

**ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОЧИСЛЕННЫХ СТАД
ИСКУССТВЕННОЙ КЕТЫ *ONCORHYNCHUS KETA* НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА ТУНАЙЧА
(ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ САХАЛИН): ПРОБЛЕМЫ И ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ**

Ю.И. Игнатьев, Н.В. Колпаков, В.Д. Никитин, Т.Г. Коренева*

Сахалинский филиал ВНИРО (СахНИРО),
693023 г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196

Аннотация. В бассейне оз. Тунайча осуществляется преимущественно искусственное воспроизводство кеты. Численность ее возврата находится на высоком уровне — более 1 млн рыб. В последние три года (2019–2021 гг.) в бассейне озера регулярно отмечают значительную донерестовую гибель кеты. Масштабы гибели рыб оценивали в результате обследований озера, в том числе с помощью беспилотных летательных аппаратов. Проанализированы данные промысловой статистики, заполнения естественных нерестилищ и особенности миграции нерестовой кеты в озере. Использованы данные температуры поверхности океана. Для оценки гидрохимических условий в оз. Тунайча в период массового захода производителей кеты в 2019–2021 гг. отобраны пробы воды в прибрежье оз. Тунайча и в приустьевых участках рек его бассейна. Прибрежный морской промысел не справляется с изъятием промысловой части возврата кеты (не более 10 %), и основная масса рыб через прол. Красноармейский мигрирует из моря в озеро. Перед заходом в реки кета проводит в озере продолжительное время (в среднем 11 дней) и значительные скопления рыбы в акватории озера на фоне неблагоприятных гидрологических условий (низкое содержание кислорода, высокая температура воды) создают опасность ее гибели, особенно на мелководных участках с обилием водной растительности. Необходимо организовать изъятие излишних производителей кеты в бассейне оз. Тунайча. С учетом природоохранного статуса озера это возможно только в прол. Красноармейском на рыбоучетном заграждении Охотского ЛРЗ. Рекомендовано изъятие на нем 50 % нерестовой кеты с начала ее массовой миграции в проливе — с 11 сентября.

Ключевые слова: озеро Тунайча, кета, донерестовая гибель, рыбоучетное заграждение

Для цитирования: Игнатьев Ю.И., Колпаков Н.В., Никитин В.Д., Коренева Т.Г. Особенности эксплуатации высокочисленных стад искусственной кеты *Oncorhynchus keta* на примере озера Тунайча (юго-восточный Сахалин): проблемы и предлагаемые пути решения // Бюл. № 16 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО, 2022. — С. 96–109. DOI: 10.26428/losos_bull16-2022-96-109.

**Features of exploitation of high-number industrial chum salmon *Oncorhynchus keta*
on the example of Lake Tunaicha (south-eastern Sakhalin): problems and proposed solutions**

Yuriy I. Ignatyev*, Nikolay V. Kolpakov, Vitaly D. Nikitin***, Tatyana G. Koreneva******

*, **, ***, **** Sakhalin branch of VNIRO (SAKHNIRO),
196, Komsomolskaya street, Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia

* head of section, pices@yandex.ru

** D.Biol., head of branch, kolpakov_nv@mail.ru

*** Ph.D., head of laboratory, v.nikitin@sakhniro

**** Ph.D., head of laboratory, t.koreneva@sakhniro.ru

Abstract. In Lake Tunaicha mainly artificial reproduction of chum salmon is carried out. The escapement is at a high level — more than 1 million fish. Significant pre-settlement mortality of chum salmon has been regularly ob-

* Игнатьев Юрий Иванович, заведующий сектором, pices@yandex.ru, ORCID 0000-0003-2096-5769; Колпаков Николай Викторович, доктор биологических наук, руководитель филиала, kolpakov_nv@mail.ru, ORCID E-1091-2013; Никитин Виталий Дмитриевич, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией, v.nikitin@sakhniro; Коренева Татьяна Георгиевна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией, t.koreneva@sakhniro.ru, ORCID 0000-0003-1030-3286.

© Игнатьев Ю.И., Колпаков Н.В., Никитин В.Д., Коренева Т.Г., 2022

served in the lake basin over the last three years (2019–2021). The scale of fish mortality was estimated based on the results of surveys of the lake, including those carried out with the help of UAVs. The data of fishing statistics, the filling of natural spawning grounds and the features of spawning chum salmon migration were analyzed. The sea surface temperature (SST) data was used. To assess the hydrochemical conditions in Lake Tunaicha during the period of mass entry of chum salmon spawners in 2019–2021, water samples were taken in the coastal area of Lake Tunaicha and in the estuarine sections of the rivers of its basin. The coastal marine fishery cannot keep up with the withdrawal of the commercial part of chum salmon return (no more than 10 %), and most of the fish migrate from the sea to the lake through the Krasnoarmeysky Strait. Before entering the rivers the chum salmon spends a long time in the lake (average of 11 days), and significant accumulations of chum salmon create a danger of fish mortality due to unfavorable hydrological conditions (low oxygen content, high water temperature), especially in shallow areas with an abundance of aquatic vegetation. It is necessary to organize the withdrawal of chum salmon brood stock surplus in the basin of Lake Tunaicha. Taking into account the nature protection status of the lake, this is only possible to implement in the Krasnoarmeysky Strait at the Okhotsk salmon fish farm fish accounting barrier. It is recommended to remove 50 % of the spawning chum salmon there from the beginning of its mass migration in the strait — from September 11.

Keywords: Tunaicha Lake, chum salmon, pre-settlement mortality, fish accounting barrier

For citation: Ignatyev Yu.I., Kolpakov N.V., Nikitin V.D., Koreneva T.G. Features of exploitation of high-number industrial chum salmon *Oncorhynchus keta* on the example of Lake Tunaicha (south-eastern Sakhalin): problems and proposed solutions, in *Byull. N 16 izucheniya tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bull. No. 16 Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO, 2022, pp. 96–109. (In Russ.). DOI: 10.26428/losos_bull16-2022-96-109.

