

ПРОМЫСЕЛ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 639.21:551.463.6
EDN AZYXTK

DOI: 10.36038/0234-2774-2025-26-2-93-100

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ФАКТОРОВ
В ЗИМНИЙ ПЕРИОД НА УЛОВЫ
ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ

© 2025 г. Г.П. Ванюшин (spin: 7052-0079), В.А. Царева (spin: 3432-3267),
М.Ю. Кружалов (spin: 5899-4602), Е.В. Сапунова (spin: 7093-3833)

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Россия, Москва, 105187
E-mail: sst@vniro.ru

Поступила в редакцию 1.04.2025 г.

Приведены результаты многовариантного сравнительного анализа сезонных значений температуры поверхности океана (ТПО) (январь–март) в полигоне исследования – акватории зимовки лососей в северо-западной части Тихого океана (СЗТО) за период 1998–2024 гг. с их уловами соответствующих лет. Получено несколько вариантов прогнозов вылова тихоокеанских лососей в целом и горбушки в частности для Дальнего Востока России и отдельно для Камчатского края в 2025 г. В расчётах использовались температурные показатели текущего 2025 г. за зимний сезон.

Ключевые слова: ТПО, зимний период, СЗТО, тихоокеанские лососи, горбуша, уловы, прогноз, солнечная активность.

ВВЕДЕНИЕ

Тихоокеанские лососи, в вылове которых доминирующая роль принадлежит горбуше, составляют одну из основ экономики Дальнего Востока России. Лидирующее место по добыче всех видов лососей занимает Камчатский край (Камчатка). Успех промысла тихоокеанских лососёвых зависит от надёжности рыбопромысловой прогностической модели. В условиях меняющегося климата это задача особенно усложняется (Марченко, 2021; Булатов, Кровнин, 2023). Методика прогнозирования численности тихоокеанских лососей имеет свою специфику, так как рыбы рода *Oncorhynchus* – моноциклические виды. При этом в последние годы при использовании сложившейся системы прогнозирования периодически возникают проблемы оправдываемости прогнозов вылова тихоокеанских лососей (Фельдман, Шевляков, 2015; Берлинская, 2020; Бугаев и др., 2024).

Температурный фактор среды в Северной Пацифике оказывает влияние на кормовую базу, на биологические показатели лососёвых

рыб во время нагула, миграций и на выживаемость в различные жизненные циклы, особенно в период ската и в зимний период, воздействуя на продуктивность лососей в совокупности с другими условиями среды (Бугаев, Тепнин, 2015; Ванюшин и др., 2015; Бугаев, Тепнин, 2024). Влияние на эти параметры оказывает также солнечная и геомагнитная активность (Бирман, 1969; Бугаев и др., 2018; Булатов и др., 2022).

Для точности прогноза необходимо иметь непрерывную многолетнюю базу биологических и климато-океанологических данных. Активное развитие спутникового мониторинга океанологических условий обеспечивает решение этой проблемы (Спутниковый мониторинг..., 2005; Ложкин, Шевченко, 2019; Алексанин и др., 2021; Ванюшин и др., 2023).

Нами была рассмотрена возможность провести анализ прямого влияния ТПО в период зимнего обитания лососей с января по март в Северо-Западной части Тихого океана (СЗТО) в период 1998–2025 гг. в качестве

одного из ведущих предикторов при предварительной оценке прогнозов объёмов их промыслового изъятия. При анализе было принято во внимание влияние динамики солнечной активности (в 23–25 циклах) на изменения температуры поверхности океана (ТПО), что в свою очередь влияет на численность лососей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для проведения многовариантного сравнительного анализа между уловами тихоокеанских лососей и горбуши с сезонными значениями ТПО (январь–март) в акватории полигона зимнего обитания лососей в СЗТО, с учётом оценки влияния реальной солнечной активности в 23–25 циклах, использовались следующие материалы и данные:

