14,3	0,97
2014	374,0	2,6	0,99	240,9	7,2	0,97	614,9	9,8	0,98
2015	341,7	6,2	0,98	242,6	10,7	0,96	584,3	16,9	0,97
2016	240,3	4,1	0,98	256,1	3,0	0,99	496,4	7,1	0,99
2017	151,6	7,0	0,95	244,0	8,8	0,96	395,6	15,8	0,96
2018	126,2	10,7	0,91	271,0	21,5	0,92	397,2	32,2	0,92
2019	241,6	15,1	0,94	261,0	19,8	0,92	502,6	35,0	0,93
2020	321,1	32,4	0,90	245,0	27,4	0,89	566,1	59,8	0,89
2021	363,2	87,0	0,76	231,0	52,7	0,77	594,2	139,7	0,76
Среднее			0,94			0,92			0,93

Однако имеющиеся литературные данные о смертности дикой молоди горбуши в прол. Литке (Карагинский залив, Берингово море) по данным 1980–1990-х гг. указывают на ее гибель в этот период морского нагула в среднем на уровне 71 % (53–94 %) [Карпенко, 1998]. Это достаточно близко с теми оценками смертности, которые были получены нами в отношении этого вида. Тем не менее полагаем, что данный вопрос требует дальнейших исследований, учитывая меняющиеся условия среды обитания тихоокеанских лососей под воздействием глобальных климатических изменений.

В качестве тестирования полученных оценок смертности мы выполнили корреляционный анализ связи «коэффициент смертности — вылов» для всех охотоморских единиц региональных запасов дальневосточной горбуши (рис. 16). Предполагается, что выживаемость дикой и заводской молоди будет определяться сходными условиями.

Следует отметить, что при решении подобных задач более адекватным представляется использование в качестве критерия численности не данных о вылове, а величины подходов (вылов + пропуск на нерест) производителей. Уточним, что современный уровень промысла на Дальнем Востоке России изымает порядка 60–70 % горбуши. В

