

УДК 551.46.06 УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНОМАЛИЙ
ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ
НА ПОДХОДЫ ТИХООКЕАНСКИХ
ЛОСОСЕЙ В АМУРСКОМ ЛИМАНЕ**

**Ж. Р. Цхай¹ (tshaijr@sakhniro.vniro.ru),
Г. В. Шевченко^{1,3}, Е. В. Подорожнюк²,
Т. В. Козлова²**

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»)**

**¹Сахалинский филиал («СахНИРО»)
Россия, г. Южно-Сахалинск, 693023, ул. Комсомольская, 196**

**²Хабаровский филиал («ХабаровскНИРО»)
Россия, г. Хабаровск, 680038, Амурский бульвар, 13а**

**³Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного
отделения Российской академии наук (ИМГиГ ДВО РАН)
Россия, г. Южно-Сахалинск, 693022, ул. Науки, 1 б**

Цхай Ж. Р., Шевченко Г. В., Подорожнюк Е. В., Козлова Т. В. Оценка влияния аномалий температуры поверхности моря на подходы тихоокеанских лососей в Амурском лимане // Результаты Второй Амурской экспедиции. Т. 2 : Труды «СахНИРО». – Южно-Сахалинск : «СахНИРО», 2023. – Т. 19, ч. II. – С. 134–145.

На основе данных спутниковых наблюдений за период с 1998 по 2021 г. рассчитаны аномалии температуры поверхности моря в Амурском лимане и прилегающих акваториях – Сахалинском заливе и северной части Татарского пролива. Проведена оценка площади акваторий, в которых отмечались существенные отклонения от средних многолетних показателей. Описаны случаи возникновения экстремальных температурных аномалий и проанализировано их возможное влияние на формирование численности и динамику анадромной миграции тихоокеанских лососей р. Амур.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: температура поверхности моря, спутниковые данные, река Амур, горбуша, кета, лососевая путина.

Табл. – 4, ил. – 6, библиогр. – 21.

Tskhay Zh. R., Shevchenko G. V., Podorozhnyuk E. V., Kozlova T. V. Assessment of the influence of sea surface temperature anomalies on the migration of pacific salmon to the Amur Liman // Results of the Second Amur expedition. Vol. 2 : Transactions of the “SakhNIRO”. – Yuzhno-Sakhalinsk : “SakhNIRO”, 2023. – Vol. 19, part II. – P. 134–145.

Based on satellite observation data from 1998 to 2021, sea surface temperature anomalies were calculated in the Amur Liman and adjacent areas – Sakhalin Bay and the northern part of the Tatar Strait. The percentage of area with significant deviations from long-term average values was estimated. The cases of extreme temperature anomalies are described and their possible influence on the formation of the number and dynamics of anadromous migration of Pacific salmon of the Amur River is analyzed.

KEYWORDS: sea surface temperature, satellite data, Amur River, pink salmon, chum salmon, salmon catches.

Tabl. – 4, fig. – 6, ref. – 21.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы связана с высокой изменчивостью преднерестовых подходов тихоокеанских лососей (горбуши и кеты) в Амурский лиман. При изучении особенностей термического режима морских акваторий одним из наиболее существенных вопросов является формирование значимых аномалий температуры поверхностного слоя воды (отклонений от средних многолетних значений, часто называемых нормами), которые могут оказать негативное влияние на условия обитания рыб и иных гидробионтов.

Оптимальные термические условия окружающей водной среды являются одним из ключевых факторов, влияющих на численность тихоокеанских лососей (Карпенко, 1998; Островский, 2014; Хованский, Подорожнюк, 2021). На основе длительных и регулярных спутниковых наблюдений можно рассчитать аномалии температуры поверхности моря (ТПМ) и определить площадь экстремальных значений (превышающих двукратно и более величину стандартного отклонения σ), особенно уделяя внимание периоду массовой миграции молоди лососевых рыб в июне (Новомодный, 2003; Виноградов, Золотухин, 2007) и во время их преднерестового хода с конца июня по сентябрь (табл. 1).

Таблица 1

Сроки нерестового хода в р. Амур тихоокеанских лососей в 2010-е гг.
(Золотухин, Канзепарова, 2019)

Table 1

The timing of spawning in the Amur Pacific salmon in the 2010s
(Zolotukhin, Kanzeperova, 2019)

Вид	Общие сроки хода	Сроки наиболее интенсивного хода
Горбуша нечетных лет	3-я пятидневка июля – 4-я пятидневка августа	5-я пятидневка июля – 3-я пятидневка августа
Горбуша четных лет	5-я пятидневка июня – 4-я пятидневка августа	6-я пятидневка июня – 3-я пятидневка июля
Кета летняя	6-я пятидневка июня – 6-я пятидневка августа	3–6-я пятидневки июля
Кета осенняя	5-я пятидневка августа – 5-я пятидневка сентября	1–4-я пятидневки сентября

Ранее в работе (Шевченко, Цхай, 2022) было показано, что продолжительные по времени существенные отклонения температуры поверхностного слоя от нормы могут оказаться вероятной причиной изменения сроков и величины подходов тихоокеанских лососей к берегам о. Итуруп.