- недельные карты ТПО северо-западной части Тихого океана (СЗТО), составленные в ГНЦ ФГБНУ «ВНИРО» по оперативным данным ежедневных спутниковых ИК-съёмок в цифровом виде с геостационарных ИСЗ серий GOES, MTSAT-R и HIMAWARI за период 1998–2025 гг., а также по квазисинхронным судовым, буйковым измерениям температуры воды «*in situ*», поступающим из Мирового центра данных (Россия) (Спутниковый мониторинг..., 2005);

- карты месячного и сезонного распределения ТПО (пример на рис. 1), построенные на основе осреднения соответствующих цифровых недельных карт ТПО по квадратам 1×1 географический градус (с расчётом ТПО до 0,1°C);

- полигон исследования с координатами (44°–51° с. ш.; от Курильских островов до 185° в. д.) (рис. 1) выбран в соответствии с основным районом зимнего нагула тихоокеанских лососей (Бирман, 1969; Шунтов, Темных, 2011; Фигуркин, Найденко, 2013; Бугаев, Тепнин, 2015; Бугаев и др., 2024) и с наличием имеющихся собственных данных ТПО за период 1998–2025 гг.

- среднемесячные и сезонные значения ТПО, необходимые для расчётов и анализа, представлены на рисунке 2.

- официальные данные фактических уловов тихоокеанских лососей и горбуши для Дальнего Востока в целом и Камчатского края за период 1998–2024 гг. (NPAFC);

- официальные данные прогнозов уловов тихоокеанских лососей и горбуши для Дальнего Востока в целом и Камчатского края за 2025 г. (Новостной ресурс);

- значения чисел Вольфа, характеризующие солнечную активность в 23 (1998–2008 гг.), 24 (2009–2019 гг.) и 25 (с 2020 г. по настоящее время) циклах (Геоинформационный портал Дальневосточного региона РФ).

В качестве определения прямого потенциального влияния изменчивости ТПО на уловы тихоокеанских лососей использовался метод корреляционного анализа сопряжённых рядов данных сезонных значений ТПО (январь–март) в акватории зимнего нагула лососёвых рыб и годовых объёмов выловов лососей в целом и горбуши в период 1998–2024 гг. с учётом динамики солнечной активности в 23–25 циклах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проблемы определённых сбоев в оправдываемости прогнозов выловов тихоокеанских лососей в целом и горбуши в последние годы побудили ещё раз рассмотреть возможность использовать прямое влияние сезонных значений ТПО в акватории СЗТО в период зимовки лососей в целях предварительной оценки объёмов их промыслового изъятия в качестве ведущего предиктора. Одно из главных его преимуществ состоит в том, что информация о распределении ТПО охватывает всю акваторию одновременно и с необходимой временной дискретностью, в отличие от других важных параметров.

Кроме того, в последние 20–30 лет значительно усилилась короткопериодная изменчивость климата, связанная с увеличением частоты формирования «тёплых волн», прежде всего в северной части Тихого океана (Булатов, Кровнин, 2023).

Полученные нами данные ТПО в СЗТО с 1998 г. по 2025 г. за сезон (январь–март) пока-