Введение

Лагунное оз. Тунайча является крупнейшим внутренним водоемом Сахалинской области, оно соединяется с зал. Мордвинова (Охотское море) прол. Красноармейским. Основу запаса кеты *Oncorhynchus keta* бассейна оз. Тунайча составляют рыбы искусственного происхождения, на р. Ударница с 1933 г. функционирует Охотский ЛРЗ (рис. 1). До 1945 г. выпуск молоди кеты на нем в среднем составлял 4,4 млн экз. в год. После освобождения южной части о. Сахалин от японцев с 1948 по 1975 г. объемы выпуска молоди кеты были постепенно увеличены с 1,8 до 34,7 млн мальков. Однако до реконструкции Охотского ЛРЗ в середине 90-х гг. прошлого века индекс возврата зрелых рыб оставался сравнительно низким [Каев и др., 2015]. С 1996 г. наметился рост возвратов «заводской» кеты. На фоне стабильных объемов выпуска молоди (в среднем 22,2 млн мальков) за последние 25 лет численность возврата кеты в бассейн оз. Тунайча увеличилась в 23 раза — с 48,500 тыс. экз. (среднее за 1987–1995 гг.) до уровня 1,117 млн рыб (среднее за 2017–2021 гг.) (рис. 2). В последние годы общая биомасса возвращающихся в озеро производителей составляет около 3 тыс. т.

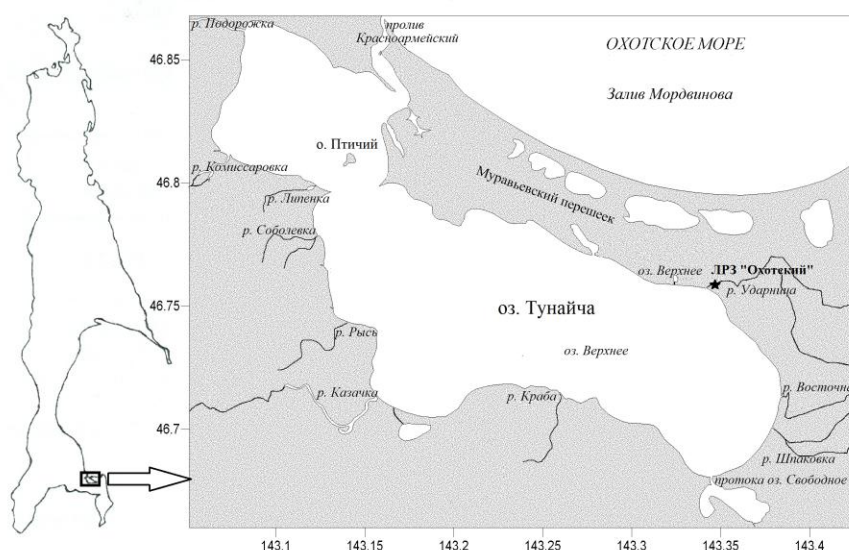


Рис. 1. Карта-схема оз. Тунайча. Звездочкой отмечено положение Охотского ЛРЗ на р. Ударница

Fig. 1. Tunaicha Lake schematic map. The Okhotsk salmon fish farm at Udaritsa River is marked by an asterisk

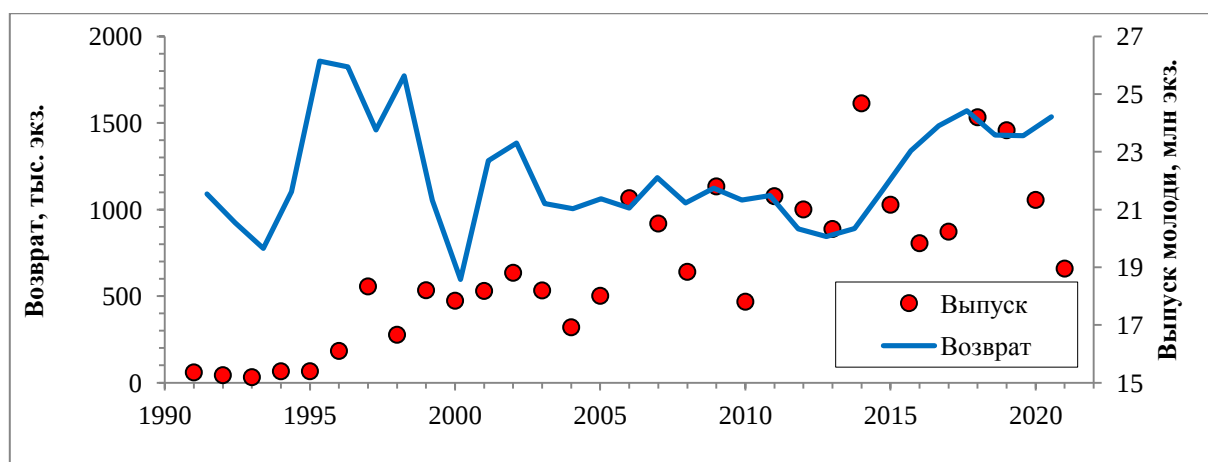


Рис. 2. Выпуск молоди и возврат производителей кеты Охотского ЛРЗ

Fig. 2. The Okhotsk salmon fish farm chum salmon juveniles release and brood fish return

Прибрежный промысел в зал. Мордвинова (Охотское море) не справляется с изъятием промысловой части возврата, и основная масса рыб через прол. Красноармейский мигрирует из залива в озеро. Перед заходом в реки кета проводит в озере достаточно продолжительное время. Значительные ее скопления в акватории озера (рис. 3) на фоне высокой температуры воды создают опасность формирования заморных явлений, особенно на мелководных участках, обильно поросших водной растительностью [Коренева, Полтев, 2020]. В последние три года (2019–2021 гг.) в бассейне оз. Тунайча регулярно отмечается гибель преднерестовой кеты (рис. 4). Ситуация усугубляется невозможностью промыслового изъятия рыбы в озере. Природоохранный статус озера в качестве памятника природы запрещает промышленное рыболовство (за исключением лова рыбы для обеспечения деятельности Охотского ЛРЗ).



Рис. 3. Массовые скопления производителей кеты в оз. Тунайча в районе устьев рек Восточная (слева) и Казачка (справа) (12.09.2017)

Fig. 3. Chum salmon brood fish mass gatherings in Vostochnaya (right) and Kazachka (left) rivers estuaries in Tunaicha Lake

В солоноватых водах оз. Тунайча формируются оптимальные для раннего нагула молоди кеты условия. Успешный опыт ее искусственного воспроизводства в бассейне озера вызывает высокий интерес инвесторов к увеличению объемов выпуска молоди. На сегодняшний день предпринимаются усилия по расширению масштабов искусственного воспроизводства кеты в бассейне оз. Тунайча. На р. Комиссаровка идет строительство ЛРЗ мощностью 30 млн мальков кеты, т.е. в обозримой перспективе общий возврат кеты искусственного происхождения может превысить 6 тыс. т, что, вероятно, будет способствовать еще большему ухудшению ситуации с донерестовой гибелью рыб.