Цель данной работы – оценить возможное влияние экстремальных термических условий на динамику численности и преднерестовые подходы тихоокеанских лососей в Амурском лимане.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для данного исследования послужили данные по температуре поверхности моря (ТПМ) за 1998–2021 гг., полученные установленной в «СахНИРО» приемной станцией TeraScan® (<https://seaspace.com/>) со спутников серии NOAA в районе с координатами 139°42′–142°42′ в. д., 51°00′–54°30′ с. ш. (рис. 1) с пространственным разрешением около 2 км и временной дискретностью один месяц. Исходный массив данных имел 288 временных периодов с размерностью каждого слоя 107 на 199 точек. На первоначальном этапе полученная трехмерная матрица была разложена с помощью метода естественных ортогональных функций (ЕОФ) на временную и пространственную составляющие (Багров, 1959).

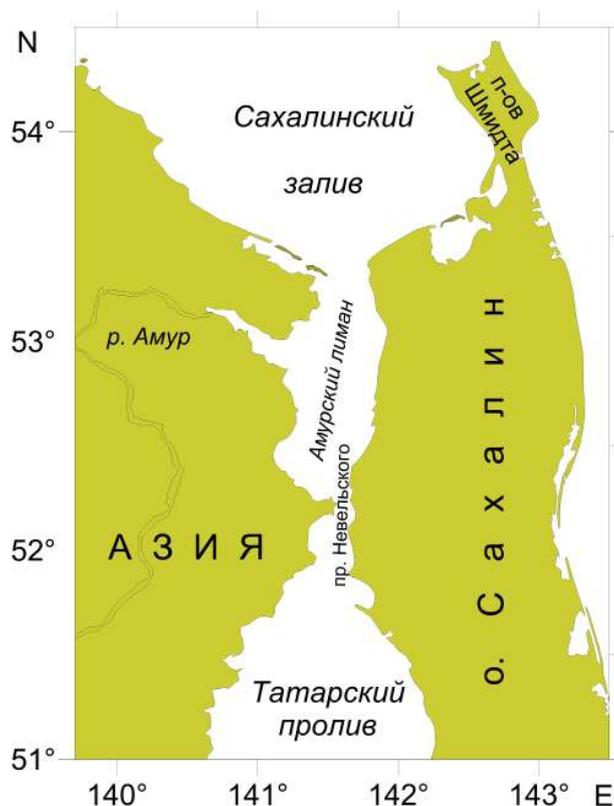


Рис. 1. Карта-схема района исследований
Fig. 1. Map-scheme map of the study area

На последующем этапе по этому же массиву данных были рассчитаны аномалии ТПМ как разность текущего значения температуры с его среднеголетним показателем за 24 года. На рисунке 2 показаны средние месячные значения ТПМ за 1998–2021 гг. и отмечены границы нормы – стандартного отклонения σ .

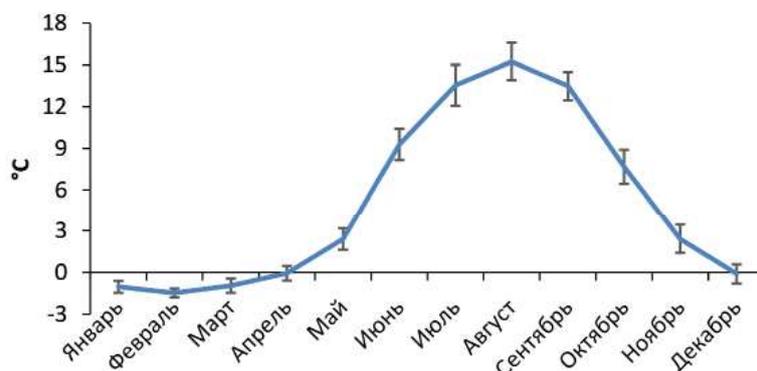


Рис. 2. График средних месячных температур поверхности моря с отмеченной величиной стандартного отклонения по данным спутниковых наблюдений за 1998–2021 гг.