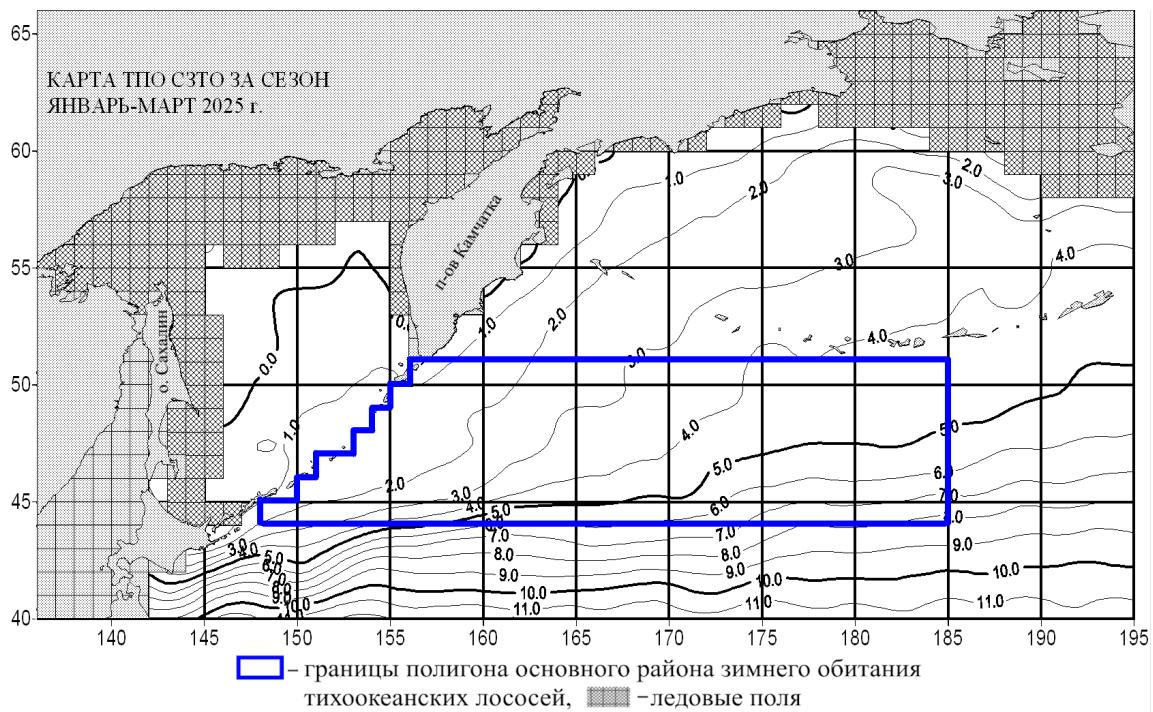


Рис. 1. Расположение полигона исследования на карте распределения изотерм сезонных (январь–март) ТПО СЗТО в 2025 г.

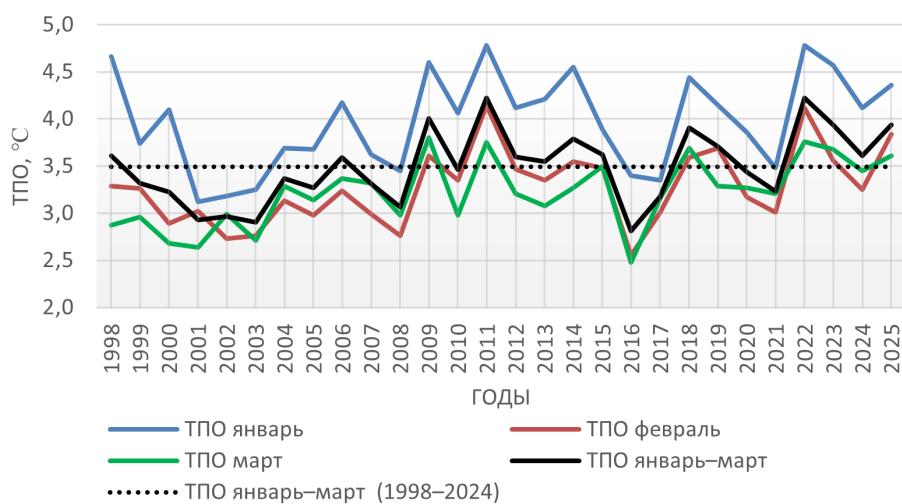


Рис. 2. Ход среднемесячных (за январь, февраль, март), сезонных (январь–март) значений ТПО в полигоне исследования и среднемноголетнее сезонное значение ТПО (3,49°C) за период 1998–2025 гг.

зали, что общий тренд средних значений ТПО в данной акватории постепенно повышался от 23 к 25 солнечному циклу, при этом среднее значение ТПО (январь–март) в 23 цикле составило 3,23°C, в 24 цикле – 3,61°C, в 25 цикле – 3,73°C, а среднемноголетнее сезонное получилось 3,49°C (рис. 2) (Царева и др., 2025).

