
ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

УДК 551.5:597.552.511(265.54)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЧИСЛЕННОСТЬ ГОРБУШИ *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* (WALBAUM, 1792) (SALMONIDAE) ЯПОНСКОГО МОРЯ В 1980–2023 гг.

© 2024 г. Т. А. Шатилина¹ (ORCID: 0009-0005-7954-9745),
Г. Ш. Цициашвили² (ORCID: 0000-0003-2600-0474),
М. А. Осипова^{2, 3} (ORCID: 0000-0001-5615-9449),
Т. В. Радченкова^{2, *} (ORCID: 0000-0003-2287-975)

¹Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО), Владивосток 690091, Россия

²Институт прикладной математики (ИПМ) ДВО РАН, Владивосток 690041, Россия

³Дальневосточный федеральный университет, Владивосток 690022, Россия

*e-mail: tarad@yandex.ru

Поступила в редакцию 09.04.2024 г.

После доработки 11.06.2024 г.

Принята к публикации 24.06.2024 г.

Рассмотрена зависимость динамики уловов горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) (Salmonidae) Японского моря от гидрометеорологических условий в районах нереста и нагула. Неблагоприятными условиями для возврата горбуши являются экстремально низкие температура воздуха в инкубационный период и температура воды в эстуарно-прибрежной стадии жизненного цикла. Благоприятными условиями для возврата горбуши являются высокие значения температуры воздуха в инкубационный период и температуры воды в Татарском проливе. С 2018 г. отмечалось похолодание вод в Татарском проливе, что негативно сказалось на возврате горбуши в реки Хабаровского и Приморского краев. Смена доминант в 1994 г. произошла при экстремальных гидрометеорологических условиях во все периоды жизненного цикла горбуши Японского моря.

Ключевые слова: горбуша *Oncorhynchus gorbuscha*, Японское море, Татарский пролив, аномалии температуры воды, смена доминант

DOI: 10.31857/S0134347524060012

Климат определяет условия воспроизводства и нагула лососей на всех речных и морских этапах жизненного цикла. О влиянии климатических факторов на динамику уловов *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) (Salmonidae) упоминалось в ряде публикаций (Пушкарева, 1975; Иванков, 1984; Гаврилов, Пушкарева, 1996; Радченко, Рассадников, 1997; Горяинов, Шатилина, 2003, 2004; Шунтов, Темных, 2011; Горяинов и др., 2013; Котенев и др., 2015; Beamish, Bouillon, 1993).

Несмотря на большое количество работ, посвященных этой проблеме, сведения о влиянии климатических факторов на динамику численности

лососей недостаточны, что приводит не только к ошибкам в прогнозах уловов, но и к неправильным оценкам тенденций динамики. Это становится очевидным при оценке эффективности прогнозирования численности и годовых уловов горбуши в рассматриваемом районе. Степень актуальности этих вопросов особенно возросла в настоящее время, когда после достижения исторического максимума вылова в 2016 г. численность возврата горбуши поколений четных лет у берегов Японского моря стала ежегодно существенно сокращаться (Назаров, Лысенко, 2018).

В ряде работ (Котенев и др., 2015; Beamish, Bouillon, 1993) в качестве основных климатических

индикаторов, влияющих на динамику уловов горбуши, используются крупномасштабные циркуляционные индексы. Мы полагаем, что для более глубокого понимания взаимосвязи динамики численности горбуши Японского моря и климата необходимо использовать и региональные индексы атмосферной циркуляции. Некоторые данные о механизмах взаимосвязи региональных колебаний климата и численности горбуши у побережья Приморского края Японского моря в период 2000–2018 гг. были представлены в работе Лысенко с соавторами (2021).

Условия среды опосредованно влияют на выживаемость скатывающейся и нагуливающейся в начале морского периода жизни молоди, выжившее количество которой является основой численности возврата поколения. Изменение гидрологического режима морских вод, вызванное определенной синоптической ситуацией, приводит к перераспределению миграционных потоков горбуши на 700-километровом участке материкового побережья Японского моря (Семенченко, 2006). Низкий хоминг горбуши (Глубоковский, Животовский, 1986), наличие большого количества слабо изолированных между собой рек, а также меняющаяся гидрометеорологическая обстановка во время ската молоди в море и на путях анадромной миграции приводят к непредсказуемым последствиям.

Показано, что аномальные термические условия в исследуемом районе формируются в результате аномальной циркуляции — экстремальных колебаний интенсивности развития и изменений локализации региональных центров действия атмосферы (Мороз и др., 2021). При этом хорошим индикатором различий в атмосферной циркуляции при экстремальных термических режимах являются барические структуры поля AT_{500} средней тропосферы, которые отличаются локализацией очагов повышения или понижения высот геопотенциала H_{500} .

В настоящей работе анализируются условия среды для жизненных циклов горбуши Японского моря в периоды экстремально высокого и низкого возвратов. Январь следует считать одним из критических месяцев для воспроизводства горбуши. В этом месяце, как правило, завершается период инкубации. Для старших поколений январь является периодом зимовки в море. В мае молодь приморской горбуши

мигрирует с нерестилищ в эстуарии и морское побережье. Эстуарно-прибрежный период обитания молоди лососей характеризуется высоким уровнем смертности из-за воздействия как биотических, так и абиотических факторов.

Особый интерес представляют климатические условия, при которых происходит уменьшение численности популяции и смена доминант. В работе предпринимается попытка решения этой важной задачи с помощью математической модели Рикера. Причем здесь особое внимание уделяется двухлетним устойчивым предельным циклам.