Fig. 2. Graph of average monthly sea surface temperatures with standard deviation marked according to satellite observations for 1998–2021

Для оценки экстремальных значений по каждому слою в каждой точке пространства был вычислен коэффициент отношения аномалии к величине стандартного отклонения. Затем определялась доля площади акватории, на которой указанное отношение по абсолютному значению выходило за пределы 2- и 3-кратной величины σ . При этом учитывались отдельно доли площади отрицательных и положительных аномалий (Цхай, Шевченко, 2013).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ термических условий в районе исследований. На рисунке 3 показана динамика вылова тихоокеанских лососей р. Амур. С начала 1970-х и до конца первого десятилетия 2000-х гг. в регионе отмечались низкие уловы тихоокеанских лососей. Некоторый рост наметился в 2008–2009 гг., когда уловы горбуши достигли 3,6 тыс. т, осенней кеты приблизились к 5 тыс. т, а летней кеты превысили 8 тыс. т. Начиная с 2010 г. значительно увеличились объемы добычи горбуши четных лет – до 23 тыс. т в 2016 г., летней кеты – до 14,6 тыс. т в 2016 г. и осенней кеты – до почти 30 тыс. т в 2015 г. Аналогичные уловы в этом районе наблюдались только в начале XX в. (Золотухин, Канзепарова, 2019).

В работе (Цхай, Шевченко, наст. сб.) по результатам анализа пространственно-временной изменчивости ТПМ был определен климатический сдвиг, выраженный в изменениях термических условий с 2010 г., а именно в существенном повышении температуры в Амурском лимане и прилегающих акваториях. Аналогичная процедура разложения поля ТПМ по ЕОФ была проведена и для изучаемого района, меньшего по площади, но находящегося непосредственно в зоне влияния стока р. Амур. В целом, анализ показал схожие результаты, но есть и некоторые отличия. Во-первых, вклад первой моды уменьшился с 96 до 94% суммарной дисперсии, а второй моды, наоборот, увеличился с 1 до 2%. Во-вторых, климатический сдвиг 2010 г., выделенный во второй моде, стал еще более выраженным – в теплое время года значения изменили свой знак на противоположный (рис. 4). При этом период высоких уловов тихоокеанских лососей в р. Амур практически совпал со временем, когда происходила существенная перестройка термического режима.



Рис. 3. Динамика вылова тихоокеанских лососей р. Амур (по данным «ХабаровскНИРО»)
Fig. 3. Dynamics of the Pacific salmon catches in the Amur River (according to “KhabarovskNIRO” data)

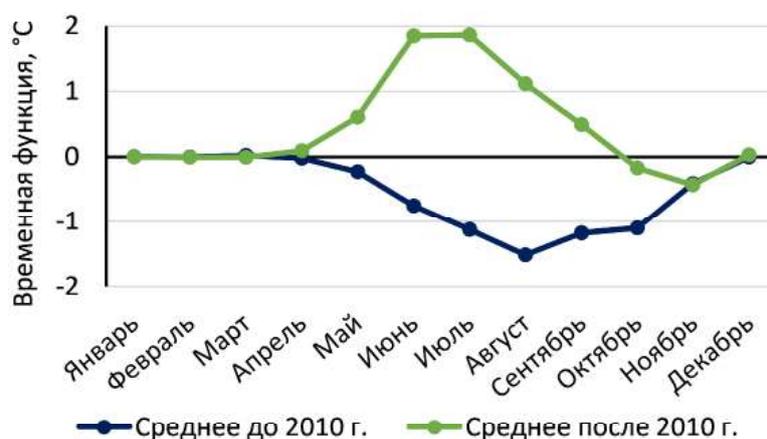


Рис. 4. Средние значения временной функции второй моды разложения ТПМ в районе исследований по ЕОФ за периоды 1998–2009 гг. и 2010–2021 гг.
Fig. 4. Average values of the second mode time function of the SST decomposition by EOF for the periods 1998–2009 and 2010–2021

В связи с выявленной изменчивостью термических условий были рассчитаны коэффициенты линейной корреляции между среднемесячными ТПМ, значениями временной функции второй моды и уловами тихоокеанских лососей. Рассматривалось два ключевых промежутка времени: в периоды миграции молоди в Амурском лимане в июне и в сроки нерестового хода производителей (см. табл. 1). При этом термические показатели во время миграции молоди сравнивались с возвратами в период нерестового хода горбуши отдельно четных и нечетных лет возраста 1+ и кеты возраста 2+—4+ лет. Полученные результаты приведены в **таблицах 2, 3**.

Как видно из **таблицы 2**, практически отсутствует корреляция между средней месячной температурой в период нерестового хода, зато существует явная зависимость подходов кеты и горбуши четных лет от особенностей термического режима, которые, как правило, выделяются во второй моде и являются, по сути, значимыми отклонениями от нормы в каждом отдельном году.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между термическими показателями и уловами тихоокеанских лососей в районе исследований за 1998–2018 гг.