Отмечено, что в рассматриваемом периоде (1998–2024 гг.) при зимнем значении ТПО выше 3,49°C, выловы лососей на Дальнем Востоке были выше среднемноголетних показателей (351 тыс. т), кроме чётных лет: 2006, 2014, 2022, 2024 гг. (рис. 3а). В целом наблюдаются совпадения тенденций показателей

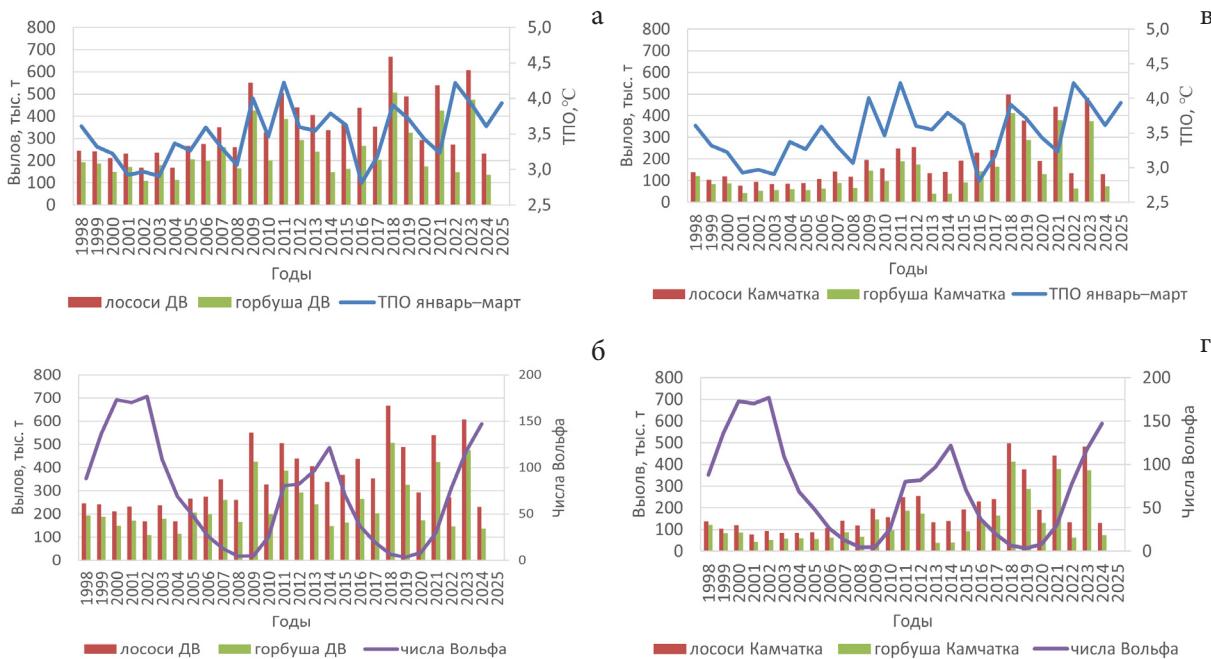


Рис. 3. Динамика выловов тихоокеанских лососей, горбуши на Дальнем Востоке в целом (а, б), на Камчатке (в, г) и значений сезонных ТПО (январь–март) в полигоне исследования (а, в) и распределение чисел Вольфа (б, г) в 1998–2024 гг.

сезонных значений ТПО и выловов лососей на Дальнем Востоке и Камчатке (рис. 3а, 3в).

Рассмотренный временной период 1998–2024 г. включал в себя показатели солнечной активности 23–25 циклов, которые были совмещены с многолетним ходом сезонных зимних ТПО полигона исследования и с выловами тихоокеанских лососей и горбуши Дальнего Востока и Камчатки с целью выявления взаимосвязей этих параметров (рис. 3б, 3г, 4).

Обнаружено, что в годы минимальной солнечной активности выловы как всех лососей Дальнего Востока и Камчатки, так и горбуши были максимальными в 2009 г., 2018 г., 2019 г. Исключением оказался 2023 г., когда максимальный вылов получился при среднем значении чисел Вольфа. В целом средние и высокие выловы были зафиксированы при подъёме солнечной активности, за исключением чётных лет 25-го цикла: 2020 г. и 2022 г., 2024 г.

