



*Цхай Ж. Р. ⁽¹⁾, Шевченко Г. В. ^(1, 2), Подорожнюк Е. В. ⁽³⁾, Козлова Т. В. ⁽³⁾
(1) Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), Южно-Сахалинск, Россия
(2) Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия
(3) Хабаровский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ХабаровскНИРО»)*

О ВЛИЯНИИ АНОМАЛИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ НА ПОДХОДЫ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В АМУРСКОМ ЛИМАНЕ





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

Актуальность темы исследования связана с высокой изменчивостью нерестовых подходов тихоокеанских лососей (горбуши и кеты) в Амурский лиман. Оптимальные термические условия окружающей водной среды являются одним из ключевых факторов, влияющих на численность тихоокеанских лососей (Карпенко, 1998; Островский, 2014). 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 (Хованский, Подорожнюк, 2021) и во время нерестового хода с конца июня по сентябрь.



Район исследований – [139°42′–142°42′ в.д., 51°00′–54°30′ с.ш.]

Данные по ТПМ за 1998–2021 гг. получены станцией TeraScan®, Южно-Сахалинск (<https://www.seaspace.com>).

Пространственное разрешение – ок. 2 км, временная дискретность – 1 месяц.

Анализ – метод естественных ортогональных функций (ЕОФ) (Багров, 1959), расчет площади значительных аномалий, превышающих величину 2σ (Цхай, Шевченко, 2013)

Багров Н. А. Аналитическое представление последовательности метеорологических полей посредством естественных ортогональных составляющих // Труды Центрального института прогнозов. – 1959. – Вып. 74. – С. 3–24.

Карпенко В. И. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей – М.: ВНИРО, 1998.

Островский В. И. Факторы, влияющие на численность покатной молоди тихоокеанских лососей // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. – 2014. – № 6. – С. 501–508.

Хованский И. Е., Подорожнюк Е. В. Особенности ската молоди тихоокеанских лососей в бассейне реки Амур // Рыбное хозяйство. – 2021. – № 2. – С. 52 – 59.

Цхай Ж. Р., Шевченко Г. В. Оценка температурных аномалий поверхности Охотского моря и прилегающих акваторий по спутниковым данным // Исследование Земли из космоса. – 2013. – № 2. – С. 50.

Динамика вылова тихоокеанских лососей р. Амур с 1902 по 2018 гг. (по данным ХабаровскНИРО)