Table 2

Correlation coefficients between thermal indicators and Pacific salmon catches in the study area for 1998–2018

Период	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Вид	Значения временной функции 2-й моды			
Кета летняя	0,57	0,51	0,49	
Кета осенняя			0,85	0,74
Горбуша четных лет	0,53	0,51	0,66	
Горбуша нечетных лет		0,30	–0,20	
Вид	Средние месячные значения ТПМ			
Кета летняя	0,23	–0,35	0,16	
Кета осенняя			0,41	0,33
Горбуша четных лет	0,16	–0,19	0,20	
Горбуша нечетных лет		–0,08	0,18	

Примечание: жирным шрифтом выделены значимые значения коэффициента корреляции.

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между термическими показателями в период ската и уловами тихоокеанских лососей в районе исследований (июнь 1998–2018 гг.)

Table 3

Correlation coefficients between thermal indicators during the run-down migration period and Pacific salmon catches in the study area (June 1998–2018)

	Возврат 1+	Возврат 2+	Возврат 3+	Возврат 4+
Вид	Значения временной функции 2-й моды			
Кета летняя		0,52	0,48	0,18
Кета осенняя		0,62	0,56	0,73
Горбуша четных лет	0,65			
Горбуша нечетных лет	0,27			
Вид	Средние месячные значения ТПМ			
Кета летняя		0,09	–0,23	0,24
Кета осенняя		–0,30	–0,23	–0,01
Горбуша четных лет	–0,11			
Горбуша нечетных лет	0,69			

Примечание: жирным шрифтом выделены значимые значения коэффициента корреляции.

При сравнении термических условий в период миграции молоди с последующими уловами получился очень интересный результат. Для кеты обеих форм и горбуши четных лет имеют значения аномалии ТПМ в год миграции молоди, а для горбуши нечетных лет – собственно температура воды (при этом коэффициент корреляции между ТПМ в период миграции молоди только на акватории Амурского лимана и последующими уловами вырос до 0,78).

Таким образом, вышеприведенные расчеты показали, что термические условия, а в особенности их отклонения от обычного режима в периоды миграции молоди и преднерестового хода, могут оказать влияние на уловы тихоокеанских лососей в р. Амур и Амурском лимане. После 2010 г. произошло увеличение стока р. Амур и температуры воды в Амурском лимане. Возможный механизм увеличения численности тихоокеанских лососей (и последующих уловов производителей) – через большее развитие кормовой базы при более высокой температуре воды и большем количестве сносимого с бассейна реки детрита, так как основу питания молоди на мелководье формирует мелкий нектобентос (Иванков и др., 1999).

Наиболее значимые аномалии ТПМ в изучаемом районе. Как было отмечено выше, для оценки значимости аномалий термического режима определялась доля площади акватории, на которой они по абсолютной величине превышали 2σ . Результаты проведенных расчетов в изучаемом районе представлены на **рисунке 5**, на котором для каждого месяца показана величина доли площади аномалий (вне зависимости от знака).

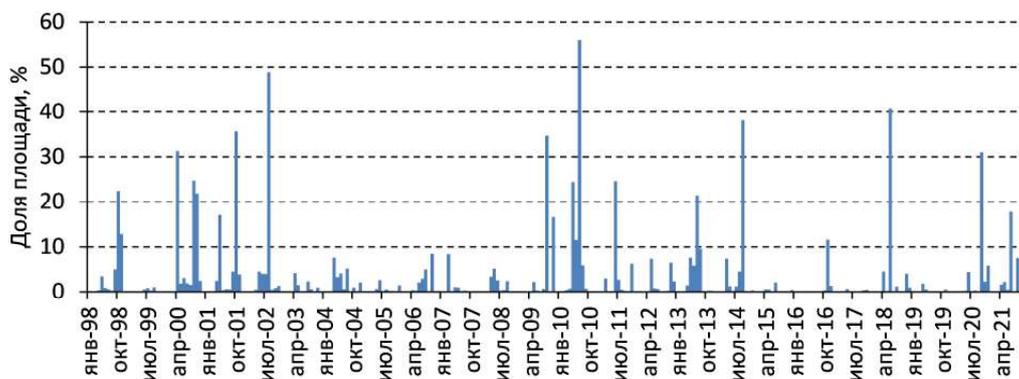


Рис. 5. Доля площади изучаемого района (%), на которой аномалии превышали удвоенную величину среднеквадратического отклонения

Fig. 5. Percentage of the area where anomalies exceeded twice the standard deviation

В Амурском лимане и прилегающих акваториях формирование значительных аномалий ТПМ не такое уж частое явление. За 24 года наблюдений (288 месяцев) отмечено всего 14 случаев, когда аномалии, превышающие 2σ , занимали более 20% от площади изучаемой акватории, и только дважды площадь аномалий со значениями более 3σ превысила 10%, что указывает на экстраординарные термические условия (**табл. 4**). Наблюдались довольно длительные периоды «спокойных лет» с незначительными аномалиями ТПМ, например, в 2003–2008 гг., которые соответствовали низким уловам тихоокеанских лососей. Что характерно, в экстремальных ситуациях преобладали аномалии одного знака, при этом отрицательные аномалии встречались чаще – в девяти случаях.