Рассчитаны среднемноголетние величины фактических выловов всех тихоокеанских лососей в целом и горбуши за весь период

1998–2024 гг. Так объёмы уловов для Дальнего Востока составили 351 тыс. т всех лососей и 239 тыс. т горбуши, а для Камчатки они составили 193 тыс. т всех лососей и 133 тыс. т горбуши. Такие же осреднения выполнены за периоды 23 (1998–2008 гг.), 24 и 25 солнечных циклов (2009–2024 гг.), выделенных на основании различной интенсивности солнечной активности (рис. 4, табл. 1). Периоды 24 и 25 циклов были объединены в один, так как они схожи по динамике солнечной активности.

Результаты анализа установили, что средние выловы (как лососей, так и горбуши) на Дальнем Востоке в период 2009–2024 гг. оказались выше на 40%, чем в 1998–2008 гг. (табл. 1).

Аналогичные результаты анализа для Камчатки также показали, что средние выловы как лососей, так и горбуши оказались выше на 58% в период 2009–2024 гг., чем в 1998–2008 гг. (табл. 1). При этом, уловы тихоокеанских лососей в период 2009–2024 гг. в нечётные годы превышали их уловы в чётные годы, особенно в последние шесть лет (2019–2024 гг.) (рис. 5, 6).

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ФАКТОРОВ

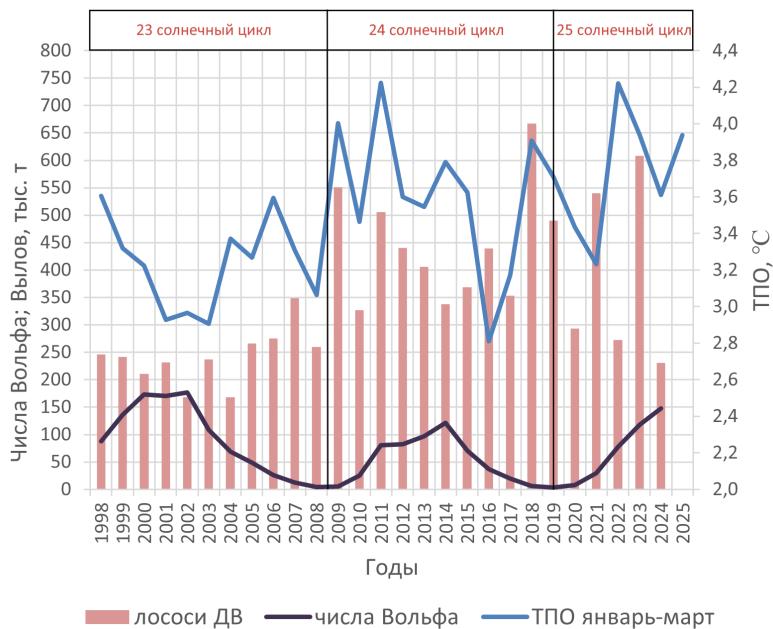


Рис. 4. Динамика выловов тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке в целом, значений зимних сезонных ТПО в зоне исследования и распределение чисел Вольфа.

Таблица 1. Фактические среднемноголетние выловы (тыс. т) лососей и горбуши на Дальнем Востоке в целом и на Камчатке за период 1998–2024 гг.

Регион	Вылов за все годы периода 1998–2008		Вылов за все годы периода 2009–2024		Вылов за все чётные годы 1998–2024		Вылов за все нечётные годы 1999–2023	
	лососи	горбуша	лососи	горбуша	лососи	горбуша	лососи	горбуша
Дальний Восток	241	176	427	282	310	200	396	281
Камчатка	105	71	253	175	174	113	216	154