Цель работы — оценка влияния региональных климатических условий на численность *O. gorbuscha* Японского моря в 1980–2023 гг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Данные по вылову горбуши предоставлены ТИНРО Амурским и Приморским территориальными управлениями Росрыболовства за период с 1980 по 2023 гг.

Для анализа термического режима вод Японского моря использовали данные электронных баз ЕСИМО (<http://portal.esimo.ru/portal/>) и ВНИИГМИ-МЦД (<http://meteo.ru>) на гидрометеорологических станциях (ГМС) Советская Гавань, Сосуново и Рудная пристань за период 1980–2021 гг. На сайте (https://www.data.jma.go.jp/gmd/goos/data/rrtdb/jma-pro/cobe2_sst_glb_M.html) получены данные в области Цусимского течения (38–40° с. ш., 135–139° в. д.) за период 1982–2022 гг. Для оценки термического режима рассчитывали аномалии температуры воды относительно базового периода 1991–2020 гг.

Для выявления экстремальных климатических условий рассчитывали крупные аномалии для всех используемых параметров по формуле, опубликованной в работе Спичкина (1987). Критерием крупной аномалии является значение 1.2σ , где σ — стандартное отклонение.

В работе нас интересовало условие сдвига фазы двухлетнего цикла численности популяции в точке его минимума на единицу (Tsitsiashvili et al., 2024). Для этого рассмотрим модель Рикера $y_{n+1} = \alpha y_n \exp(-y_n)$, $n \geq 0$, где α — коэффициент роста, y_n — численность популяции в n -й момент времени. Остановимся на

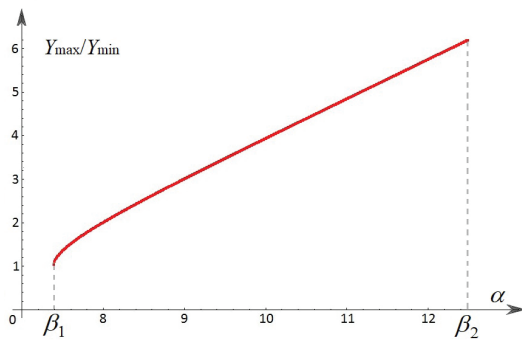


Рис. 1. График зависимости Y_{\max}/Y_{\min} от α при $\beta_1 < \alpha < \beta_2$.

модели устойчивого предельного цикла длины два, который возникает при $7.39 = \beta_1 < \alpha < \beta_2 = 12.49$ (Рикер, 1979; Шапиро, Луппов, 1983). В работе (Tsitsiashvili et al., 2024) с шагом 10^{-3} по параметру α численно были найдены три решения уравнения $y = f(f(y))$, $f(y) = \alpha y \exp(-y)$ в интервале (β_1, β_2) , при этом одно максимальное Y_{\max} , а другое минимальное Y_{\min} (значение численности популяции). Также было исследовано отношение Y_{\max}/Y_{\min} , которое можно интерпретировать, как коэффициент возврата. На рис. 1 приведен график зависимости отношения Y_{\max}/Y_{\min} от коэффициента роста α и можно отметить, что зависимость почти линейная в интервале (β_1, β_2) (рис. 1).

Приведем один пример сдвига четности устойчивого цикла в точке минимума. Пусть

$$y_{n+1} = \begin{cases} \beta_2 y_n \exp(-y_n) \alpha_n, & 0 \leq n \leq 9, n \neq 4, \\ \beta^* y_n \exp(-y_n) \alpha_n, & n = 4. \end{cases} \quad (1)$$

где $\beta^* = \exp(0.702882) \approx 2.01956$. На рис. 2 построен график функции (1), из которого видно, что последовательность y_n , $0 \leq n \leq 9$, $n \neq 4$, имеет устойчивый цикл длины два $y_0 = y_2 = y_4 = y_5 = y_7 = y_9 = 0.702882$, $y_1 = y_3 = y_6 = y_8 = 4.34697$, а при $n = 4$ происходит сдвиг четности устойчивого цикла. Это некоторый идеализированный пример сдвига четности цикла длины два. Чтобы достичь такого сдвига, нужно в момент $n = 4$ уменьшить коэффициент роста в $\beta_2 / \beta^* \approx 6.184$ раз.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Динамика численности горбуши Японского моря

С начала 1980-х годов и до 1995 г. в подходах горбуши доминировали поколения нечетных

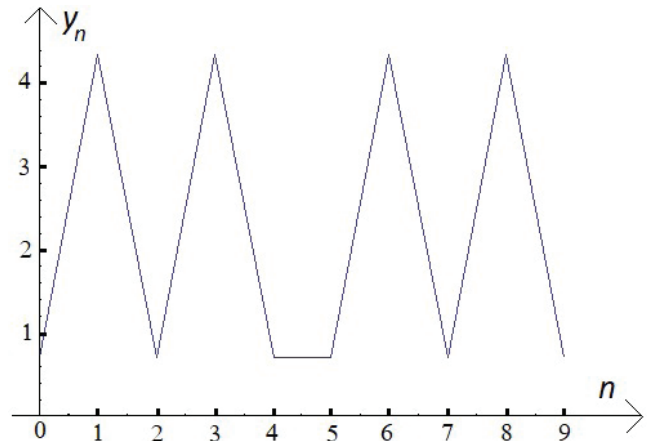


Рис. 2. График сдвига четности в модели Рикера в точке минимума.