Поскольку основное внимание в данной работе сосредоточено на периоде нерестовых подходов тихоокеанских лососей, мы исключили из детального рассмотрения апрель и октябрь. Хотя в апреле 2000 г. сложилась уникальная ситуация, когда на свободной ото льда поверхности в северной части Татарского пролива и Сахалинском заливе наблюдались положительные до 2°C

аномалии ТПМ (при небольшом значении $\sigma=0,5$). В октябре довольно часто формировались аномальные термические условия, которые обычно связаны с перестройкой от летнего муссона к зимнему (Гидрометеорология и гидрохимия..., 1998). Несмотря на высокую величину $\sigma=1,2$, в четырех случаях площадь экстремальных аномалий колебалась от 20 до 35%.

Таблица 4

Информация о наиболее значительных аномалиях ТПМ в Амурском лимане и прилегающих акваториях за 1998–2021 гг.

Table 4

Information on the most significant SST anomalies in the Amur Liman and adjacent areas for 1998-2021

Дата	Доля площади выше 2 σ , %	Доля площади выше 3 σ , %	Тип аномалий
Октябрь 1998 г.	22,39	0,01	Отрицательные
Апрель 2000 г.	31,29	0,24	Положительные
Сентябрь 2000 г.	24,70	0,37	Положительные
Октябрь 2000 г.	21,84	0,54	Отрицательные
Октябрь 2001 г.	35,60	0,25	Отрицательные
Август 2002 г.	48,90	30,30	Отрицательные
Сентябрь 2009 г.	34,69	5,92	Отрицательные
Май 2010 г.	24,45	0,95	Положительные
Июль 2010 г.	56,02	14,15	Отрицательные
Июнь 2011 г.	24,63	0,45	Отрицательные
Июль 2013 г.	21,43	2,36	Отрицательные
Сентябрь 2014 г.	38,14	0,14	Положительные
Июнь 2018 г.	40,67	0,83	Отрицательные
Октябрь 2020 г.	30,99	0,57	Положительные

Рассмотрим некоторые наиболее интересные ситуации в периоды, когда экстремальные отклонения от средних многолетних температур могли оказать существенное влияние на динамику нерестового хода тихоокеанских лососей (рис. 6).

В августе 2002 г. в Амурском лимане и в северной части Татарского пролива зафиксированы самые большие по величине за весь период спутниковых наблюдений отрицательные аномалии ТПМ (от -7 до -10°C). В Сахалинском заливе недостаток тепла наблюдался на небольшом участке в районе его соединения с лиманом. У побережья о. Сахалин в зоне прохождения модифицированных амурских вод температура была на $3-5^{\circ}\text{C}$ ниже среднемноголетней нормы. В данном случае неблагоприятные термические условия не оказали существенного влияния на динамику вылова лососей в р. Амур. Массовый ход горбуши отмечался в третьей декаде июня и продолжался до конца июля. Хотя ход летней кеты и продолжался до конца августа, ее массовая миграция произошла во второй половине июля. Подходы осенней кеты начались в первых числах сентября (Динамика хода..., 2002; Результаты исследований..., 2002).

В июле 2010 г. значительные отрицательные аномалии занимали более 50% изучаемой акватории. Это самый обширный по площади случай дефицита тепла за весь рассматриваемый период. ТПМ на $3-7^{\circ}$ ниже нормы отмечалась на большей части Сахалинского залива и северной части Татарского

пролива. Амурский лиман полностью был в зоне отрицательных аномалий, достигающих в районе устья р. Амур 9–10°C. Вместо среднееголетних показателей 18–20°C вода в этом районе прогрелась до 9–11°C. При рассмотрении ежесуточных данных видно, что практически весь месяц в регионе складывались крайне нестабильные термические условия, над акваторией прошла целая серия циклонов, следствием которых стало охлаждение поверхностного слоя. Сложившаяся ситуация не могла не сказаться на ходе лососевой путины. По данным **В. И. Островского (2010)**, нерестовый ход горбуши и летней кеты в данном году задержался на 10–15 дней не только в р. Амур, но и в реки материковой части Сахалинского залива.