Горбуша
Oncorhynchus gorbuscha

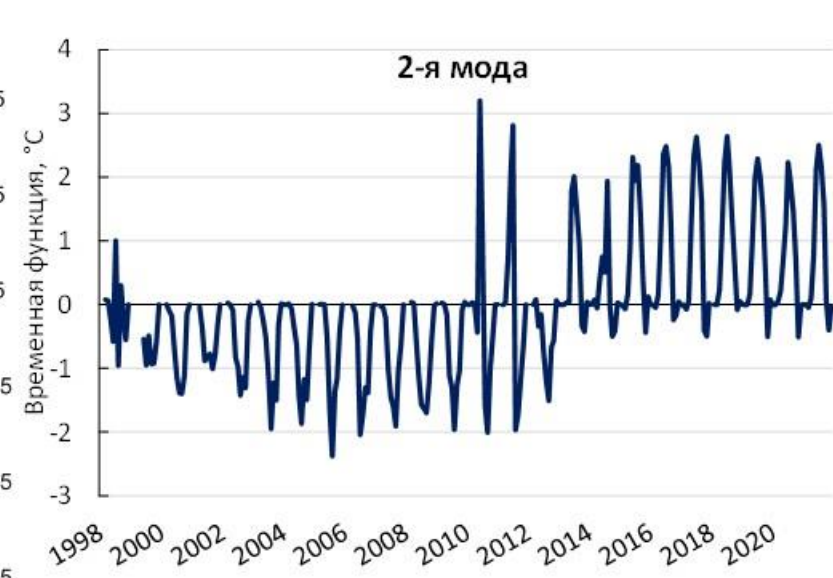
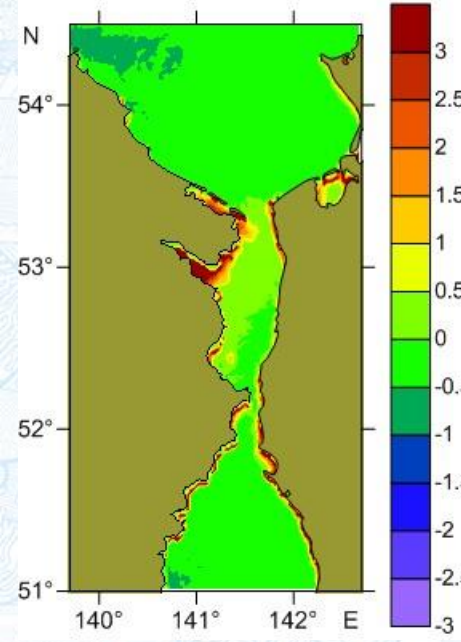
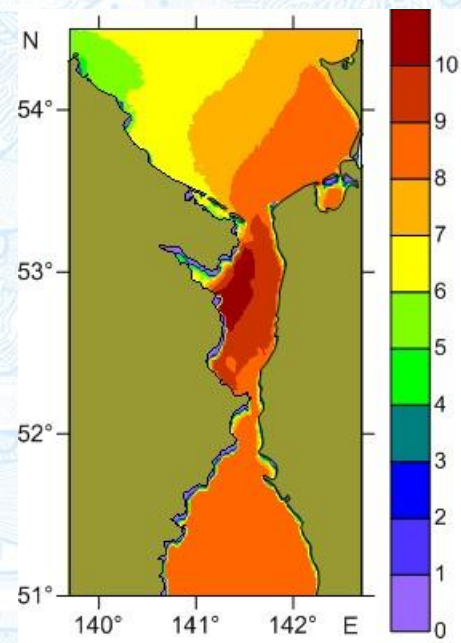
Сроки нерестового хода в Амур тихоокеанских лососей (Золотухин, Канзепарова, 2019)

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

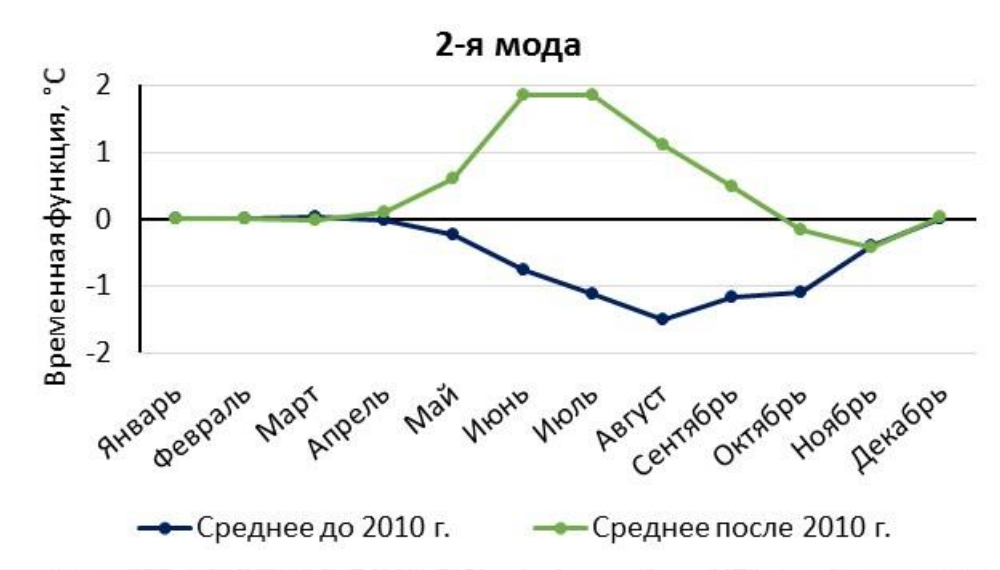


Кетá *Oncorhynchus keta*

Результаты разложения поля ТПМ по ЕОФ: 1 мода – 94,3 %, 2 мода – 1,7 %



С 2010 г. отмечается явно выраженный климатический сдвиг – значения временной функции второй моды изменили свой знак на противоположный. При этом период высоких уловов тихоокеанских лососей в р. Амур практически совпал со временем, когда происходила существенная перестройка термического режима.