лет (рис. 3а). В эти годы основной вылов осуществлялся прибрежным рыболовством в Хабаровском крае, доля вылова Приморского края была менее 10% — до 200 т (рис. 3а). Смена доминантных поколений приморской горбуши произошла в 1994 г., в уловах начали преобладать поколения четных лет, но по вылову продолжал доминировать Хабаровский край. С 1990-х годов прошлого века уловы приморской горбуши в годы высокой численности не превышали 15 тыс. т, в годы низких подходов сокращались до нескольких центнеров. Начиная с 2004 г., объемы вылова горбуши в Приморском крае постепенно начали увеличиваться. По сравнению с периодом 1981–1993 гг. они выросли в несколько раз (рис. 3б). В последние годы доля вылова горбуши в Приморском крае продолжала увеличиваться.

В период с 1996 г. по 2016 г. численность поколений приморской горбуши четных лет увеличивалась и достигла своего максимального значения в 2016 г. В 1995–2019 гг. на фоне благоприятной численности поколений четных лет генерации нечетных лет находились в угнетенном состоянии (рис. 3а).

Начиная с 2002 г., в Хабаровском крае наблюдалась тенденция к сокращению уловов четных, а с 2015–2019 гг. — нечетных поколений горбуши. Доля вылова горбуши на территории Приморского края увеличилась с 16 до 55% (в четные 2002–2022 гг.), а с 2015 г. возросла с 18 до 71% (Назаров, Лысенко, 2018). В период 2018–2022 гг. отмечался спад уловов горбуши Японского моря четных поколений (рис. 3б).

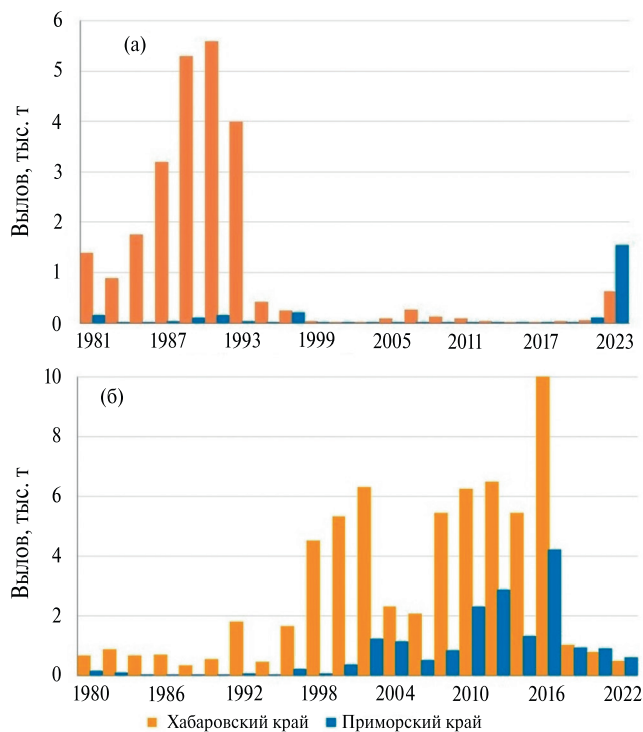


Рис. 3. Вылов горбуши Хабаровского и Приморского краев в нечетные (а) и четные годы (б) с 1980 по 2023 г.

Впервые с начала XXI века промысловые уловы малочисленных поколений нечетных лет в Приморском крае увеличились в 10 раз (до 1.5 тыс. т.), а в Хабаровском крае сократились (рис. 3а).

Изменчивость термического режима вод Японского моря

Из внешних факторов, оказывающих существенное влияние на распределение миграционных потоков горбуши, доминирующими являются температура воды, воздуха и осадки. О влиянии температуры воды в Татарском проливе на подходы горбуши Японского моря упоминалось в работе Пушкаревой (1975). На рис. 4 представлена изменчивость аномалий температуры воды в Татарском проливе и в южной части Японского моря в 1982–2022 гг.

В последние годы в мае в Татарском проливе наблюдалось похолодание, а в южной части Японского моря потепление (рис. 4а). Противоположность между ходом аномалий температуры воды в Татарском проливе и в области Цусимского течения отмечена и в июне (рис. 4б).

В Татарском проливе экстремально холодными в мае были 1987, 1992 и 1999 гг., в июне — 1985,

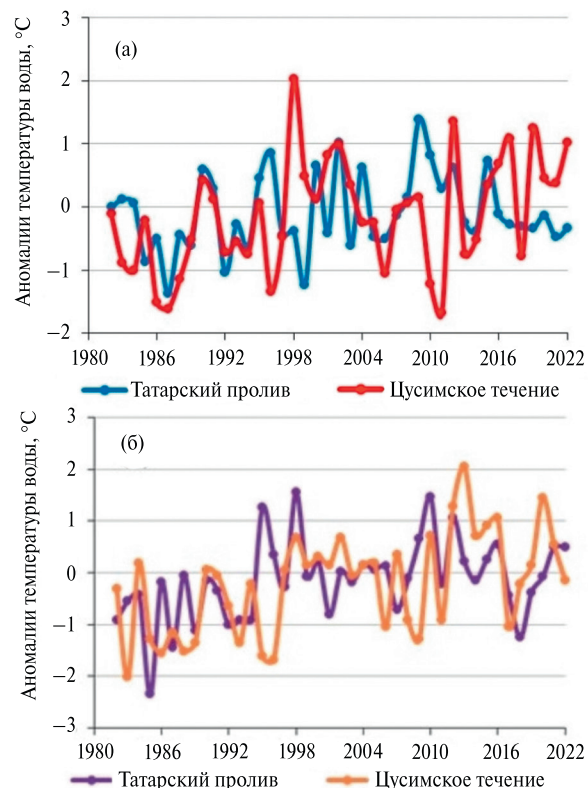


Рис. 4. Аномалии температуры воды в Татарском проливе и в области Цусимского течения в мае (а) и июне (б) с 1982 по 2022 г.