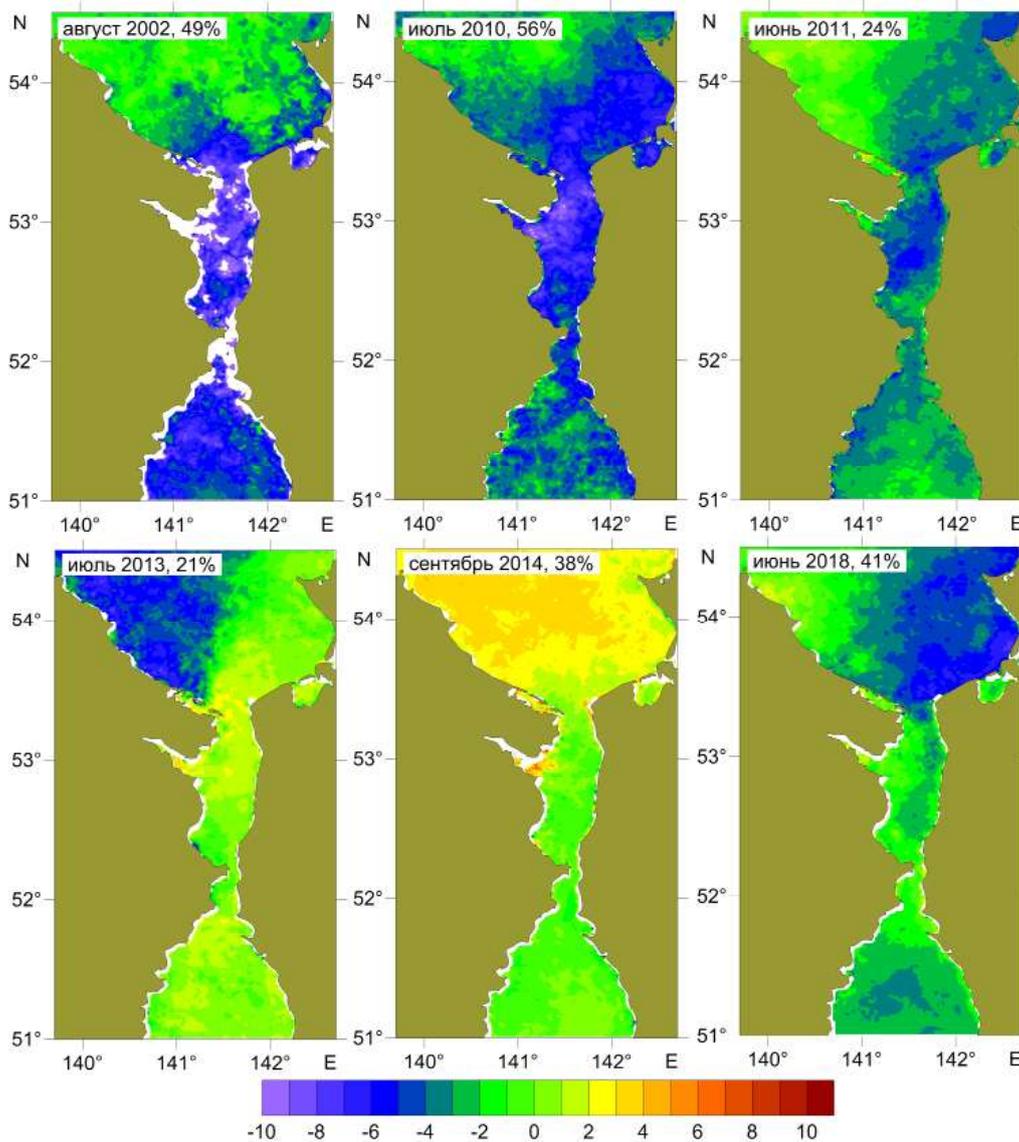


Рис. 6. Распределение экстремальных аномалий ТПМ (°С) в Амурском лимане и прилегающих акваториях

Fig. 6. Distribution of extreme SST anomalies (°C) in the Amur Liman and adjacent areas

В июне 2011 г. отрицательные аномалии величиной 3–5°C были выявлены в зоне распространения стока р. Амур: в Амурском лимане, прежде всего в зоне наиболее теплой воды на северо-западном участке, в восточной части Сахалинского залива и в узкой полосе у северо-западного берега Татарского пролива к югу от пролива Невельского. Как и в 2010 г., неустойчивый термический режим мог стать причиной задержки подходов летней кеты (**Островский, 2011**).

В июле 2013 г. низкие температуры отмечались в северо-западной части Сахалинского залива. Сотрудники ХфТИНРО отмечали, что из Сахалинского залива льды ушли только 26 июля. В результате сроки нерестового хода лососей в этом районе задержались. В то же время в Амурском лимане, где были незначительные положительные аномалии, первые подходы горбуши фиксировались в начале июля, а массовые – с 15 июля, что даже раньше нормальных сроков. Нерестовый ход летней кеты оказался интенсивным и продолжительным. И это несмотря на высокий уровень воды в р. Амур вследствие паводка из-за обильных осадков (**Канзепарова и др., 2013**).