Рис. 4. Преднерестовая гибель производителей кеты в оз. Тунайча: верхний ряд **слева** — район устья р. Рысь (13.09.2021), **справа** — р. Казачка (11.09.2021); нижний ряд — в районе устья р. Восточной (19.09.2021)

Fig. 4. Chum salmon brood fish pre-settlement mortality in Tunaicha Lake: top row, **left** — Rys river estuary area, top row, **right** — Kazachka river; bottom row — Vostochnaya river estuary area

Цель данной работы — проанализировать особенности преднерестовой миграции кеты и обстоятельства ее гибели в бассейне оз. Тунайча и предложить возможные меры по снижению донерестовой смертности рыб.

Материалы и методы

При изучении динамики хода кеты в зал. Мордвинова и бассейне оз. Тунайча использованы официальные данные промысловой статистики, данные, предоставленные ООО «Салмо» (арендатор Охотского ЛРЗ) и результаты проведения контрольных ловов Сахалинского филиала ВНИРО (СахНИРО). При оценке численности стада кеты Охотского ЛРЗ использована база биостатистических данных для этого предприятия с 1983 г. и архивные данные СахНИРО.

Данные по заполнению нерестилищ кеты в бассейне оз. Тунайча за ряд лет предоставлены Сахалинским филиалом Главрыбвода. Данные по донерестовой гибели кеты в бассейне озера в 2019–2021 гг. получены в результате совместных обследований озера и приустьевых участков рек сотрудниками СахНИРО, Сахалинского филиала Главрыбвода и Сахалино-Курильского территориального управления Росрыболовства.

Материал для оценки гидрохимических условий, характеризующих оз. Тунайча в период массового захода производителей кеты, был собран в рамках комплексных работ, выполненных в 2019–2021 гг. Пробы воды отбирали в прибрежье оз. Тунайча и в приустьевых участках рек его бассейна (реки Восточная, Ударница, Казачка, Дальняя, Шпаковка). В момент отбора проб портативным рН-метром МА-130 фирмы Mettler Toledo измеряли температуру и рН воды. Долю насыщения воды растворенным кислородом рассчитывали по таблицам Грина-Кэррита после измерения его концентрации методом Винклера*.

Плотность производителей кеты в прибрежной зоне оз. Тунайча определяли подсчетом на аэрофотоснимках, полученных с использованием беспилотного летательного аппарата DJI Phantom 4 Pro с высоты 10 м. Траты кислорода на дыхание рыб (R , кал/ч) вычисляли в зависимости от их массы (W) по формуле $R = 1,425W^{0,81}$ [Радзинская, Никольская, 1982]. При расчете общего количества потребленного кислорода исходили из соотношения $1 \text{ мг } O_2 = 3,4 \text{ кал}$ [Общая гидробиология..., 2013].

Использованы данные температуры поверхности океана (ТПО), полученные с помощью системы TERASCAN в поверхностном слое (1 см) с разрешением в 2 км на акватории зал. Мордвинова.

Результаты и их обсуждение

Озеро Тунайча расположено в южной части о. Сахалин, в юго-восточной части Тонино-Анивского полуострова. Средняя глубина озера — 12 м, максимальная — 45 м, длина — 28 км, ширина от 9,5 до 2,5 км, площадь акватории — 173,4 км², площадь водосбора 554 км² [Микишин и др., 1995; Водная биота..., 2016]. Строительство в середине 1970-х гг. автодорожного моста через прол. Красноармейский, соединяющий озеро с Охотским морем, привело к обмелению пролива и серьезным изменениям гидрологии озера. До строительства соленость поверхностного слоя воды в озере составляла около 6,0 ‰, а в 2001 г. — уже 2,6 ‰ [Лабай, Роготнев, 2005]. Водная масса оз. Тунайча четко разделена на два слоя: верхний с активной динамикой и нижний застойный. Двухслойная структура вод отчетливо проявляется в распределении растворенного кислорода сероводорода и биогенов. Минимальная концентрация растворенного кислорода, при максимальных концентрациях сероводорода и биогенов свойственна нижнему слою (изобаты более 15 м), что позволяет охарактеризовать его как абиотический [Лабай, Роготнев, 2005].

В озеро впадают 34 водотока, по данным Сахалинского филиала Главрыбвода общая площадь нерестилищ кеты в 9 из них — 32372 м². Самые крупные нерестовые реки — Подорожка, Комиссаровка, Казачка. Вклад нативной кеты в запас стада оз. Тунайча невелик в связи с высоким прессом ННН-промысла и низкой численностью производителей на нерестилищах.

Сроки хода производителей кеты. Первые подходы кеты в зал. Мордвинова отмечаются во второй половине августа. В последние годы (2016–2021 гг.) в среднем 80 % вылова кеты в заливе пришлось на последнюю декаду августа и первую декаду сентября (рис. 5). В прибрежном промысле было задействовано от 2 до 6 (в среднем 4) ставных неводов. Следует отметить, что вылов в заливе на порядок меньше вылова кеты в бассейне оз. Тунайча, в 2016–2021 гг. вылов кеты в заливе варьировал от 70 до 294 т, или от 3,6 до 9,1 % от общего ее улова. Дело в том, что кета в заливе образует скопления на удалении от берега, а ее заход в прол. Красноармейский происходит преимущественно перпендикулярно береговой линии. При этом максимальная разрешенная длина центрального крыла в соответствии с действующими Правилами рыболовства на приустьевых неводах составляет 1 км и на остальных — 3 км. Таким образом, промысел

* РД 52.10.736-2010. Руководящий документ. Объемная концентрация растворенного кислорода в морских водах. Методика измерений йодометрическим методом. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромет, 2010. 20 с.

кеты оз. Тунайча ставными неводами малоэффективен и прибрежный лов не в состоянии освоить даже половину возвращающихся на нерест производителей.