1987, 1992, 1993, 1994 и 2018 гг. Экстремально теплыми в мае были 1996, 2002 и 2009 гг., в июне — 1995, 1998, 2010 и 2012 гг. Большинство холодных лет приходилось на 80-е годы прошлого века, когда уловы горбуши были низкими. Экстремально низкая температура воды в июне 2018 г. согласовывалась с началом снижения уловов горбуши четной линии. В области Цусимского течения экстремально низкая температура воды была в мае 1986, 1987, 2009 гг., в июне она отмечена в 1983, 1986, 1995, 1996 и 2009 гг. В области Цусимского течения экстремально теплыми в мае были 1998, 2012 и 2019 гг., в июне — 2012 и 2013 гг. Высокая температура воды в области Цусимского течения в 1998 и 2012 гг. коррелировала с высокими выловами горбуши в Хабаровском крае.

Поскольку основными факторами, влияющими на выживаемость горбуши, являются температура воздуха в период инкубации, а также температура воды в период ската молоди и анадромных миграций, представим

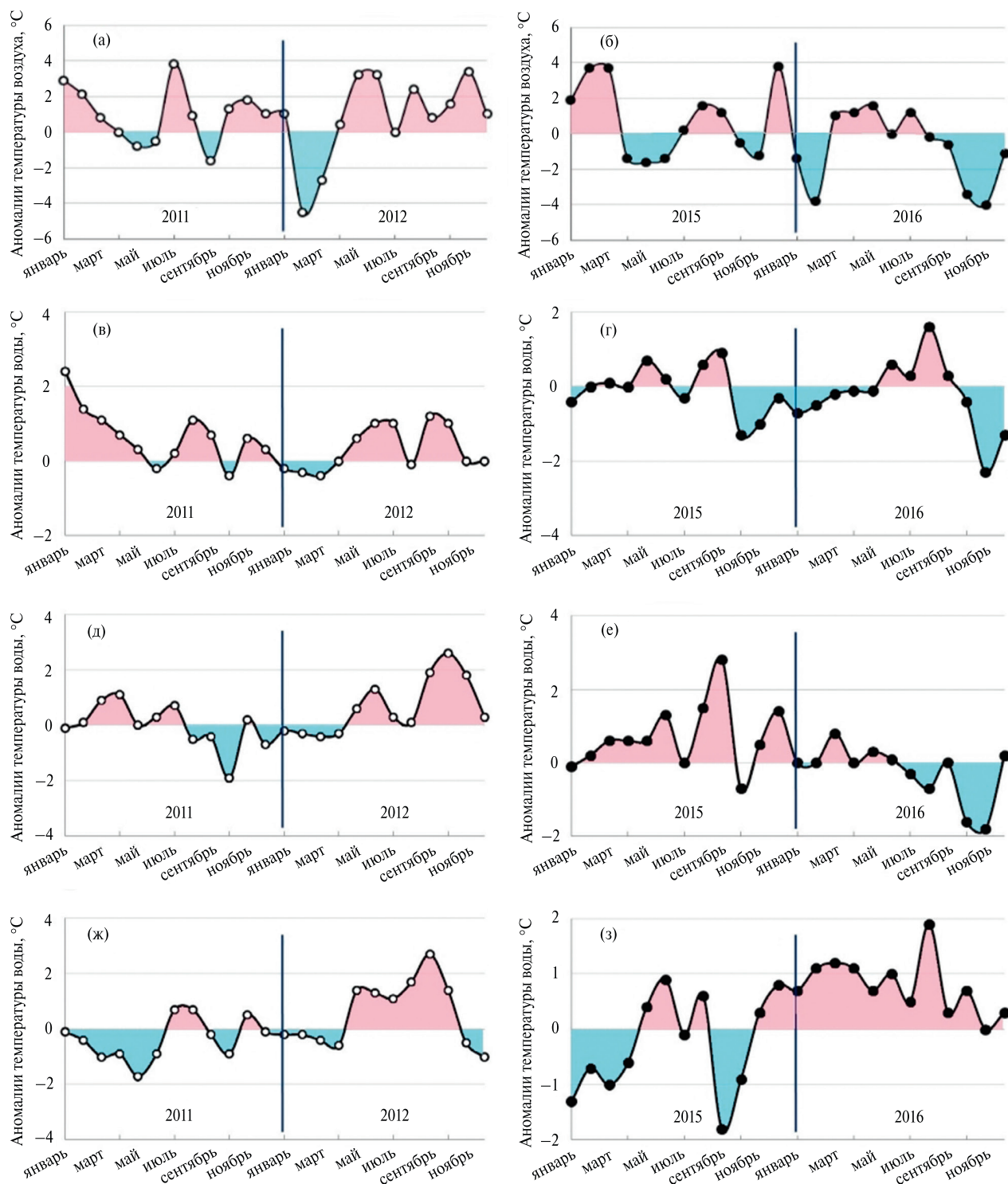


Рис. 5. Годовой ход аномалий температуры воздуха на ГМС Николаевск-на-Амуре в 2011 и 2012 гг. (а), в 2015 и 2016 гг. (б); аномалий температуры воды в Татарском проливе в 2011 и 2012 гг. (в), в 2015 и 2016 гг. (г); аномалий температуры воды на ГМС Рудная пристань в 2011 и 2012 гг. (д), в 2015 и 2016 гг. (е) и в области Цусимского течения в 2011 и 2012 гг. (ж) и в 2015 и 2016 гг. (з).