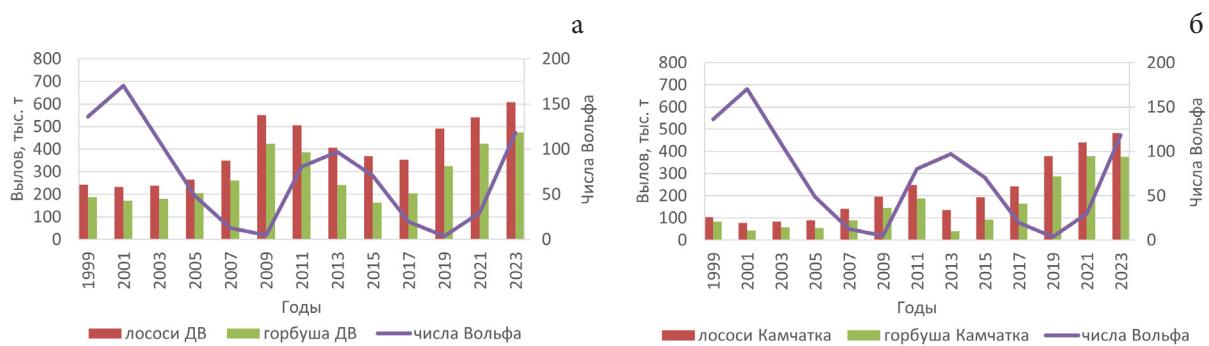


Рис. 5. Динамика выловов тихоокеанских лососей, горбуши на Дальнем Востоке в целом (а) и на Камчатке (б) и распределение чисел Вольфа в нечётные годы периода 1999–2023 гг.

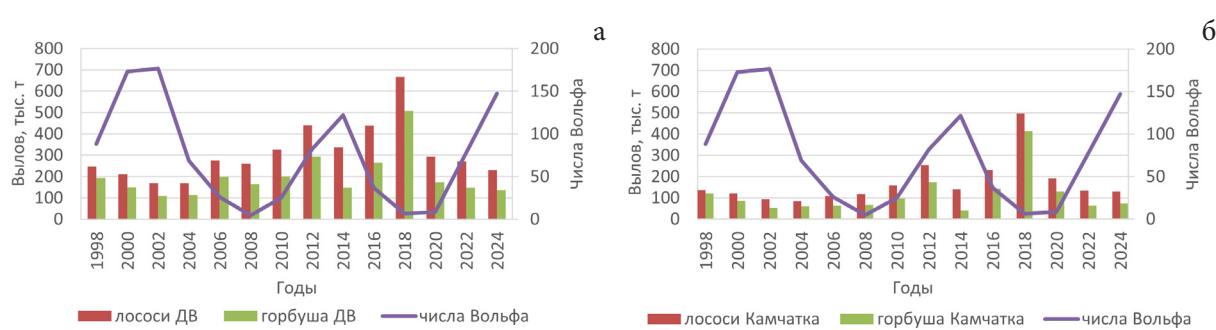


Рис. 6. Динамика выловов тихоокеанских лососей, горбуши на Дальнем Востоке в целом (а) и на Камчатке (б) и распределение чисел Вольфа в чётные годы периода 1998–2024 гг.

В результате проведённого исследования была выявлена корреляционная зависимость данных ТПО (январь–март) в полигоне зимнего нагула тихоокеанских лососей в СЗТО и их выловами за период 1998–2024 гг. Наилучший результат ($r= 0,77$) для всех лососёвых и для горбуши ($r= 0,68$) был получен на базе данных ТПО нечётных лет. Коэффициент корреляции на базе данных ТПО всех лет был несколько меньше ($r= 0,49$) для всех лососёвых и для горбуши ($r= 0,44$). Корреляционная

зависимость на базе данных ТПО 2009–2024 гг. была незначительной (r около 0,2) (табл. 2).

Аналогичные расчёты были проведены для района Камчатки. Полученные результаты показали, что корреляционная зависимость между этими факторами в данном конкретном районе была ниже, чем для российского Дальнего Востока в целом. Значения коэффициента корреляции на базе данных ТПО нечётных лет составили ($r= 0,46$) для всех лососёвых и ($r= 0,40$) для горбуши (табл. 3). Корреляция на базе данных

Таблица 2. Показатели официальных прогнозов выловов (тыс. т) лососей и горбуши на Дальнем Востоке в целом и варианты прогнозов для 2025 г. с коэффициентами корреляции (r) между данными ТПО и выловами за указанные временные периоды

Объект	Официальный прогноз	Прогноз на базе данных ТПО всех лет 1998–2024	Прогноз на базе данных ТПО нечётных лет 1999–2023	Прогноз на базе данных ТПО всех лет 2009–2024 (24+25 цикл)
Лососи	311	432 $r=0,49$	512 $r=0,77$	446 $r=0,20$
Горбуша	189	298 $r=0,44$	368 $r=0,68$	306 $r=0,24$