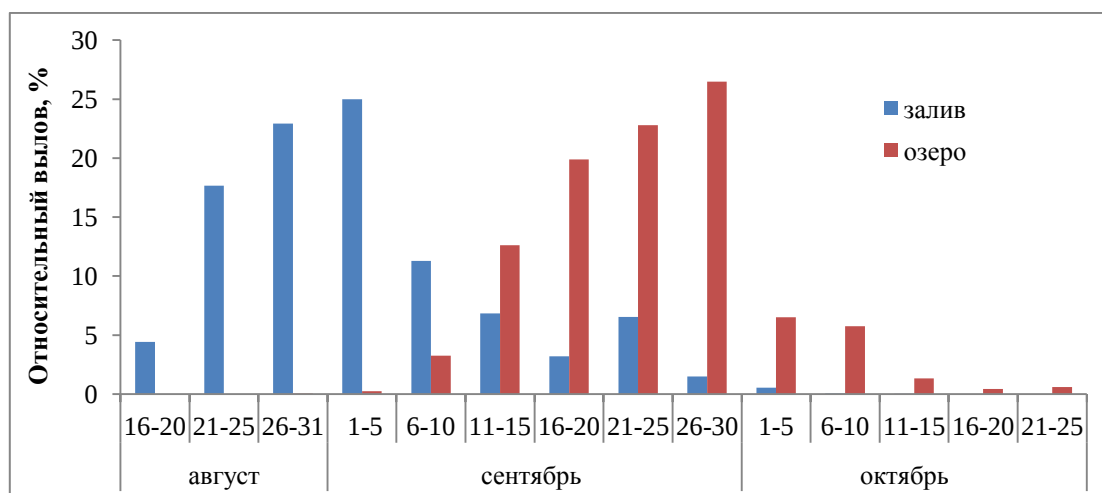


Рис. 5. Динамика относительного вылова кеты в зал. Мордвинова и в р. Ударница (среднее за 2016–2021 гг.)

Fig. 5. Chum salmon relative catch dynamics in Mordvinov Bay and Udaritsa river (average of 2016–2021)

Наибольшая миграционная активность отмечается с приливом, в светлое время суток. Большую часть рыб вылавливают в устье р. Ударница на подходе к забойке Охотского ЛРЗ, из них в среднем 82 % добывают во второй и третьей декадах сентября (рис. 5). Подходы кеты в р. Ударница продолжаются до конца второй декады октября.

Для регулирования пропуска и учета нерестовой кеты в прол. Красноармейском ежегодно устанавливают рыбоучетное заграждение (РУЗ). До 2016 г. на нем производили изъятие излишних производителей кеты. В последние 5 лет для обеспечения пропуска производителей на естественные нерестилища осуществляется только учет мигрирующих в оз. Тунайча рыб, без изъятия. Осредненные за 5 последних лет результаты учета кеты на РУЗ представлены в табл. 1, они хорошо согласуются с имеющейся динамикой вылова и пропуска производителей на РУЗ в 2012 г. — почти 90 % кеты мигрирует в озеро через пролив в период с 11 по 30 сентября.

Таблица 1

Динамика хода кеты в прол. Красноармейском, %

Table 1

Chum salmon run dynamics in Krasnoarmeysky strait, %

Учетные работы	Сентябрь						Октябрь	
	1–5	6–10	11–15	16–20	21–25	26–30	1–5	6–10
Вылов и пропуск кеты на РУЗ в 2012 г.	0,7	6,6	20,4	29,7	29,4	8,6	2,6	2,0
Пропуск кеты на РУЗ в 2017–2021 гг.	1,1	7,6	22,2	26,1	25,3	15,4	2,3	–

Миграция и распределение кеты в озере. В 1997 и 1998 гг. сотрудниками СахНИРО совместно с ихтиологической службой Сахалинрыбвода и рыбоведами ТОО «Салмо» проведены работы по выяснению продолжительности миграции рыб в оз. Тунайча методом мечения с использованием подвесных меток. В 1997 г. рыб метили в море в 150 м от прол. Красноармейского, в 1998 г. — непосредственно в проливе. Поиск меток проводили на забойке р. Ударница, а также при пешем обходе рек, впадающих в озеро [Игнатьев, Коряковцев, 2001].

По данным мечения рыбы искусственного воспроизводства проводят в озере от 3 до 28 сут, за это время они дозревают, стадия зрелости их половых продуктов с III–IV и IV изменяется на IV–V и V. Кратчайший путь от места мечения до устья р. Ударница — 22 км. Средняя продолжительность пребывания меченой кеты в озере до захода в р. Ударница в 1997 г. составила 15 сут, в 1998 г. — 11 сут (табл. 2). Бо-

лее продолжительная миграция меченой кеты в 1997 г., на наш взгляд, обусловлена ее задержкой в предустьевом участке пролива в связи с термогалинной адаптацией рыб.

Таблица 2

Продолжительность миграции кеты Охотский ЛРЗ в оз. Тунайча

Table 2

The Okhotsk salmon fish farm Chum salmon migration duration time in Tunaicha Lake

Год	Помечено, экз.	Возврат,		Продолжительность миграции, сут	
		Экз.	%	Среднее	Пределы
1997	381	22	5,8	14,9	4–28
1998	886	22	2,5	10,8	3–21

Несмотря на то что площадь нерестилищ кеты в реках бассейна оз. Тунайча достаточно значительная (32,4 тыс. м²), дикая кета здесь не рассматривается в качестве отдельной единицы запаса. Многолетний браконьерский пресс на естественные популяции кеты в бассейне озера с изначально небольшим воспроизводительным потенциалом ставит под сомнение сам факт их сохранения до настоящего времени. По нашему мнению, заход производителей кеты в реки на естественный нерест во многом следует рассматривать как результат стрейнга рыб искусственного разведения. Отчасти это также результат деятельности ООО «Салмо» по восстановлению диких популяций. Рыбоводы ежегодно проводят выпуски молоди кеты с Охотского ЛРЗ не только в р. Ударница, но и в реки Восточная, Шпаковка, Казачка, Подорожка, Комиссаровка, оз. Верхнее, прол. Красноармейский и непосредственно в оз. Тунайча. В 2016 г. выпуск молоди в эти водоемы составил 1,190 млн, в 2017 г. — 2,220, в 2018 г. — 2,233, в 2019 г. — 3,225 млн мальков кеты. Возврат от выпуска молоди в перечисленные годы частично обеспечил заход зрелой кеты в реки в 2021 г. Соответственно, ценность рыб естественного воспроизводства в бассейне оз. Тунайча с точки зрения сохранения биологического разнообразия весьма сомнительна.

Судя по имеющимся данным, с 2009 по 2015 г. заполнение нерестилищ в бассейне озера было крайне низким, что не позволило достоверно оценить заход рыб в реки. За 2016 и 2017 гг. имеются данные учета кеты в реках Восточная и Шпаковка. Плотность заполнения нерестилищ в этих реках в разные годы изменялась от 56 до 75 % от нормы (160 экз./100 м²). Численность производителей в реках в 2019 и 2020 гг. оценена для всего бассейна оз. Тунайча и не отражает характер распределения кеты по различным водоемам. В сентябре 2021 г. из 9 нерестовых водоемов кеты были обследованы 7, при этом отмечен заход рыб в реки, официально не имеющие нерестилищ кеты (рис. 6, табл. 3).