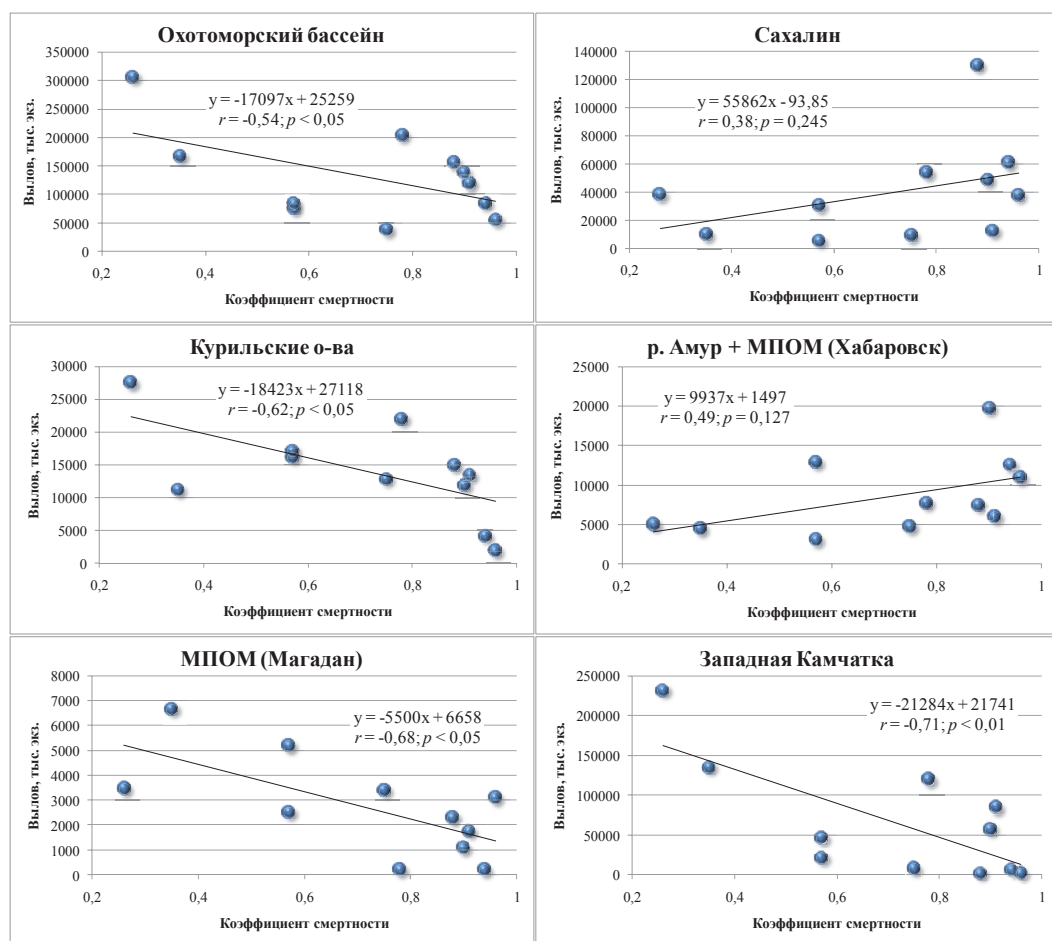


Рис. 16. Взаимосвязь рассчитанных коэффициентов смертности (2011–2021 гг.) молоди горбуши в период откочевки из прибрежной зоны в открытые воды Охотского моря с численностью уловов (2012–2022 гг.) производителей в основных охотоморских центрах воспроизводства

Fig. 16. Relationship between the calculated mortality rates for juvenile pink salmon during their migration from the coastal zone to the open Okhotsk Sea waters in 2011–2021 and the catches of adult pink salmon on the main spawning grounds in the Okhotsk Sea basin in 2012–2022

случаях регулирования промысла этот показатель может быть ниже. Однако в рамках данной работы нет необходимости более углубленного анализа этого вопроса. Подчеркнем, что показанный уровень промыслового изъятия вполне репрезентативен для обнаружения искомой взаимосвязи при условии ее наличия. Кроме того, данные о пропуске горбуши на нерест для всех регионов охотоморского бассейна не всегда достоверны. В некоторых регионах нередко используются экспертные оценки, основанные на экстраполяции данных о нерестовых запасах вида в контрольных водоемах, где ведутся мониторинговые работы. Как правило, прямой учет численности производителей на нерестилищах ведется только на локальном уровне — в отдельных речных системах.

Результаты корреляционного анализа показали, что для ряда охотоморских регионов получена ожидаемая достоверная отрицательная связь. В этих случаях были определены следующие значения коэффициентов корреляций (r): Охотоморский бассейн — $-0,54$; Курильские острова — $-0,62$; МПОМ (Магадан) — $-0,68$; западная Камчатка — $-0,71$. В двух оставшихся регионах (Сахалин и бассейн р. Амур + МПОМ (Хабаровск)) были получены недостоверные слабые положительные связи — соответственно $0,38$ и $0,49$.

На данном этапе исследований невозможно однозначно объяснить подобные несоответствия — разнонаправленные связи. Понятно, что отрицательный тренд (Курильские острова, западная Камчатка и североохотоморское побережье) вполне согласуется с логикой выживаемости любого вида тихоокеанских лососей, т.е. чем выше уровень смертности, тем ниже возвраты и, следовательно, уловы. В случаях с положительными трендами (Сахалин и бассейн р. Амур) не исключено, что есть свои региональные факторы, влияющие на выживаемость молодежи горбуши. Кроме того, оба эти региона представляют промысловые районы с наиболее регулируемым рыболовством. В течение 2012–2022 гг. на Сахалине и в бассейне р. Амур в отдельные годы промысел горбуши был значительно ограничен. Все это могло отразиться на характере связи «коэффициент смертности — вылов». Поэтому в данных случаях для оценки потенциальной смертности более целесообразно использовать именно данные о численности подходов.