Таблица 3. Показатели официальных прогнозов выловов (тыс. т) лососей и горбуши на Камчатке и варианты прогнозов их возможных уловов в 2025 г. с коэффициентами корреляции (r) между данными ТПО и выловами за указанные временные периоды

Объект	Официальный прогноз	Прогноз на базе данных ТПО всех лет 1998–2024	Прогноз на базе данных ТПО нечётных лет 1999–2023
Лососи	199	247 $r=0,37$	289 $r=0,46$
Горбуша	144	175 $r=0,32$	209 $r=0,40$

ТПО всех лет оказалась ещё ниже ($r=0,37$ и $r=0,32$ соответственно), а на базе ТПО периода всех лет 2009–2024 гг. оказалась нулевой.

Определив сезонное значение ТПО (январь–март) 2025 г., были рассчитаны варианты прогнозов выловов тихоокеанских лососей и конкретно горбуши на Дальнем Востоке и на Камчатке в 2025 г., представленные в таблицах 2, 3, наряду с предварительными официальными прогнозами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведённые в работе результаты корреляционного анализа взаимосвязи между прямыми значениями ТПО в период зимовки тихоокеанских лососей в СЗТО (январь–март) с 1998 г. по 2024 г. в полигоне исследования с их сопряжёнными промысловыми уловами Дальнего Востока России и Камчатки позволили предположить возможные варианты прогнозов объёмов вылова лососей в целом и горбуши в 2025 г. При этом были использованы сезонные данные ТПО в акватории полигона за зимний сезон 2025 г. и показатели динамики солнечной активности в 23–25 циклах.

Данный подход использования прямого воздействия температурного фактора водной среды в период зимнего нагула лососей, включая данные, что важно, в год промысла, возможно использовать как дополнительный достоверный информационный ресурс для параллельной оценки текущего отраслевого прогноза. Необходимо ещё раз подчеркнуть, что ТПО СЗТО зимнего обитания тихоокеанских лососей является практически единственным прямым прогностическим индикатором, который доступен для исследователей как непрерывный показатель, охватывающий всю Северную Пацифику, и может использоваться с любой временной дискретностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексанин А.И., Алексанина М.Г., Левин В.А. Развитие спутникового мониторинга в ИАПУ ДВО РАН // Вестник ДВО РАН. 2021. № 4 (218). С. 129–138.

Берлинская А.И. Прогнозирование уловов тихоокеанских лососей и оценка эффективности прогнозов путины // Материалы IX международной научно-практической конференции «Развитие теории и практики управления социальными и экономическими системами». Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2020. С. 96–100.

Бирман И.Б. Периодические колебания численности лососёвых и солнечная активность // Биологические основы рыбного хозяйства и регулирование морского рыболовства. Тр. ВНИРО. 1969. Т. 67. Вып. 1. С. 171–189.

Бугаев А.В., Зикунова О.В., Тепнин О.Б. и др. Основные принципы формирования и интерпретация оправдываемости промысловых прогнозов тихоокеанских лососей Камчатского края в современный период (аналитический обзор 2010–2020-х гг.) // Изв. ТИНРО. 2024. Т. 204. Вып. 4. С. 964–1002. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-964-1002. EDN: UWVHLB.

Бугаев А.В., Тепнин О.Б. Продуктивность тихоокеанских лососей: влияние термических условий вод в период первой зимы в бассейне Северной Пацифики // Тр. ВНИРО. 2015. Т. 158. С. 89–111.

Бугаев А.В., Тепнин О.Б. Климат и тихоокеанские лососи: монография. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2024. 280 с.

Бугаев А.В., Тепнин О.Б., Радченко В.И. Климатическая изменчивость и продуктивность тихоокеанских лососей Дальнего Востока России // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2018. № 49. С. 5–50.

Булатов О.А., Ванюшин Г.П., Царева В.А. и др. Перспективы промысла тихоокеанских лососей // Экономика сельского хозяйства России. 2022. Т. 10. С. 83–86.