Коэффициенты корреляции между ТПМ и уловами тихоокеанских лососей за 1998–2018 гг.

Период	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Вид	Значения временной функции 2 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	

Коэффициенты корреляции между ТПМ в период ската в июне и уловами тихоокеанских лососей за 1998–2018 гг.

	Возврат 1+	Возврат 2+	Возврат 3+	Возврат 4+
Вид	Значения временной функции 2 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			

В связи с выявленной изменчивостью термических условий были рассчитаны коэффициенты корреляции между среднемесячными ТПМ, значениями временной функции второй моды и уловами тихоокеанских лососей в ключевые периоды: во время миграции молоди (июнь) и в сроки нерестового хода (июнь–сентябрь).

Результаты по периоду нерестового хода:

- Практически отсутствует корреляция между среднемесячной ТПМ и уловами в период нерестового хода;
- Существует явная зависимость подходов кеты и горбуши четных лет от особенностей термического режима, которые выделяются во второй моде и являются по сути значимыми отклонениями от нормы в каждом отдельном году.

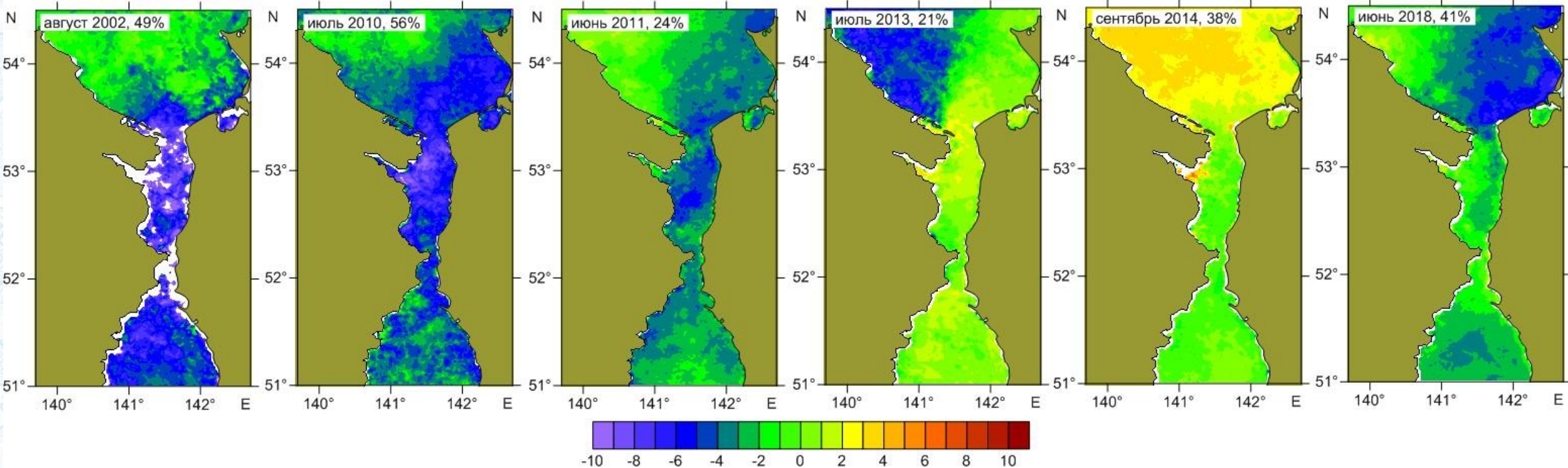
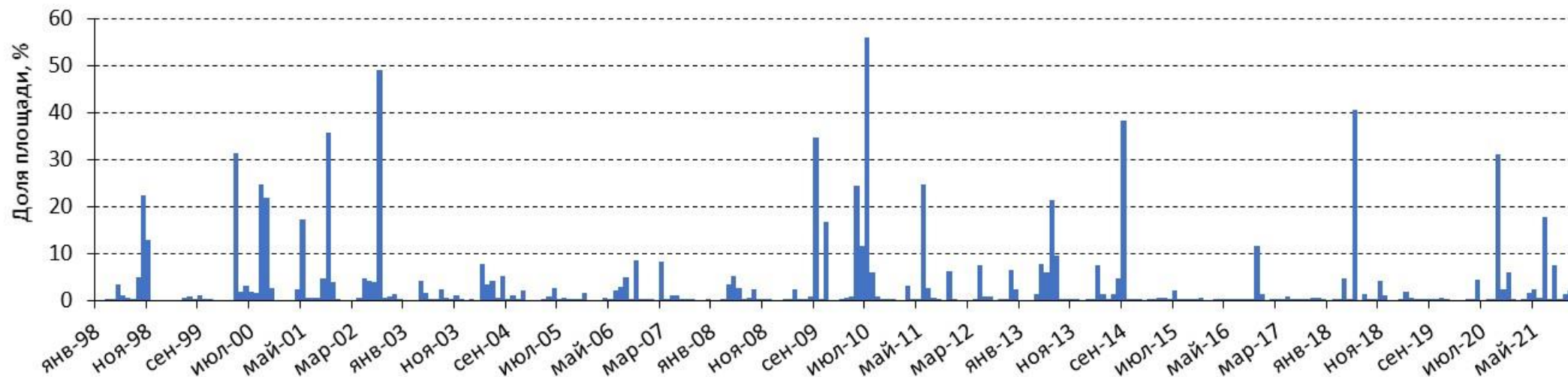
Результаты по периоду ската:

- Для кеты обеих форм и горбуши четных лет имеют значения аномалии ТПМ в год миграции молоди;
- Для горбуши нечетных лет является более значимой непосредственно температура водной среды.

Наиболее значительные аномалии ТПМ в изучаемом районе в период 1998–2021 гг.



Площадь ТПМ > % 2σ



Возможное влияние значимых аномалий ТПМ в Амурском лимане и прилегающих акваториях



Дата	Доля площади выше 2σ , %	Тип аномалий	Возможное влияние аномалий
Август 2002	48,90	Отрицательные	Не оказали влияния, массовые подходы горбуши и летней кеты прошел в июле, осенней кеты – в сентябре (Шмигирилов и др., 2002)
Июль 2010	56,02	Отрицательные	Нерестовый ход горбуши и летней кеты задержался на 10–15 дней (Островский, 2010)
Июнь 2011	24,63	Отрицательные	Неустойчивый термический режим мог стать причиной задержки подходов летней кеты (Островский, 2011)
Июль 2013	21,43	Отрицательные	Задержка сроков нерестового хода лососей в Сахалинском заливе, где отмечены значимые аномалии ТПМ (Канзепарова и др., 2013)
Сентябрь 2014	38,14	Положительные	Отмечалась высокая численность осенней кеты в Сахалинском заливе, к устью р. Амур подошло в два раза больше производителей, чем ожидалось (Канзепарова и др., 2014).
Июнь 2018	40,67	Отрицательные	Возможно одна из причин резкого снижения уловов (Колпаков, Коцюк, 2018)

Канзепарова А. Н., Козлова Т. В., Подорожнюк Е. В., Пономарев С. Д. Итоги лососевой путины в Хабаровском крае в 2014 г. // Бюллетень № 9 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток: ТИПРО-центр, 2014. – С. 48–52.

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

Колпаков Н. В., Коцюк Д. В. Неоправдавшиеся прогнозы подходов горбуши к Амуру и в Приморье в 2018 г. вероятные причины // Бюллетень № 13 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток: ТИПРО-центр, 2018. – С. 94–105.

Островский В. И. Итоги лососевой путины 2010 г. в Хабаровском крае // Бюллетень № 5 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей. – Владивосток: ТИПРО-центр, 2010. – С. 41–49.

Островский В. И. Итоги лососевой путины 2011 г. в Хабаровском крае и анализ прогноза запаса на 2012 г. // Бюллетень № 6 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток: ТИПРО-центр, 2011. – С. 216–225.

Заключение



- Анализ многолетних спутниковых данных по температуре поверхности моря показал, что в Амурском лимане и в прилегающих районах на обширных акваториях могут формироваться значительные аномалии ТПМ, достигающие экстремальных величин.
- Разложение поля температур с помощью метода ЕОФ выделило климатический сдвиг, произошедший на рубеже 2010-х годов, 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 и 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 термические условия водной среды могут стать одним из факторов, влияющих на численность и сроки подходов тихоокеанских лососей в Амурском лимане.