внутригодовой ход аномалий этих факторов в годы высоких и низких возвратов горбуши как в Приморском, так и в Хабаровском краях.

Условия среды при высоких возвратах горбуши

Высокие возвраты горбуши в реки Приморского и Хабаровского краев отмечены в 2012 и 2016 гг.

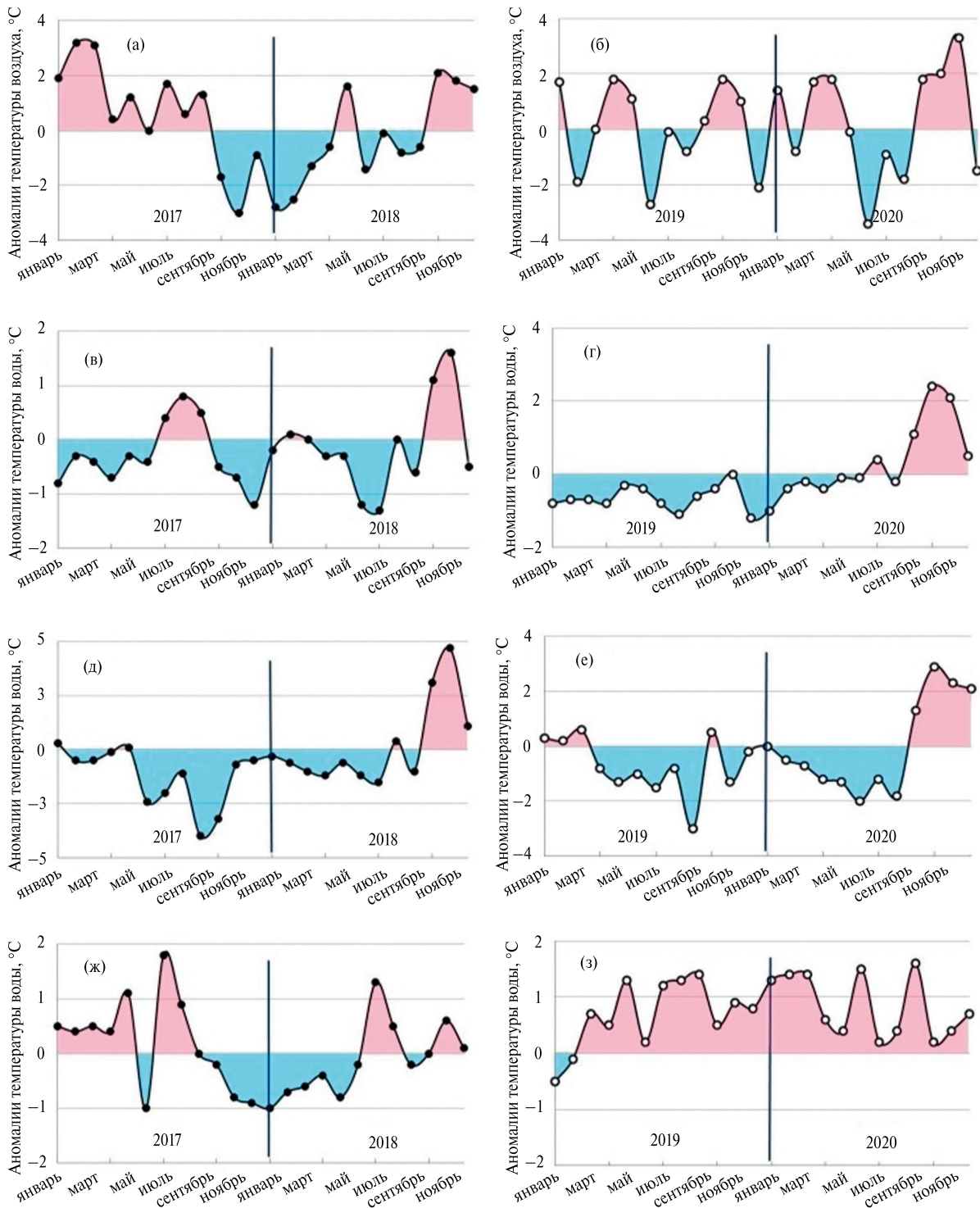


Рис. 6. Годовой ход аномалий температуры воздуха на ГМС Николаевск-на-Амуре в 2017 и 2018 гг. (а), в 2019 и 2020 гг. (б); аномалий температуры воды в Татарском проливе в 2017 и 2018 гг. (в), в 2019 и 2020 гг. (г); аномалий температуры воды на ГМС Рудная пристань в 2017 и 2018 гг. (д), в 2019 и 2020 гг. (е) и в области Цусимского течения в 2017 и 2018 гг. (ж) и в 2019 и 2020 гг. (з).

(рис. 3б). На рис. 5 представлены аномалии температуры воздуха на ГМС Николаевск-на-Амуре, аномалии температуры воды в Татарском проливе,

на ГМС Рудная Пристань и в области Цусимского течения в 2012 и 2016 гг. (напомним, что в 2016 г. отмечался исторический максимум вылова горбуши).