Булатов О.А., Кровнин А.С. Современные изменения климата и их возможное влияние на российское рыболовство // Материалы IV научной школы-конференции молодых учёных и специалистов ФГБНУ «ВНИРО» с международным участием «Современные аспекты рыбно-хозяйственной науки и геномные технологии в

аквакультуре и рыболовстве». Москва: Изд-во ВНИРО, 2023. С. 17.

Ванюшин Г.П., Булатова Т.В., Царева В.А. и др. Спутниковый мониторинг температурных условий в акваториях Мирового океана – районе промысла гидробионтов // Теория и практика мировой науки. 2023. Вып. 4. С. 10–15.

Ванюшин Г.П., Царева В.А., Углова Т.Ю., Кружалов М.Ю. Сравнительная оценка результатов промысла горбуши и температурных условий морской среды, определяемых по спутниковым данным в районе южных Курильских островов // Тр. ВНИРО. 2015. Т. 158. С. 112–120.

Геоинформационный портал Дальневосточного региона РФ (Электронный ресурс). Режим доступа: https://meteo-dv.ru/hydro_dfo/cgi/geospace_wolf.php (дата обращения 25.04.2025).

Ложкин Д.М., Шевченко Г.В. Тренды температуры поверхности Охотского моря и прилегающих акваторий по спутниковым данным 1998–2017 гг. // Исследование Земли из космоса. 2019. № 1. С. 55–61.

Марченко С.Л. Тихоокеанские лососи в условиях глобального изменения климата // Вопр. рыболовства. 2021. Т. 22. № 4. С. 63–74.

Новостной ресурс (Электронный ресурс). Режим доступа: https://www.fishnet.ru/news/syrievaya_baza/perspektivy-losos-voy-putiny-2025 (дата обращения 29.04.2025).

Спутниковый мониторинг температурных условий промысловых районов Мирового

оceania. Программа ВНИРО / Ванюшин Г.П., Котенёв Б.Н., Кружалов М.Ю. и др. // М.: Изд-во ВНИРО, 2005. 48 с.

Фельдман М.Г., Шевляков Е.А. Выживаемость камчатской горбуши как результат совокупного воздействия плотностной регуляции и внешних факторов среды // Изв. ТИНРО. 2015. Т. 182. С. 88–114. DOI: 10.26428/1606-9919-2015-182-88-114.

Фигуркин А.Л., Найденко С.В. Пространственное распределение горбуши в зоне Субарктического фронта в зимне-весенний период // Изв. ТИНРО. 2013. Т. 174. С. 69–84.

Царева В.А., Ванюшин Г.П., Кружалов М.Ю., Сапунова Е.В. Изменчивость ТПО в районе зимнего обитания тихоокеанских лососей с 1998 по 2023 год (в 23–25 циклах солнечной активности) // Труды XIII Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2024)». Тверь: ООО «ПолиPRECC», 2025. Т. II (IV). С. 625–630.

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

NPAFC – комиссия по анадромным рыбам Северной Части Тихого Океана (Электронный ресурс). Режим доступа: <http://www.npacfc.org/statistics> (дата обращения 25.04.2025).

AQUATIC ORGANISMS FISHERY

THE INFLUENCE OF TEMPERATURE FACTORS IN WINTER PERIOD ON PACIFIC SALMON CATCHES

© 2025 y. G.P. Vanyushin, V.A. Tsareva, M.Y. Kruzhakov, E.V. Sapunova

State Scientific Center of the Russian Federation «VNIRO», Russia, Moscow, 105187

The article presents the results of a multivariate comparative analysis of seasonal sea surface temperature (SST) data (January–March) of research area – salmon wintering waters in the North-Western Pacific Ocean (NWPO) during 1998–2024 in accordance with their catches in the above mentioned years. There were obtained several variants of catches forecasts for 2025 of Pacific salmon in general and pink salmon in particular for the Russian Far East and separately for Kamchatka Region. For calculations there were used temperature data of 2025 winter season. Keywords: SST, winter period, NWPO, Pacific salmon, pink salmon, catches, forecast, solar activity.