Тем не менее в целом по охотоморскому бассейну опыт определения уровня смертности молодежи горбуши в период осенней откочевки из прибрежья в открытые воды Охотского моря можно считать достаточно успешным. Аналогичные данные по кете требуют дополнительного анализа, учитывая трудность проверки взаимосвязи «коэффициент смертности — вылов», так как вид в массе проводит 4 или 5 лет в море (возраст 0.3 и 0.4). Полагаем, что повышение уровня маркирования горбуши и кеты на ЛРЗ России и Японии позволит получить более объективные оценки естественной смертности для обоих видов на раннем этапе нагула в бассейне Охотского моря.

Заключение

В результате обобщения многолетней информации (2011–2021 гг.) о нагульных миграциях заводской молодежи тихоокеанских лососей (горбуши и кеты) в бассейне Охотского моря и прилегающих водах Тихого океана в осенне-зимний период были определены основные закономерности, отражающие внутривидовую структуру, распределение и численность уловов, а также размерно-массовые показатели рыб различного регионального происхождения. Кроме того, впервые на системном уровне получены оценки естественной смертности молодежи на этапе откочевки из прибрежной зоны в открытые морские воды.

Полученные данные по внутривидовой идентификации маркированной молодежи показали, что среднемноголетняя доля российской горбуши в бассейне Охотского моря в осенний период составляла около 75 %. Соответственно, доля рыб японского происхождения не превышала 25 %. В выборках рыб российского происхождения в среднем преобладали особи горбуши, выпущенные с ЛРЗ Сахалина (~ 30 %) и Курильских островов (~ 55 %). Горбуша с ЛРЗ североохотоморского побережья встречалась в уловах на минимальном уровне, достигая по среднемноголетним данным около 15 %. У молодежи кеты доминировали особи японского происхождения — 60 %. Следовательно, на долю российской кеты приходилось 40 %. В части выборки кеты российского происхождения преобладали особи с ЛРЗ Сахалина и Курильских островов — соответственно ~ 60 и 25 %. Суммарная доля молодежи кеты, воспроизводящейся на ЛРЗ западной Камчатки, североохотоморского побережья и бассейна р. Амур, составляла около 15 %.

Анализ среднемноголетнего распределения заводской молодежи горбуши и кеты во время осенних нагульных миграций в бассейне Охотского моря показал, что для обоих видов имеется общая закономерность, отражающая цикличность миграционных процессов. Данная схема миграций молодежи тихоокеанских лососей согласуется с характерными чертами системы неперiodических течений Охотского моря, которые формируются под влиянием ветров и притока вод через Курильские проливы. Причем, основная из них — циклоническая система течений, охватывающая почти все море, обусловленная циклонической циркуляцией атмосферы над всем Охотским морем и прилегающей частью Тихого океана. Данная схема перемещения водных масс приводит

к тому, что значительный поток мигрирующей молодежи тихоокеанских лососей смещается из южной части Охотского моря в северо-восточном направлении до 56–57° с.ш. В результате здесь формируются нагульные скопления с достаточно высокой встречаемостью молодежи «южного» комплекса стад (Курильские острова, Сахалин, Хоккайдо и Хонсю). Далее происходит циклическая миграция всех рыб на запад, юго-запад и юг. После чего основная масса молодежи горбуши и кеты через южные Курильские проливы выходит на зимний нагул в воды северо-западной части Тихого океана.

Оценка среднесноголетних размерно-массовых показателей заводской молодежи горбуши и кеты показала, что распределение средних значений длины и массы тела данных видов подчинено общей закономерности. Минимальные значения рассматриваемых критериев для обоих видов были зафиксированы у рыб, представляющих «южный» дальневосточный комплекс стад — Курильские острова и Сахалин. Особи, выпущенные с ЛРЗ североохотоморского побережья (горбуша и кета) и бассейна р. Амур (кета), по размерно-массовым показателям занимали промежуточное положение. Молодь кеты западной Камчатки по длине и массе тела была близка к сахалинскому комплексу стад. Наиболее крупная молодежь горбуши и кеты была представлена рыбами японского происхождения. Проведенный анализ главных компонент позволил оценить степень сходства размерно-массовых показателей региональных комплексов стад обоих видов. Образующие кластерные группы по длине и массе тела заводской молодежи предполагают достаточно высокий уровень различий рыб, воспроизводящихся в «южной» и «северной» частях охотоморского бассейна. Это подтверждает возможность использования данных критериев для региональной дифференциации стад в целях получения предварительных оценок их численности.