В июне 2018 г., наоборот, существенные отрицательные аномалии до 6°C наблюдались исключительно в северо-восточной части Сахалинского залива. Учитывая более ранние подходы амурской горбуши четных лет (*см. табл. 1*), миграционные пути которой проходят через северо-западный Сахалин (**Островский, 2016**), еще одной из причин низких уловов могут быть сложившиеся температурные условия наряду с крайне негативными гидрологическими условиями в период ската молоди в Амурский лиман в мае–июне 2017 г. и нетипичного направления стока р. Амур летом 2018 г. (**Колпаков, Коцюк, 2018**). Причем, как следствие последнего факта в июле 2018 г. экстремальные аномалии фиксировались в зоне обширного апвеллинга и у северо-восточного побережья Сахалина, где также отмечались слабые подходы горбуши (**Цхай, Шевченко, 2019**).

Рассмотренные случаи необычно холодных условий характеризовались как значительной величиной отрицательных аномалий, так и их проявлением на существенной части изучаемого района. Как правило, наибольшие отклонения от нормы отмечены в зоне распространения речного стока и, скорее всего, были обусловлены снижением его объема на определенных интервалах времени. С другой стороны, пример 2013 г. показал, что позднее таяние льда может оказаться критическим для своевременных подходов тихоокеанских лососей в западную часть Сахалинского залива.

Из всех рассмотренных случаев только однажды во время нерестового хода тихоокеанских лососей отмечались значительные положительные аномалии ТПМ (до 4°C) – в сентябре 2014 г., преимущественно на акватории Сахалинского залива. Несмотря на высокую температуру, в Сахалинском заливе отмечалась высокая численность кеты, освоение возможного вылова составило 91%. В Амурский лиман, где температура соответствовала средней многолетней норме, массовый ход и промысел осенней кеты продолжались в нормальные сроки – с 26 августа по 23 сентября, при этом к устью р. Амур подошло в два раза больше производителей, чем ожидалось (**Канзепарова и др., 2014**).

В целом, сентябрь представляется периодом с наиболее устойчивыми термическими условиями, величина стандартного отклонения, равная единице, является наименьшей в теплый сезон года. Вероятно, это является одной из причин, почему, несмотря на целый ряд негативных тенденций (в том числе и природных) и общее с 2018 г. падение запасов тихоокеанских лососей в ре-

гионе, вылов осенней кеты остается относительно стабильным в сравнении с летней кетой и горбушей (Колпаков и др., 2019).

Приведенные примеры показывают, что в Амурском лимане и в прилегающих районах на обширных акваториях могут формироваться значительные аномалии ТПМ, достигающие экстремальных величин, в том числе и в период нерестового хода тихоокеанских лососей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ многолетних спутниковых данных по температуре поверхности моря показал, что термические условия водной среды могут стать одним из факторов, влияющих на динамику численности и интенсивность нерестового хода тихоокеанских лососей в Амурском лимане.

Разложение поля температур с помощью метода ЕОФ выделило климатический сдвиг, произошедший на рубеже 2010-х гг., следствием которого стало изменение термического режима. При этом по времени эта перестройка совпала с общим увеличением уловов тихоокеанских лососей в изучаемом регионе.

Корреляционный анализ выявил прямую зависимость уловов горбуши четных лет, летней и осенней кеты от особенностей температурных условий в период нерестового хода в Амурском лимане и на прилегающих акваториях. Также для этих видов был отмечен высокий коэффициент корреляции между особенностями температуры поверхностного слоя в период миграции молоди и последующим возвратом наиболее массовых возрастов. В то же время для горбуши нечетных лет наибольшее значение имеет температура воды в Амурском лимане в период миграции молоди.

В районе исследований случаи значительных аномалий ТПМ на обширной части акватории являются редким явлением. В период нерестового хода тихоокеанских лососей чаще отмечались отрицательные аномалии, которые могли повлиять на его динамику, особенно в части сдвига сроков подходов в Амурский лиман и Сахалинский залив.

ЛИТЕРАТУРА

Багров Н. А. Аналитическое представление последовательности метеорологических полей посредством естественных ортогональных составляющих // Тр. Центр. ин-та прогнозов. – 1959. – Вып. 74. – С. 3–24.

Виноградов В. В., Золотухин С. Ф. Рост молоди кеты в период ее катадромной миграции в русле р. Амур // Изв. ТИНРО. – 2007. – Т. 150. – С. 163–179.

Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том IX. Охотское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / Под ред. Ф. С. Терзиева и др. – СПб. : Гидрометеоздат, 1998. – 342 с.

