

Изменчивость температуры воды и воздуха вдоль побережья Восточного Приморья и Хабаровского края по данным наблюдений на гидрометеорологических станциях

Л. А. Гайко

*Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева Дальневосточного отделения
Российской академии наук, Владивосток, Россия*

✉ gayko@yandex.ru

Поступила в редакцию 29.01.2022; одобрена после рецензирования 12.04.2022;
принята к публикации 04.05.2022.

Цель. В продолжение ведения температурного мониторинга выявить особенности динамики внутри- и межгодового хода температуры воды и воздуха вдоль северо-западного берега Японского моря и западного берега Татарского пролива за период 1950–2020 гг. – цель данной работы *Методы и результаты.* По данным наблюдений на трех гидрометеорологических станциях (ГМС): Рудная Пристань, Сосуново и Советская Гавань (из фонда Приморского УГМС), расположенных вдоль морского побережья, проведено исследование пространственно-временной структуры среднемесячной температуры воды и воздуха. При сравнении распределения температуры внутри года выявлено, что в отдельные месяцы на станциях, расположенных севернее, она может быть выше, чем на станциях, расположенных южнее, т. е. между станциями нарушается зональность в распределении температуры. Сравнение аномалий температур от базовой и оперативной климатических норм, вычисленных соответственно для периодов 1961–1990 и 1981–2010 гг. (рекомендованных Всемирной метеорологической организацией), показало, что температуры воды и воздуха на станциях в основном были ниже оперативной, но выше базовой нормы. При исследовании межгодовой изменчивости температур с помощью регрессионного анализа значимый на 5%-ном уровне положительный линейный тренд был выявлен: в ходе температуры воды – на ГМС Советская Гавань и Сосуново, температуры воздуха – на всех ГМС. Показано, что на станциях отмечен рост не только среднегодовых значений температуры, но и по сезонам, только с различной скоростью. Наибольшее повышение температуры воды на станциях происходит в теплый сезон, с максимумом на ГМС Сосуново (0,24°C / 10 лет), температуры воздуха – в холодный сезон, с максимумом на ГМС Советская Гавань (0,31°C / 10 лет). С помощью интегральных кривых аномалий температур от среднего многолетнего начиная примерно с 1950 г. были выделены длительные тенденции понижения температуры воды и воздуха до 1986–1988 гг., после чего происходит резкий подъем интегральной кривой до 1995 г., затем рост температуры приостанавливается до 2001 г. и вновь идет подъем до 2020 г.

Выводы. В целом за исследуемый период на побережье Восточного Приморья и Хабаровского края с 50-х гг. прошлого века преобладали в основном отрицательные аномалии температуры воды и воздуха, а с конца 80-х гг. вплоть до 2020 г. стали доминировать положительные аномалии. Рост температуры в современный период в этом регионе характеризуется устойчивым статистически значимым положительным линейным трендом и увеличением климатических норм, т. е. прослеживается тенденция повышения температуры вдоль всего побережья.

Ключевые слова: аномалии температуры, гидрометеорологические станции, климатические нормы, региональный климат, температура поверхностного слоя морской воды, температура воздуха, температурный тренд, Татарский пролив, Японское море

© Гайко Л. А., 2022

Благодарности: работа выполнена в рамках госбюджетной темы ТОИ ДВО РАН, № регистрации 121021700346-7. Автор выражает благодарность руководству и сотрудникам Приморского территориального управления по гидрометеорологии и контролю природной среды за представленные архивные материалы, а также благодарит рецензента и редакторов журнала за высказанные конструктивные замечания.

Для цитирования: Гайко Л. А. Изменчивость температуры воды и воздуха вдоль побережья Восточного Приморья и Хабаровского края по данным наблюдений на гидрометеорологических станциях // Морской гидрофизический журнал. 2022. Т. 38, № 4. С. 389–404. doi:10.22449/0233-7584-2022-4-389-404

Variability of Water and Air Temperature along the Coast of the Eastern Primorye and Khabarovsk Territory Based on the Weather Station Data

L. A. Gayko

V. I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia
✉ gayko@yandex.ru

Abstract

Purpose. The study is aimed at identifying (within the framework of continuous temperature monitoring) the features of annual and interannual dynamics of water and air temperature along the northwest coast of the Sea of Japan and the western coast of the Tatarsky Strait in 1950–2020.

Methods and Results. Spatial-temporal structure of the monthly average water and air temperature was analyzed based on the data obtained at the coastal weather stations, namely Rudnaya Pristan, Sosunovo and Sovetskaya Gavan (the Primorsky TWSD archive). Comparison of the intra-annual temperature distribution revealed the fact that in particular months, at the stations located to the north, it can be higher than that at the stations located to the south. In other words, the latitudinal temperature distribution correlation between the weather stations was broken, which was probably due to the local water circulation. Having been compared, the temperature anomalies calculated by the basic (1961–1990) and current (1981–2010) climatic normals (recommended by WMO for each station and medium) showed that both water and air temperature at the stations were mostly lower than the current normal, yet above the basic one. The regression analysis of interannual temperature variability revealed a positive linear trend with the 5% confidence level in the water temperature dynamics at the Sovetskaya Gavan and Sosunovo weather stations, and in the air temperature dynamics – at all the weather stations. It is shown that the coastal weather stations recorded increase not only of the temperature annual average values, but also of the seasonal ones, although at different rates. At the coastal stations, the water temperature increase is the highest during a warm season with its maximum at the Sosunovo weather station (0.24°C / 10 years), whereas that of the air temperature – during a cold season with its maximum at the Sovetskaya Gavan weather station (0.31°C / 10 years). The integral curves of temperature anomalies against the mean multi-year value were used to identify long-term trends of the water and air temperature decrease starting from around 1950 up to 1986–1988, that was followed by abrupt ascend of the integral curve till 1995. Then the temperature increase suspended up to 2001 and further ascended till 2020.