Результаты учета показали, что заполнение нерестилищ кеты в бассейне озера крайне неравномерно. Самые низкие показатели численности кеты отмечены в реках западного и южного побережья (табл. 3), самые высокие — в реках юго-восточного побережья (реки Восточная и Шпаковка), а также в районе расположения Охотского ЛРЗ в р. Ударница. Расстояние от устья р. Ударница до этих водотоков около 4 и 6 км, соответственно. Высокий относительный показатель заполнения нерестилищ в р. Казачка (466,4 % от нормы) обусловлен скорее недооценкой площади нерестилищ кеты в этом третьем по протяженности водотоке в бассейне оз. Тунайча. В р. Подорожка производителей не отмечено (табл. 3), так как она протекает вдоль оживленной автомобильной трассы со множеством съездов, ее берега — излюбленные места отдыха и рыбной ловли сахалинцев. Как правило, лососи по ней до нерестилищ не доходят. Представленные данные указывают на отсутствие в большинстве нерестовых водоемов в бассейне озера значимых по численности популяций кеты, а наличие таковых в реках Шпаковка и Восточная обусловлено скорее стрейнгом рыб искусственного происхождения с Охотского ЛРЗ, а также рыбоводной и рыбоохранной деятельностью сотрудников ЛРЗ.



Рис. 6. Водоемы бассейна оз. Тунайча, обследованные при учете производителей кеты в 2021 г.: 1–7 — реки Подорожка, Комиссаровка, Липенка, Соболевка, Рысь, Казачка, Краба; 8 — протока оз. Свободного; 9–11 — реки Шпаковка, Восточная, Ударница; 12 — оз. Верхнее

Fig. 6. Tunaicha Lake reservoirs studied in course of chum salmon brood fish count in 2021: 1–7 — Podorozhka river, Komissarovka river, Lipenka river, Sobolevka river, Rys river, Kazachka river, Kraba river; 8 — Svobodnoye Lake duct; 9–11 — Shpakovka river, Vostochnaya river, Udarnitsa river; 12 — Verkhneye Lake

Таблица 3

Данные учета численности кеты в бассейне оз. Тунайча в 2021 г.

Table 3

Tunaicha Lake 2021 chum salmon count data

Водоем	Длина реки, км	Площадь нерестилищ, м ²	Кол-во, экз.	Плотность заполнения нерестилищ, %
<i>Реки западного и южного побережья оз. Тунайча</i>				
Подорожка	23	3000	Н/д	—
Комиссаровка	37	16000	100	0,39
Липенка	4	Нет	100	—
Соболевка	4,5	Нет	70	—
Рысь	4,5	200	70	21,88
Казачка	17	70	500	446,43
Краба	4,5	Нет	80	—
Протока оз. Свободного	—	800	70	5,47
<i>Реки юго-восточного побережья оз. Тунайча</i>				
Шпаковка	7	10732	10000	58,24
Восточная	7	1000	7000	437,50
Ударница	15	470	700*	93,09
Оз. Верхнее	—	100	180	112,50

Примечание. Н/д — нет данных.

* Пропущено на естественный нерест через РУЗ в р. Ударница.

Донерестовая гибель производителей кеты. Гибель производителей кеты периодически наблюдалась в прол. Красноармейском и на акватории оз. Тунайча и ранее, но с началом увеличения численности кеты Охотского ЛРЗ в 1996 г. ее масштабы многократно возросли и экономический ущерб от этого явления стал особенно заметен. Так, в 1997 г. отмечена массовая гибель рыб в бассейне озера: 12 тыс. экз. погибло перед рыбоводной забойкой и в устье р. Ударница; 4 тыс. экз. выброшено штормом в районе р. Ударница; 130 тыс. экз. погибло в мелководной юго-западной части озера; 50 тыс. экз. погибло в прол. Красноармейском (информация от специалистов Сахалинрыбвода и

Охотского ЛРЗ). Представленные данные, по всей видимости, не были заактивированы, но если они достоверны, то донерестовая гибель кеты составила 24,2 % от всего ее возврата в 1997 г.

В конце сентября 2019 г. отмечена гибель кеты в р. Восточной и в акватории оз. Тунайча. Погибшая кета находилась вдоль всей береговой полосы оз. Тунайча от устья р. Ударница и до устья р. Шпаковка [Коренева, Полтев, 2020]. Общее количество выброшенной здесь на берег кеты оценено приблизительно в 35 тыс. особей (112 т) — 3,9 % от мигрировавших в озеро. В результате осмотра погибших рыб и анализа полученной гидрохимической информации сделано предположение, что причиной их гибели являлась асфиксия, вызванная дефицитом растворенного в воде кислорода. Представляется, что гибель произошла за короткий отрезок времени при наложении нескольких факторов — высокой плотности скоплений, усиленного ночного потребления кислорода водной растительностью, его расходования на окисление органических веществ и др. [Коренева, Полтев, 2020].

В 2020 г. 30 сентября сотрудниками «СахНИРО» проведено обследование части бассейна предустьевой части р. Ударница в 2,0 км влево и 1,5 км вправо от устья реки. Была установлена гибель 17 тыс. производителей кеты — 40,8 т. Еще 300 экз. производителей, погибших в результате замора, обнаружено в оз. Верхнем. Донерестовая гибель производителей составила 2,0 % от мигрировавших в озеро. Гидрохимический анализ проб, отобранных в местах массового скопления погибшей рыбы, показал наличие значительного дефицита кислорода (в 1,9–2,5 раза ниже норматива), что могло послужить причиной ее гибели.

В 2021 г. первая информация о гибели кеты в оз. Тунайча поступила в начале сентября. В результате обследования 2 сентября приустьевых участков рек озера от р. Казачка до р. Ударница (и по ходу движения катера в озере) выявлена донерестовая гибель 500 экз. зрелой кеты. Температура воды в озере была высокой — от 19,9 до 21,5 °С, содержание растворенного в воде кислорода изменялось от 3,9 до 8,4 мг/л. В основном содержание кислорода в воде на удалении от берега не превышало 5 мг/л, в прибрежье было выше — 7 мг/л. Отмечено массовое цветение синезеленых водорослей и значительное количество отмершей водной растительности, особенно характерное для мелководных участков с незначительным влиянием стока рек — от устья р. Ударница до устья р. Восточной. Для этих же рек характерны наиболее низкие, не соответствующие рыбохозяйственному нормативу (6,0 мг/л)*, значения концентрации растворенного в воде кислорода (4,3–5,2 мг/л).