Дополнительно на основе данных о численности выпуска и имеющихся количественных оценок российской и японской маркированной горбуши и кеты в Охотском море были получены оценки естественной смертности заводской молодежи в период откочевки из прибрежной зоны в открытые морские воды. Уровень смертности для обоих видов в среднем приблизительно соответствовал 70–90 %. Причем коэффициенты смертности у горбуши были ниже, чем у кеты. Тестирование точности полученных оценок смертности было проведено с помощью корреляционного анализа взаимосвязи «коэффициент смертности — прибрежный/береговой вылов» для всех охотоморских единиц региональных запасов дальневосточной горбуши. Все определенные достоверные коэффициенты корреляции имели отрицательные значения, что подтверждает актуальность полученных оценок смертности.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают благодарность сотрудникам КамчатНИРО: за сбор отолитных материалов во время экспедиционных работ на научно-исследовательских судах — А.П. Лозовому, А.В. Кожевникову, И.А. Заочному; за камеральную обработку отолитных проб — Н.Н. Ромаденковой.

The authors are grateful to KamchatNIRO employees of the sector of coastal ecosystems: A.P. Lozovoy, A.V. Kozhevnikov and I.A. Zaachny for collecting otolith samples aboard research vessels and to N.N. Romadenkova, leading engineer of the sector of artificial reproduction of pacific salmon, for cameral processing of the otolith samples.

Финансирование работы (FUNDING)

Результаты настоящего исследования были получены в рамках выполнения государственного задания Федерального агентства по рыболовству Российской Федерации № 076-00007-22-00.

The study was conducted within the framework of the state task from the Russian Federal Agency of Fisheries No. 076-00007-22-00.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

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

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

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

The authors state that they have no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

А.В. Бугаев — обобщение и анализ материалов, подготовка демонстрационных материалов, математические расчеты, написание статьи.

А.И. Герлиц — обработка первичных материалов (подготовка отолитных проб, идентификация меток), подготовка демонстрационных материалов.

A.V. Bugaev — generalization and analysis of materials, illustrations, mathematical calculations, writing of the article; A.I. Gerlits — primary materials processing (preparation of otolith samples, identification of marks), illustrations.

Список литературы

Акиничева Е.Г., Изергин И.Л., Фомин Е.А. Об организации исследований по идентификации тихоокеанских лососей на основе термического маркирования их отолитов // Состояние рыбохозяйственных исследований в бассейне северной части Охотского моря : сб. науч. тр. — Магадан : МагаданНИРО, 2004. — Вып. 2. — С. 364–374.

Бондаренко А.Л., Рудых Н.И. О крупномасштабных течениях Охотского моря и их природе // Метеорол. и гидрол. — 2003. — № 12. — С. 74–79.

Бугаев А.В., Чистякова А.И., Урава С. Многолетние тенденции распределения и регионального состава заводской молодежи 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.

Варнавская Н.В. Генетическая дифференциация популяций тихоокеанских лососей : моногр. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2006. — 488 с.

Волненко И.В. Морфометрические характеристики стандартных биостатистических районов для биоценологических исследований рыболовной зоны России на Дальнем Востоке // Изв. ТИНРО. — 2003. — Т. 132. — С. 27–42.

Волненко И.В. Проблемы количественной оценки обилия рыб по данным траловых съемок // Изв. ТИНРО. — 1998. — Т. 124. — С. 473–500.

Ерохин В.Г. Биология молодежи тихоокеанских лососей в прикамчатских водах Охотского моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2002. — 24 с.

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

Милованов А.И. Промысловая ихтиология (конспект лекций). — Керчь : КГМТУ, 2019. — 109 с.

Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) : моногр. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Пищепромиздат, 1966. — 375 с.