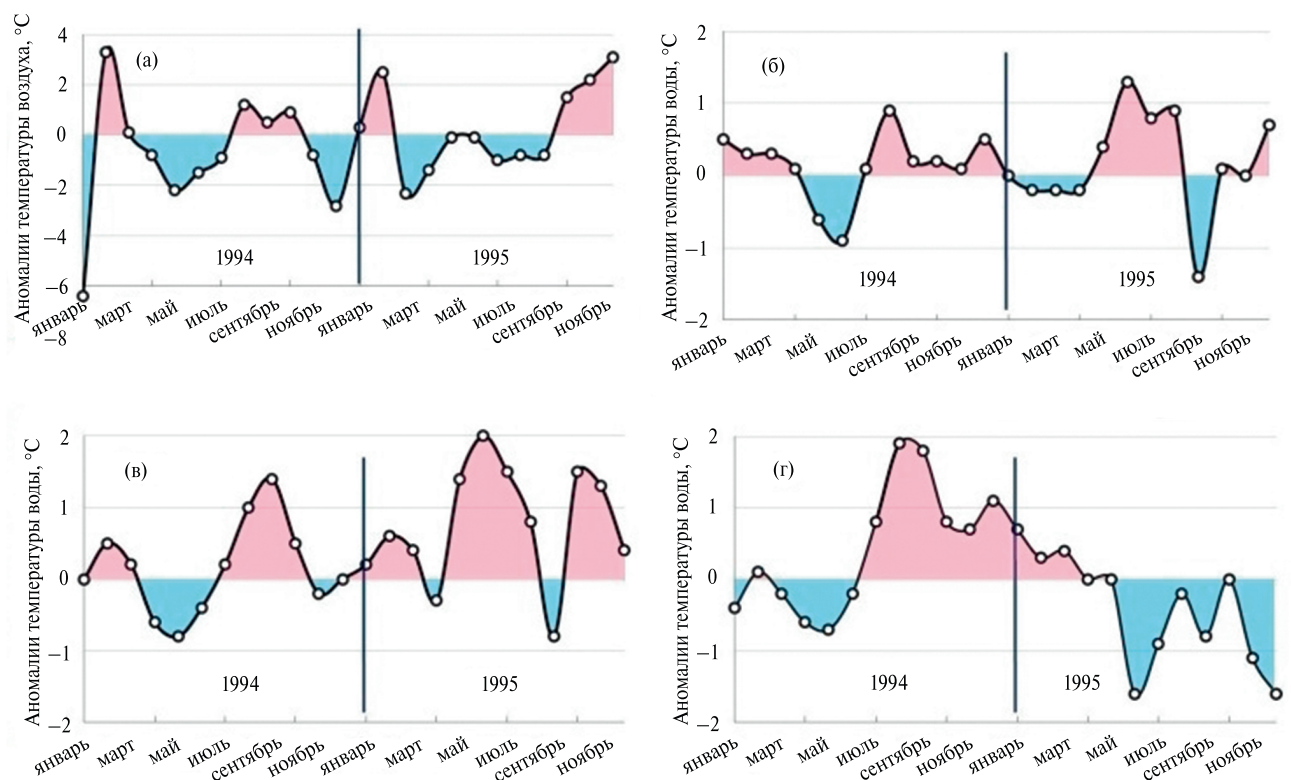


Рис. 7. Годовой ход аномалий температуры воздуха на ГМС Николаевск-на-Амуре (а) и аномалий температуры воды в Татарском проливе (б), на ГМС Советская Гавань (в) и в области Цусимского течения (г) в 1994 и 1995 гг.

В январе 2011 и 2015 гг. экстремально высокая температура воздуха отмечена на ГМС Николаевск-на-Амуре и Советская Гавань (рис. 5а, 5б). В мае и в июне 2011 и 2015 гг. температура воды в Татарском проливе была около и выше нормы (рис. 5в, 5г). В 2012 г. аномалии температуры воды в Татарском проливе были экстремально высокими (рис. 5в). В 2016 г. температура воды в этом районе была выше нормы в июне (рис. 5г). Экстремально высокая температура воды в 2016 г. отмечена на ГМС Советская Гавань в мае. На ГМС Рудная Пристань, как и в Татарском проливе, в мае и в июне 2011 и 2015 гг. отмечены положительные аномалии, а экстремально высокая температура воды была в июне 2015 г. (рис. 5д, 5е).

В 2011 и 2015 гг. в южных районах Японского моря температура воды была низкой с января по апрель (рис. 5ж, 5е), в мае и июне 2015 г. она повысилась, а в 2011 г. оставалась ниже нормы. В южных районах Японского моря температура воды в 2012 и 2015 гг. отличалась положительными аномалиями (рис. 5ж, 5з).

Условия среды при низких возвратах горбуши

Низкие возвраты горбуши четной линии отмечены в 2018 и 2020 гг., уловы горбуши в основных рыбопромысловых районах Хабаровского края составили 1032 и 782 т, в районах Приморского края — 930 и 903 т. Условия среды этих лет представлены на рис. 6. В 2017 г. экстремально высокая температура воздуха на ГМС Николаевск-на-Амуре и Советская Гавань отмечена в феврале и марте (рис. 6а), осадков было несколько больше нормы. В 2019 г. температура воздуха на ГМС также была выше нормы (рис. 6б).