В конце месяца, 24 сентября, была обследована часть акватории оз. Тунайча и р. Восточной. Вода в реке и озере чистая. Температура воды в озере 15,2 °С, в реке — 12,6 °С, содержание кислорода — 9,4 мг/л. В реке обнаружено 333 экз. мертвой кеты, в акватории озера — 1960 экз. Мертвая кета плавала на поверхности озера.

Необходимо отметить, что фактические масштабы гибели кеты в последние 3 года могли быть существенно выше, так как обследовалась только часть акватории озера и нерегулярно. Согласно расчетам, одна особь кеты массой 2400 г при температуре воды 20 °С тратит на дыхание 779 кал/ч, т.е. потребляет 230,5 мг O₂. При плотности производителей, например, в 370 экз./100 м², отмеченной перед устьем р. Восточной в сентябре 2017 г. (рис. 3), в ночное время уже через 3 ч произойдет падение количества растворенного кислорода со 100 % насыщения (9,17 мг/л) до дефицитного (менее 6,0 мг/л), и возникнет опасность замора. Сделанные ранее выводы о гибели производителей кеты в оз. Тунайча в результате асфиксии, вызванной дефицитом растворенного в воде кислорода [Коренева, Полтев, 2020], подтверждаются данными расчетами.

Регулярность, с которой в последние годы отмечают в бассейне оз. Тунайча факты донерестовой гибели кеты, может быть обусловлена трендами изменения фоновых температурных условий.

* Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 [Электронный ресурс] // Консорциум Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 28.02.2021).

Доступный источник многолетних данных поверхностных температур в районе исследований — это данные спутникового наблюдения верхнего слоя воды в зал. Мордвинова. На рис. 7 представлены отклонения среднедекадных температур сентября в заливе от его среднего значения за 23-летний период (1998–2021 гг.).

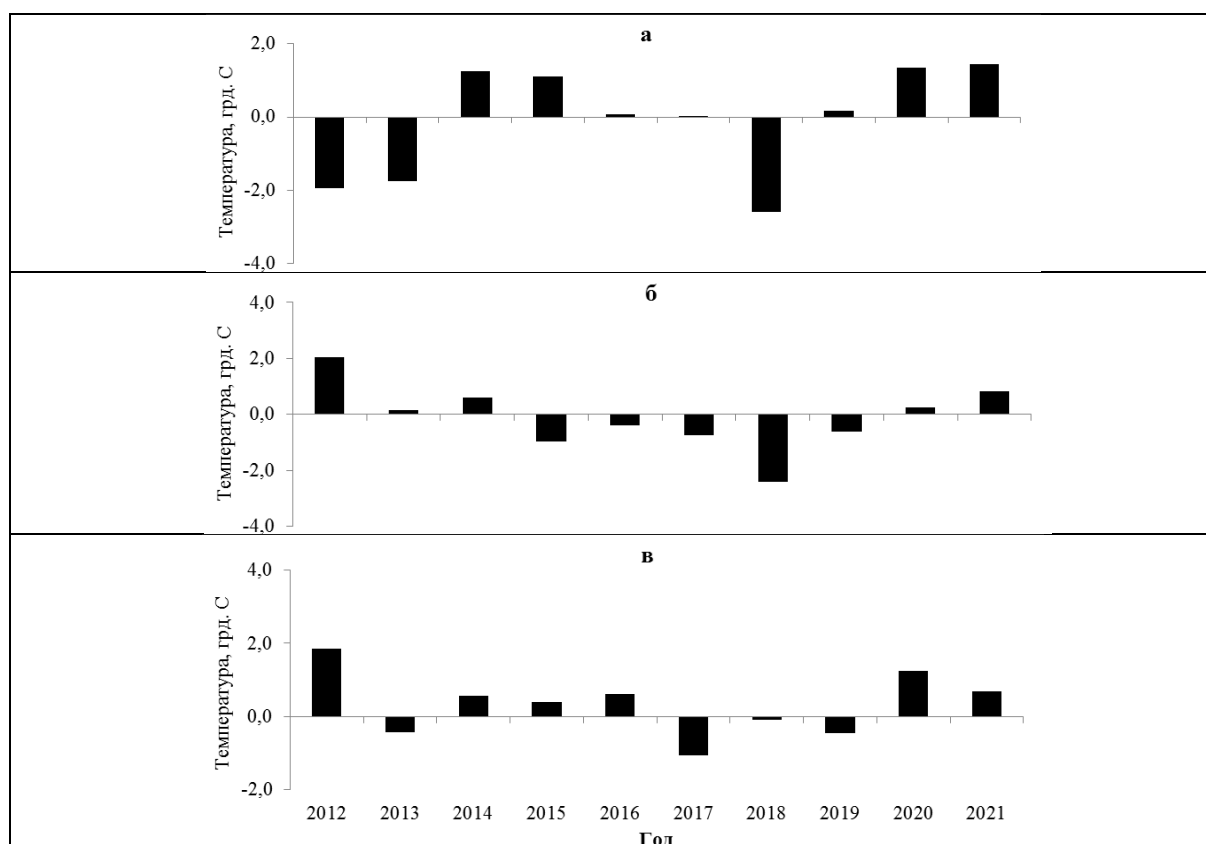


Рис. 7. Температурные аномалии среднедекадных значений в зал. Мордвинова в сентябре: **а** — I декада; **б** — II декада; **в** — III декада

Fig. 7. Mordvinov Bay average decade readings temperature anomalies in September: **a** — I decade; **б** — II decade; **в** — III decade

Действительно, отмеченные факты донерестовой гибели кеты в 2020 и 2021 гг. соответствуют положительным температурным аномалиям в сентябре. В то же время факты донерестовой гибели рыб в 2019 г. зафиксированы на фоне незначительной положительной аномалии в I декаде сентября ($0,2^{\circ}\text{C}$) и отрицательных аномалий во II и III декадах — соответственно $-0,6^{\circ}\text{C}$ и $-0,5^{\circ}\text{C}$. Нерестовый ход кеты в 2017 и 2018 гг. проходил преимущественно на фоне отрицательных аномалий, до $-2,6^{\circ}\text{C}$, что могло способствовать снижению риска гибели рыб в озере. Следует отметить, что положительные аномалии температуры в период с 2012 по 2016 г. не сопровождалась значительной донерестовой гибелью кеты. По всей видимости, это связано с тем, что до 2016 г. излишних производителей изымали на РУЗ в прол. Красноармейском.