Чернявский В.И., Жигалов И.А., Матвеев В.И. Океанологические основы формирования зон высокой биологической продуктивности // Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 9 : Охотское море; вып. 2 : Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. — СПб. : Гидрометеиздат, 1996. — С. 157–160.

Чистякова А.И., Бугаев А.В. Оценка происхождения и пути миграций заводской молодежи горбуши и кеты в бассейне Охотского моря в осенний период 2011–2014 гг. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2016. — Вып. 40. — С. 5–23. DOI: 10.15853/2072-8212.2016.40.5-23.

Чистякова А.И., Бугаев А.В. Применение результатов отолитного маркирования для определения происхождения и путей миграций заводской молодежи горбуши и кеты в Охотском море в осенний период // Изв. ТИНРО. — 2013. — Т. 173. — С. 77–102.

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.

Чистякова А.И., Ким О.О., И В.С. Оценка регионального происхождения и распределения заводской горбуши и кеты по результатам отолитного маркирования в бассейне Охотского моря в осенний период 2016 г. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2018. — Вып. 48. — С. 62–69. DOI: 10.15853/2072-8212.2018.48.62-69.

Чистякова А.И., Шапоров Р.А., Бугаев А.В. Опыт использования комплексного отолитного метода для идентификации молоди горбуши и кеты в период посткатадромных миграций в Охотском море // Бюл. № 7 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2012. — С. 207–216.

Шевляков Е.А., Канзепарова А.Н., Шевляков В.А. и др. Итоги лососевой путины в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне в 2020 г., перспективы вылова горбуши в 2021 г. // Бюл. № 15 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2020. — С. 3–16.

Шевляков Е.А., Чистякова А.И. Миграции молоди кеты в Охотском море, сравнительный анализ эффективности деятельности предприятий рыбоводного комплекса Дальнего Востока России и Японии // Изв. ТИНРО. — 2017. — Т.191. — С. 79–96. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-191-79-96.

Шибяев С.В. Промысловая ихтиология : учеб. — СПб. : Проспект Науки, 2007. — 400 с.

Nagata M., Miyakoshi Y., Fujiwara M. et al. Adapting Hokkaido hatchery strategies to regional ocean conditions can improve chum salmon survivals and reduce variability // NPAFC Bull. — 2016. — № 6. — P. 73–85. DOI: 10.23849/npafcb6/73.85.

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.

Stevenson D.K., Campana S.E. (eds.) Otolith microstructure examination and analysis : Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. — 1992. — № 117. — 126 p.

Urawa S., Beacham T.D., Fukuwaka M., Kaeriyama M. Ocean ecology of chum salmon // The ocean ecology of pacific salmon and trout. American Fisheries Society. — Bethesda, Maryland, 2018. — P. 161–317.

References

Akinicheva, E.G., Izergin, I.L., and Fomin, E.A., On the organization of research on the identification of Pacific salmon based on thermal marking of their otoliths, in *Sostoyanie rybokhozyaystvennykh issledovaniy v basseine severnoi chasti Okhotskogo morya* (The Status of Fisheries Research in the Northern Sea of Okhotsk), Magadan: MagadanNIRO, 2004, no. 2, pp. 364–374.

Bondarenko, A.L. and Rudykh, N.I., On large-scale currents of the Sea of Okhotsk and their character, *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2003, no. 12, pp. 74–79.

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, *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the North-West Part of the Pacific Ocean*, 2020, vol. 57, pp. 67–98. doi 10.15853/2072-8212.2020.57.67-98

Varnavskaya, N.V., *Geneticheskaya differentsiatsiya populyatsiy tikhookeanskikh lososey* (Genetic differentiation of Pacific salmon populations), Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2006

Volvenko, I.V., Morphometric characteristic of standard biostatistical regions for biocenological researches of Russian fishing zone on Far East, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2003, vol. 132, pp. 27–42.

Volvenko, I.V., Problems in quantitative estimation of fish abundance by trawl sampling, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1998, vol. 124, pp. 473–500.

Erokhin, V.G., Biology of juvenile Pacific salmon in the Kamchatka waters of the Sea of Okhotsk, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2002.