В 2017 и 2019 гг. низкая температура воды в Татарском проливе отмечена с января по июнь (рис. 6в, 6г). Экстремально низкую температуру воды в 2017–2020 гг. наблюдали на ГМС Рудная Пристань (рис. 6д, 6е), которая расположена в области холодного Приморского течения. В области Цусимского течения в 2017 г. отмечены положительные, а в 2018 г. — отрицательные аномалии температуры воды (рис. 6ж). В 2019 и 2020 гг. экстремально высокую температуру

Таблица 1. Аномалии геопотенциала H_{500} (дам)* над областью ТЛ и ВФЗ в январе и над областью ТД и ГА в мае–июле в годы высокого и низкого возвратов горбуши и смены доминант

ЦДА	Месяц	1994	1995	2011	2012	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ТЛ	Январь	–5.4	2.3	–0.2	4.3	7.2	–4.6	3.9	1.2	–0.3	2.8
ВФЗ	Январь	2	–2	–6.6	–5.1	–0.6	2.9	–2	1.9	–3	5.2
ТД	Май	–3.1	–0.1	–2.9	10.2	–5.1	2.7	–0.4	2.9	6.5	–3.1
	Июнь	–0.9	–1	–4.1	3	–2.3	1.6	–2.3	–1.8	–4.8	0
	Июль	–1.7	–3.9	5.1	2.4	–1.4	6.9	–1	3.1	0.9	0.6
ГА	Май	1	1.4	0.7	0.5	2.7	2.7	2.2	4.5	0	2.1
	Июнь	–0.6	–1.8	0.5	–1.7	2.1	1.4	1	2.2	1.4	1.9
	Июль	–0.1	–0.8	0.1	0.6	2.4	0.4	1.6	2	1.1	2.4

*Единица измерения аномалии геопотенциала H_{500} .

Условные обозначения: ЦДА – центры действия атмосферы; ТЛ – тропосферная ложбина у восточного побережья Азии; ВФЗ – высотная фронтальная зона над северо-западом Тихого океана; ТД – холодная тропосферная депрессия над Охотским морем; ГА – гребень гавайского антициклона.

воды на юге Японского моря наблюдали в июне (рис. 6з).

Гидрометеорологические условия при смене доминант

В четном 1994 г. наблюдали минимум уловов (444 т), который оставался низким и в нечетном 1995 г. (410 т). На рис. 7 представлены условия среды в 1994 и 1995 гг., когда произошла смена доминант и уловы нечетной линии были низкими.

В январе 1994 г. отмечена экстремально низкая температура воздуха на всех ГМС материковой части Японского моря, в Николаевске-на-Амуре отрицательная аномалия составила -6°C (рис. 7а). В мае и июне экстремально низкую температуру воды наблюдали в Татарском проливе и на ГМС Советская Гавань (рис. 7б, 7в). В области Цусимского течения в 1994 г. в весенний период температура воды была ниже нормы (рис. 7г).

Особенности атмосферной циркуляции при низких и высоких возвратах горбуши

Одной из причин изменчивости термического режима вод Японского моря являются особенности циркуляции атмосферы над Дальним Востоком. В зимний период у восточного побережья Азии располагается тропосферная

ложбина (ТЛ), от интенсивности которой зависит адвекция холодного воздуха на нерестовые районы горбуши. Над северо-западом Тихого океана располагается высотная фронтальная зона (ВФЗ), являющаяся границей теплых и холодных воздушных масс. В мае–июне большая часть Охотского моря находится под воздействием холодной тропосферной депрессии (ТД), южные районы Японского моря находятся под воздействием гребня гавайского антициклона (ГА).

Для оценки интенсивности региональных центров действия атмосферы (ЦДА) в периоды высокого и низкого возвратов горбуши были рассчитаны аномалии геопотенциала H_{500} над областью ТЛ и ВФЗ в январе, над ТД и ГА в мае–июле (табл. 1).

В январе экстремально высокие значения H_{500} над областью тропосферной ложбины отмечены в 2012 и 2015 гг., что обусловило экстремально высокие температуры воздуха над районами воспроизводства (рис. 5). В 1994 г. над областью ложбины наблюдали экстремально низкие значения H_{500} , что обусловило чрезвычайно низкую температуру воздуха и осадков в инкубационный период горбуши. В период высокого возврата ТД над Охотским морем не была интенсивной, а в периоды низкого возврата ее интенсивность повышалась в мае (2020) и в июне (2018). С 2015 г. отмечено усиление влияния гавайского антициклона

на южную часть Японского моря, что согласовывалось с ростом температуры воды в этом районе Японского моря.

ОБСУЖДЕНИЕ

Наблюдаемые тенденции роста температуры воды в области Цусимского течения согласуются с увеличением доли горбуши в зоне Приморья, а снижение температуры воды в Татарском проливе — с падением уловов в северных районах Татарского пролива. Высокий возврат горбуши в Хабаровский и Приморский края наблюдался при аномально высоких температурах воздуха в инкубационный период и воды в эстуарно-прибрежный период, а также в период анадромных миграций. Низкая температура воды в Татарском проливе и в области Приморского течения могла быть одной из причин низкого возврата горбуши Японского моря, в особенности горбуши в Хабаровском крае. В Приморском крае такого резкого спада уловов горбуши не отмечено.

При смене доминант, которая отмечена в 1994 г., наблюдали экстремально низкую температуру воздуха над районами нереста в январе, низкие значения осадков и низкую температуру воды в Татарском проливе в мае и июне. Смена доминант в 1994 г. произошла при изменении режима климатической ложбины в январе, ее интенсивность резко усилилась, что явилось причиной чрезвычайно низкой температуры воздуха над нерестовыми реками. В том же году отмечено углубление тропосферной депрессии над Охотским морем, что явилось причиной низких значений температуры воды в Татарском проливе.