Из представленных данных можно сделать вывод, что повышенные температуры в районе исследований несомненно способствуют донерестовой гибели кеты, но важную роль в этом явлении играет плотностной фактор. Ситуация может измениться в еще худшую сторону после начала действия ЛРЗ на р. Комиссаровка с объемом выпуска 30 млн мальков кеты. Если индекс возврата кеты этого предприятия будет на уровне Охотского ЛРЗ, то возврат кеты в бассейн озера может составить около 6 тыс. т, или порядка 2,5 млн рыб. Из них прибрежным промыслом в зал. Мордвинова можно будет изъять около 10 %, остальные 2,2 млн рыб через прол. Красноармейский мигрируют в оз. Тунайча. Увеличение количества рыб в озере на фоне неблагоприятной гидрологии может вызвать ла-

винообразное увеличение количества погибших рыб и общее ухудшение экологической обстановки в бассейне оз. Тунайча.

Возможные меры по предотвращению донерестовой гибели кеты. Очевидно, что для сведения к минимуму донерестовой гибели кеты необходимо обеспечить ее максимальное промысловое изъятие до миграции в акваторию оз. Тунайча. При том что ставные невода в зал. Мордвинова в состоянии освоить порядка 10 % возврата кеты, наиболее рациональный выход — это организация изъятия рыб в прол. Красноармейском. Однако здесь возникают некоторые проблемы с правилами регулирования вылова лососей.

С одной стороны режим памятника природы «Озеро Тунайча» допускает: рыболовство Охотским ЛРЗ. До 2016 г. на РУЗ в проливе кроме учета и регулирования пропуска производителей кеты осуществляли изъятие их излишков. В последние 5 лет, когда в проливе осуществлялся промышленный вылов кеты (2012–2016 гг.), он варьировал от 100 до 1509 т (в среднем 819 т). В связи с ужесточением правил установки и эксплуатации РУЗ вылов кеты в проливе был прекращен.

В настоящее время установка РУЗ осуществляется в соответствии с пунктами 22.14 и 22.17 Правил рыболовства в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне (приказ Минсельхоза России от 23.05.2019 № 267 «Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна»), их устанавливают на основании решения Комиссии по регулированию добычи (вылова) анадромных видов рыб для предотвращения заморных явлений в водных объектах, в которых осуществляется выпуск молоди тихоокеанских лососей рыболовными заводами.

Тот факт, что ООО «Салмо» выпускает некоторое количество молоди кеты непосредственно в прол. Красноармейский, позволяет установку в нем РУЗ для учета и регулирования пропуска производителей. Однако в соответствии с рекомендациями по установке РУЗ в период нерестовой миграции тихоокеанских лососей в Сахалинской области, утверждёнными решением биологической секции учёного совета ВНИРО от 05.08.2020 № 48, одно из условий изъятия излишних производителей кеты — пропуск в водный объект производителей горбуши или кеты в количестве не менее 70 % от необходимого количества для оптимального заполнения естественных нерестилищ (в том числе 20 % для компенсации преднерестовой гибели).

Для оптимального заполнения нерестилищ кеты в водоемах бассейна оз. Тунайча необходимо пропустить на нерест 51,8 тыс. производителей кеты. Через пролив в озеро пропускают во много раз больше, но как уже отмечено распределение кеты по естественным нерестилищам неравномерно. Нерестилища в водоемах юго-восточной части озера (38,0 % нерестового фонда кеты) имеют почти гарантированное заполнение до нормального уровня — реки Шпаковка, Восточная, Ударница и оз. Верхнее.

Нерестилища в западной и южной части озера (62,0 % от нерестового фонда) практически никогда не заполняются до нормы. Последний факт периодически служит предметом спекуляций и манипулирования при организации промысла кеты. Например, в конце 90-х гг. прошлого века пустые нерестилища кеты в бассейне озера использовали в качестве аргумента для препятствия организации ее морского промысла в зал. Мордвинова.

В настоящее время даже при пропуске в озеро порядка 90 % возврата кеты и оптимальном заполнении нерестилищ в районе Охотского ЛРЗ в западной части озера нерестилища кеты полупустые. Как следствие, несмотря на факты донерестовой гибели производителей в бассейне озера (отчасти в результате плотностных факторов) обращения об организации изъятия кеты в проливе не находят поддержки в регулирующих промысел структурах. Основание — заполнение нерестилищ кеты в водоемах западной и южной частях озера ниже 70 % от нормы.

При сохранении такого формального подхода проблема снижения нагрузки на экосистему озера, создаваемую массой мигрирующих производителей кеты, не имеет решения. Необходимо, наконец, признать, что при нынешнем уровне браконьерства даже пропуск всего возврата кеты в озеро не обеспечивает заполнение нерестилищ в западной и южной частях озера.

На наш взгляд при принятии решения об изъятии производителей кеты в прол. Красноармейском необходимо ориентироваться на заполнение нерестилищ в 4 водоемах юго-восточной части озера: реках Шпаковка, Восточная, Ударница и оз. Верхнее. При этом необходимо использовать интегральный показатель для этих водоемов — средневзвешенное (по площади) заполнение нерестилищ.

Необходимо обратить внимание еще на один важный момент. Кета мигрирует в озере к местам воспроизводства в среднем не менее 11 дней (см. табл. 2). У нас нет данных по динамике заполнения нерестилищ кеты, поэтому примем допущение, что нарастающей динамики хода кеты в проливе (%) соответствует заполнение нерестилищ (% от нормы), но со смещением во времени на одну декаду позднее. Например: нарастающему значению хода кеты в проливе на 15 сентября (27,7 %) соответствует заполнение нерестилищ на 25 сентября, или к 20 сентября через протоку мигрирует 57,4 % кеты, при этом заполнение нерестилищ в юго-восточной части озера на эту дату составит 27,7 % (табл. 4).

Таблица 4

Соотношение динамики хода кеты в прол. Красноармейском и заполнения нерестилищ кеты в юго-восточной части озера, %

Table 4

Correlation of chum salmon run dynamics in Krasnoarmeysky strait and chum salmon breeding grounds population levels in the south-eastern area of the lake, %

Показатель	Сентябрь						Октябрь			
	1–5	6–10	11–15	16–20	21–25	26–30	1–5	6–10	11–15	16–20
Нарастающая динамика хода в прол. Красноармейском	0,7	7,3	27,7	57,4	86,8	95,4	98,0	100	–	–
Предполагаемое заполнение нерестилищ	–	–	0,7	7,3	27,7	57,4	86,8	95,4	98,0	100

Из данных табл. 4 следует, что к моменту достижения заполнения нерестилищ кеты до уровня 70 %, в первой пентаде октября, через пролив уже мигрирует более 95 % кеты и изъятие кеты в проливе становится неактуальным. Эти расчеты требуют практического подтверждения, но на наш взгляд 70 %-ный порог заполнения нерестилищ для организации изъятия производителей в прол. Красноармейском в условиях бассейна оз. Тунайча неприменим.