Karpenko, V.I., *Ranniy morskoy period zhizni tikhookeanskikh lososey* (Early marine life of Pacific salmon), Moscow: VNIRO, 1998.

Milovanov, A.I., *Promyslovaya ikhtiologiya (konspekt lektsiy)* (Commercial ichthyology (lecture notes)), Kerch': Kerchenskiy gosudarstvennyy morskoy tekhnologicheskii universitet, 2019.

Pravdin, I.F., *Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushchestvenno presnovodnykh)* (Guide to the Study of Fish (Mainly Freshwater)), 4th ed., Moscow: Pishchevaya Promyshlennost', 1966.

Chernyavsky, V.I., Zhigalov, I.A., and Matveev, V.I., Oceanological foundations for the formation of zones of high biological productivity, in *Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morei. T. 9: Okhotskoye more* (Hydrometeorology and Hydrochemistry of Seas, vol. 9: Sea of Okhotsk), St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1996, issue 2, pp. 157–160.

Chistyakova, A.I. and Bugaev, A.V., An assessment of the origin and migration routes of juvenile hatchery pink and chum salmon in the basin of the Okhotsk Sea in autumn in 2011–2014, *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the North-West Part of the Pacific Ocean*, 2016, vol. 40, pp. 5–23. doi 10.15853/2072-8212.2016.40.5-23

Chistyakova, A.I. and Bugaev, A.V., Using the results of otolith marking for determination of origin and migration routes for hatchery juvenile pink and chum salmon in the Okhotsk Sea in autumn period, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2013, vol. 173, pp. 77–102.

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.

Chistyakova, A.I., Kim, O.O., and I, V.S., Assessment of regional origin and distribution of hatchery pink and chum salmon on results of otolith marking in the basin of the Sea of Okhotsk in the fall period of 2016, *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the North-West Part of the Pacific Ocean*, 2018, vol. 48, pp. 62–69. doi 10.15853/2072-8212.2018.48.62-69

Chistyakova, A.I., Shaporev, R.A., and Bugaev, A.V., Experience in using the complex otolith method for identification of juvenile pink salmon and chum salmon during post-catadromous migrations in the Sea of Okhotsk, in *Byull. N 7 izucheniya Tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bull. No. 7 for the Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2012, pp. 207–216.

Shevlyakov, E.A., Kanzeperova, A.N., Shevlyakov, V.A., Somov, A.A., and Starovoitov, A.N., The results of the salmon season in the Far Eastern fishery basin in 2020, the prospects for the catch of pink salmon in 2021, in *Byull. 'N 15 izucheniya tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bull. No. 15 for the Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2020, pp. 3–16.

Shevlyakov, E.A. and Chistyakova, A.I., Migrations of juvenile chum salmon in the Okhotsk Sea; comparative analysis of efficiency for fish hatchery complexes in Far East of Russia and in Japan, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2017, vol. 191, pp. 79–96. doi 10.26428/1606-9919-2017-191-79-96

Shibaev, S.V., *Promyslovaya ikhtiologiya* (Commercial ichthyology), St. Petersburg: Prospekt Nauki, 2007.

Nagata, M., Miyakoshi, Y., Fujiwara, M., Kasugai, K., Ando, D., Torao, M., Saneyoshi, H., and Irvine, J.R., Adapting Hokkaido hatchery strategies to regional ocean conditions can improve chum salmon survivals and reduce variability, *NPAFC Bull.*, 2016, no. 6, pp. 73–85. doi10.23849/npafcb6/73.85

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.

Stevenson, D.K. and Campana, S.E. (eds.), Otolith microstructure examination and analysis, *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 1992, no. 117.

Urawa, S., Beacham, T.D., Fukuwaka, M., and Kaeriyama, M., Ocean ecology of chum salmon, *The ocean ecology of pacific salmon and trout. American Fisheries Society*, Bethesda, Maryland, 2018, pp. 161–317.

Поступила в редакцию 19.01.2023 г.

После доработки 30.01.2023 г.

Принята к публикации 3.03.2023 г.

*The article was submitted 19.01.2023; approved after reviewing 30.01.2023;
accepted for publication 3.03.2023*