Динамика хода и оценка численности уссурийского стада осенней кеты в 2002 году : Отчет (промежуточ.) / ХоТИНРО; Рук. С. Ф. Золотухин; А. П. Шмигирилов, Л. И. Якименко, Ю. В. Горелова. – Хабаровск, 2002. – 24 с. – (Арх. «ХабаровскНИРО», инв. № 1317).

Золотухин С. Ф., Канзепарова А. Н. Тихоокеанские лососи Амура. – Владивосток : Всемир. фонд дикой природы (WWF), Амур. фил., 2019. – 110 с.

Иванков В. Н., Андреева В. В., Тяпкина Н. В. и др. Биология и кормовая база тихоокеанских лососей в ранний морской период жизни. – Владивосток : Изд-во Дальневост. гос. ун-та, 1999. – 260 с.

Канзепарова А. Н., Подорожнюк Е. В., Козлова Т. В., Пономарев С. Д. Итоги лососевой путины и оценка запасов в Хабаровском крае в 2013 г. // Бюл. № 8 изуч. тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток : ТИНРО-Центр, 2013. – С. 83–90.

- Канзепарова А. Н., Козлова Т. В., Подорожнюк Е. В., Пономарев С. Д.** Итоги лососевой путины в Хабаровском крае в 2014 г. // Бюл. № 9 изуч. тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток : ТИНРО-Центр, **2014**. – С. 48–52.
- Карпенко В. И.** Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей – М. : ВНИРО, **1998**. – 165 с.
- Колпаков Н. В., Коцюк Д. В.** Неоправдавшиеся прогнозы подходов горбуши к Амуру и в Приморье в 2018 г. вероятные причины // Бюл. № 13 изуч. тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток : ТИНРО-Центр, **2018**. – С. 94–105.
- Колпаков Н. В., Коцюк Д. В., Подорожнюк Е. В., Островский В. И.** Итоги лососевой путины в Хабаровском крае в 2019 г. // Бюл. № 14 изуч. тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток : «ТИНРО», **2019**. – С. 53–64.
- Новомодный Г. В.** О направлениях миграций лососей рода *Oncorhynchus* в Амурском лимане // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – **2003**. – № 2. – С. 484–499.
- Островский В. И.** Итоги лососевой путины 2010 г. в Хабаровском крае // Бюл. № 5 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – Владивосток : ТИНРО-Центр, **2010**. – С. 41–49.
- Островский В. И.** Итоги лососевой путины 2011 г. в Хабаровском крае и анализ прогноза запаса на 2012 г. // Бюл. № 6 изуч. тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток : ТИНРО-Центр, **2011**. – С. 216–225.
- Островский В. И.** Факторы, влияющие на численность покатной молоди тихоокеанских лососей // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – **2014**. – № 6. – С. 501–508.
- Островский В. И.** Траектории миграций амурской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* к районам размножения // Изв. ТИНРО. – **2016**. – Т. 186. – С. 121–134.
- Результаты исследований нерестового хода, оценка численности и биологическая структура популяций проходных тихоокеанских лососей Амура в 2002 году : Отчет (промежуточ.) / ХоТИНРО; Рук. С. Ф. Золотухин; Н. Ф. Капланова, В. В. Харитонов. – Хабаровск, **2002**. – 72 с. – (Арх. «ХабаровскНИРО», инв. № 1309).**
- Хованский И. Е., Подорожнюк Е. В.** Особенности ската молоди тихоокеанских лососей в бассейне реки Амур // Рыб. хоз-во. – **2021**. – № 2. – С. 52–59. – (DOI 10.37663/0131-6184-2021-2-52-59).
- Цхай Ж. Р., Шевченко Г. В.** Оценка температурных аномалий поверхности Охотского моря и прилегающих акваторий по спутниковым данным // Исслед. Земли из космоса. – **2013**. – № 2. – С. 50. – (DOI 10.7868/S0205961413020139).
- Цхай Ж. Р., Шевченко Г. В.** Оценка экстремальных термических условий в период нереста тихоокеанских лососей у побережья о. Сахалин // Геодинамич. процессы и природ. катастрофы : Тез. докл. III Всерос. науч. конф. с междунар. участием (Ю-Сах., 27–31 мая 2019 г.) / Отв. ред. Л. М. Богомолов. – Ю-Сах. : ФГБУН ИМГиГ ДВО РАН, **2019**. – С. 184.
- Шевченко Г. В., Цхай Ж. Р.** Пространственно-временная изменчивость температуры поверхности моря в районе о. Итуруп по спутниковым данным // Материалы 20-й Междунар. конф. «Совр. проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (М., 14–18 нояб. 2022 г. – М. : Ин-т космических исслед. РАН, **2022**. – С. 229.