До выработки другого критерия можно рекомендовать 50 %-ное изъятие производителей кеты в проливе с началом их массового хода — 11 сентября. Основанием для этого является высокая численность стада кеты Охотского ЛРЗ. За последние 11 лет (2011–2021 гг.) численность кеты в подходах варьировала от 660 до 1614 тыс. рыб, в среднем 1091 тыс. рыб. Возьмем самый низкий возврат за этот период. Из 660 тыс. рыб 10 % будет выловлено в прибрежье (66,0 тыс.), 594 тыс. зайдет в пролив. При 50 %-ном изъятии в проливе в акваторию озера мигрирует 297 тыс. рыб. Из них необходимо 52 тыс. для заполнения всех нерестилищ кеты и приблизительно 25 тыс. для целей аквакультуры. В остатке сохраняется 2,9 кратный резерв производителей для воспроизводства.

Выводы

Спецификой преднерестовой миграции кеты в бассейне оз. Тунайча является ее нахождение в акватории озера от 3 до 28 дней, в среднем 11 дней, и образование значительных скоплений производителей на мелководных участках с зарослями водной растительности.

Последние три года в бассейне озера регулярно отмечают донерестовую гибель значительного числа производителей кеты. Анализ гидролого-гидрохимических показателей бассейна оз. Тунайча и характер гибели рыб указывает на то, что на отдельных участках акватории озера периодически

складываются условия, неблагоприятные для жизнедеятельности кеты. Это — низкое содержание растворенного кислорода, высокая температура воды, массовый заход рыбы и др., что провоцирует повышенную донерестовую смертность производителей кеты в местах их наибольшего скопления.

Численность кеты в бассейне оз. Тунайча находится на высоком уровне (более 1 млн экз.), в основном это рыбы искусственного воспроизводства. Прибрежный промысел кеты в зал. Мордвинова в состоянии изъять порядка 10 % возврата кеты, остальная рыба через прол. Красноармейский мигрирует в озеро. В связи с планами расширения масштабов искусственного воспроизводства кеты ее возврат может превысить 2 млн экз. Увеличение количества производителей кеты на фоне неблагоприятных гидрологических условий может привести к массовой гибели рыб и ухудшению экологической обстановки в озере. Для предотвращения этого необходимо организовать изъятие излишних производителей кеты в бассейне оз. Тунайча.

С учетом природоохранного статуса оз. Тунайча изъятие в его бассейне производителей кеты возможно только в прол. Красноармейском на РУЗ, установленном Охотского ЛРЗ. Существующая нормативная база допускает начало изъятия кеты на РУЗ только после заполнения нерестилиц на 70 % от нормы. Однако в связи с высоким антропогенным стрессом в водоемах западной и южной части озера (62,0 % от нерестового фонда) нерестилища кеты практически никогда не заполняются до нормы. В качестве критерия начала изъятия кеты в проливе можно использовать средневзвешенное заполнение нерестилиц кеты в водоемах юго-восточной части озера: реки Шпаковка, Восточная, Ударница и оз. Верхнее.

По нашей оценке к моменту заполнения перечисленных водоемов до 70 %-ного уровня через пролив в озеро уже мигрирует порядка 90 % кеты и организация их изъятия в проливе станет неактуальной. До выработки другого критерия начала изъятия производителей кеты на РУЗ можно рекомендовать изъятие на нем 50 % кеты с началом ее массовой миграции в проливе — с 11 сентября.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают искреннюю благодарность специалисту лаборатории океанографии Д.М. Ложкину (СахНИРО) за подготовку данных по ТПО в зал. Мордвинова.

Authors are deeply grateful to the specialist of the Oceanography Laboratory D.M. Lozhkin (SAKHNIRO) for the preparation of data on ocean surface temperature.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study has no sponsor funding.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

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

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

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Ю.И. Игнатьев — расчет количественных показателей, анализ результатов и написание статьи; Н.В. Колпаков — анализ результатов и написание статьи; В.Д. Никитин — написание статьи; Т.Г. Коренева — обработка гидрологических проб и анализ результатов.

Y.I. Ignatyev — calculations of quantitative parameters, their analysis and writing of the text; N.V. Kolpakov — their analysis and writing of the text; V.D. Nikitin — writing of the text; T.G. Koreneva — their analysis, processing of hydrological samples.

Список литературы

- Водная биота озера Тунайча (южный Сахалин) и условия ее существования** / под ред. В.С. Лабая. — Южно-Сахалинск : СахНИРО, 2016. — 240 с.
- Игнатьев Ю.И., Коряковцев Л.В.** К изучению анадромной миграции осенней кеты рек бассейна оз. Тунайча (юго-восток о. Сахалин) // Прибрежное рыболовство — 21 век : мат-лы междунар. науч. практ. конф. — Южно-Сахалинск : СахНИРО, 2001. — С. 53–54.
- Каев А.М., Игнатьев Ю.И.** Развитие заводского разведения тихоокеанских лососей в Сахалино-Курильском регионе и его значение для промысла // Тр. ВНИРО. — 2015. — Т. 153. — С. 95–104.
- Коренева Т.Г., Полтев Ю.Н.** О массовой гибели производителей кеты *Oncorhynchus keta* в озере Тунайча и в устье реки Восточная (о. Сахалин) в сентябре 2019 года // Вестн. Сахалинского музея. — 2020. — № 4(33). — С. 143–156.
- Лабай В.С., Роготнев М.Г.** Состав, структура и сезонная динамика макробентоса озера Тунайча (Южный Сахалин) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. — 2005. — Вып. 3. — С. 62–94.
- Микишин Ю.А., Рыбаков В.Ф., Бровко П.Ф.** Южный Сахалин. Озеро Тунайча // История озер Севера Азии. — СПб. : Наука, 1995. — С. 112–120.
- Общая гидробиология** : учеб.-метод. пособие / сост. З.Г. Гольд, В.М. Гольд. — 2-е изд., перераб. — Красноярск : СФУ, 2013. — 158 с.
- Радзинская Л.И., Никольская И.С.** Изменение энергетического обмена в онтогенезе животных // Математическая биология развития. — М. : Наука, 1982. — С. 160–168.