Предложена климатическая причина смены доминант с помощью модели Рикера. Она определяется изменчивостью региональных центров действия над Дальним Востоком, под влиянием которых формируется термический и динамический режимы в Японском море и условия жизненных циклов горбуши.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета организаций. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В данной работе отсутствуют исследования человека или животных. Данные по вылову горбуши предоставлены Амурским и Приморским территориальными управлениями Росрыболовства.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гаврилов Г.М., Пушкарева Н.Ф.* Динамика численности приморской горбуши // Изв. ТИНРО. 1996. Т. 119. С. 178–193.
- Глубоковский М.К., Животовский Л.А.* Популяционная структура горбуши: система флуктуирующих стад // Биол. моря. 1986. Т. 2. С. 39–44.
- Горяинов А.А., Крупянка Н.И., Шатилина Т.А.* Сравнительный анализ динамики уловов приморской и амурской горбуши // Бюлл. № 8 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. 2013. С. 106–118.
- Горяинов А.А., Шатилина Т.А.* Динамика азиатской горбуши и климатические изменения над азиатско-тихоокеанским регионом в XX веке // Биол. моря. 2003. Т. 29. № 6. С. 429–435.
- Горяинов А.А., Шатилина Т.А.* Океанологические основы распределения, миграций и динамики численности лососей в Японском море. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Японское море. СПб.: Гидрометеиздат, 2004. Т. 8. № 2. С. 175–201.
- Иванков А.М.* Причины периодических и ежегодных флуктуаций численности и изменений биологических признаков горбуши Южных Курильских островов // Вопр. ихтиологии. 1984. Т. 24. № 6. С. 895–906.
- Котенев Б.Н., Кровнин А.С., Кловач Н.В. и др.* Влияние климато-океанологических факторов на состояние основных запасов горбуши в 1950–2015 гг. // Тр. ВНИРО. 2015. Т. 158. С. 143–161.
- Лысенко А.В., Шатилина Т.А., Гайко Л.А.* Влияние гидрометеорологических условий на динамику вылова (численности) приморской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Salmonidae) на основе ретроспективных данных (Японское море, Татарский пролив) // Вопр. ихтиологии. 2021. Т. 61. № 2. С. 206–218.

- Мороз В.В., Шатилина Т.А., Рудых Н.И. Формирование аномальных термических режимов в северной части Татарского пролива и Амурского лимана под воздействием атмосферных процессов // Вестн. ДВО РАН. 2021. № 6. С. 101–110.
- Назаров В.А., Лысенко А.В. Итоги лососевой путины 2018 г в Приморском крае // Бюлл. № 13 реализации “Концепции Дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей”. 2018. С. 240–254.
- Пушкарева Н.Ф. Состояние запасов приморской горбуши и пути увеличения ее численности // Тр. ВНИРО. 1975. Т. 106. С. 106–113.
- Радченко В.И., Рассадников О.А. Тенденции многолетней динамики запасов азиатских лососей и определяющие ее факторы // Изв. ТИНРО-Центра. 1997. Т. 122. С. 72–92.
- Рикер У.Е. Методы оценки и интерпретации биологических показателей популяций рыб. М.: Пищевая промышленность. 1979.
- Семенченко А.Ю. Приморская горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*) в прибрежный и речной периоды жизни. Часть 1. Динамика численности // Бюлл. № 1 реализации “Концепции Дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей”. 2006. С. 98–114.
- Спичкин В.А. Определение критерия крупной аномалии // Тр. ААНИИ. 1987. Т. 402. С. 15–20.
- Шапиро А.П., Луннов С.П. Рекуррентные уравнения в теории популяционной биологии. М.: Наука, 1983. 132 с.
- Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических системах. Т. 2. Владивосток: Изд-во ТИНРО-Центра, 2011. 473 с.
- Beamish R.J., Bouillon D.R. Pacific salmon production trends in relation to climate // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1993. V. 50. P. 1002–1016.
- Tsitsiashvili G., Shatilina T., Osipova M., Radchenkova T. Limit cycles of length two in the Ricker model and their application in fishing // Reliab.: Theory Appl. 2024. V. 1. № 77. P. 790–795.

Assessment of the Effect of Regional Climate Conditions on Abundance of Pink Salmon, *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) (Salmonidae), in the Sea of Japan in 1980–2023

T. A. Shatilina^a, G. Sh. Tsitsiashvili^b, M. A. Osipova^{b, c}, T. V. Radchenkova^b

^aPacific Branch, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (TINRO), Vladivostok 690091, Russia

^bInstitute of Applied Mathematics (IAM), Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok 690041, Russia

^cFar Eastern Federal University, Vladivostok 690022, Russia

The relationship of catch dynamics of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) (Salmonidae) from the Sea of Japan with hydrometeorological conditions at the spawning and feeding grounds is studied. The unfavorable conditions for pink salmon runs are an extremely low air temperature during incubation and water temperature during the estuarine—coastal life-history stage. The favorable conditions for pink salmon runs are a high air temperature during incubation and water temperature in the Tatar Strait during downstream migration and the early marine stage. Since 2018, a cooling of waters in the Tatar Strait has been observed, which has affected pink salmon runs to the rivers of Khabarovsk Krai and Primorsky Krai. The shift of dominant year-classes in 1994 occurred under extreme hydrometeorological conditions at all life-history stages of pink salmon in the Sea of Japan.

Keywords: pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha*, Sea of Japan, Tatar Strait, water temperature anomalies, shift in dominance