Conclusions. On the whole over the studied period, at the coast of the eastern Primorye and Khabarovsk territory, mainly negative anomalies of the water and air temperature were predominant starting from the 50ies of the last century, whereas from the late 80ies up to 2020, the positive anomalies dominated. At present temperature rise in the region under study is characterized by a stable statistically significant positive linear trend and by an increase in the climatic normals, i.e. a tendency to temperature increase along the whole coast is observed.

Keywords: temperature anomaly, coastal weather station, climatic normal, regional climate, water temperature, air temperature, temperature trend, Tatarsky Strait, Sea of Japan

Acknowledgments: the work was carried out within the framework of the state budget theme of POI FEB RAS, registration No. 121021700346-7. The author expresses gratitude to the management and employees of the Primorsky Territorial Administration for Hydrometeorology and Natural Environment Control for the provided archival materials, and to the reviewer and editors of the Journal for their constructive remarks.

For citation: Gayko, L.A., 2022. Variability of Water and Air Temperature along the Coast of the Eastern Primorye and Khabarovsk Territory Based on the Weather Station Data. *Physical Oceanography*, 29(4), pp. 363-378. doi:10.22449/1573-160X-2022-4-363-378

Введение

Район исследования охватывает северо-западное побережье Японского моря и западное побережье Татарского пролива и расположен в умеренных широтах с муссонным характером атмосферной циркуляции¹. Существенное влияние на климат района оказывают холодное Приморское течение, ответвления теплого Цусимского течения и местная циркуляция вод^{2, 3} [1–3]. Всю рассматриваемую прибрежную зону с запада ограничивает Сихотэ-Алиньский хребет, имеющий высоту более 1000 м, который также играет важную роль в формировании термического режима всего побережья, в том числе рек, берущих начало в горах и впадающих в Японское море и Татарский пролив. В свою очередь реки являются нерестилищами одной из основных промысловых лососевых рыб – приморской горбуши [4, 5]. В современный период на фоне глобального изменения климата одной из важнейших задач климатологии является изучение региональных климатических изменений, в том числе и в прибрежных районах, которым придается большое как научное, так и практическое значение^{4, 5}. Актуальным является также нахождение наиболее уязвимых мест, влияющих на термический режим прибрежной зоны, путем анализа рядов инструментальных данных гидрометеорологических наблюдений, что позволит в дальнейшем прогнозировать развитие фоновых факторов и предлагать рекомендации при усилении их активности [6]. В настоящее время исследованию климатических изменений по регионам посвящено много работ [7–10]. Одним из показателей климатических изменений является изменение климатических норм, вычисленных за последовательные периоды времени. Климатическая норма – это средняя величина метеорологического элемента, статистически полученная из многолетнего ряда наблюдений за ним в данной местности [11]. Всемирной метеорологической организацией (ВМО) в качестве базового периода осреднения был рекомендован период в 30 лет (начиная с 1901–1930 гг.). В связи с происходящими климатическими изменениями ВМО приняла новый технический регламент оценки изменений климата: для поддержания долгосрочной оценки климата будет использоваться

¹ Климат Владивостока. Л. : Гидрометеиздат, 1983. 248 с.

² Юрасов Г. И., Яричин В. Г. Течения Японского моря. Владивосток : ДВО АН СССР, 1991. 172 с.

³ Лоция северо-западного берега Японского моря от реки Туманная до мыса Белкина. СПб. : ГУНИО МО РФ, 1996. 360 с.

⁴ Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom; N. Y., USA : Cambridge University Press, 2013. 1535 p.

⁵ Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации : общее резюме. М. : Росгидромет, 2014. 60 с.

базовый исторический ряд (1961–1990 гг.), а для целей мониторинга климата и оценки оперативных изменений – новая оперативная норма (1981–2010 гг.) [11].

Выбор для исследования климатических изменений побережья Восточного Приморья и Хабаровского края обусловлен тем, что этот район имеет сложный рельеф местности, влияющий на атмосферную циркуляцию; прибрежные воды характеризуются сложной системой течений и различными гидрологическими параметрами бассейнов. Полученные результаты могут иметь также важное практическое значение, в том числе для изучения путей миграции приморской горбуши, так как изменение климатических условий приводит к перераспределению миграционных потоков горбуши вдоль побережья [4, 5]. Изучению изменчивости гидрологических условий рассматриваемых прибрежных районов автор посвятила более 20 лет, что отражено в статьях, материалах конференций ^{6, 7}, монографиях [5, 12–15]. Данное исследование является продолжением работы по ведению температурного мониторинга у российского побережья Японского моря и Татарского пролива и направлено на выявление закономерностей пространственного распределения и временных изменений характеристик термической структуры океана и атмосферы с учетом данных наблюдений на прибрежных станциях за последние годы.

Целью настоящей работы является исследование температурных особенностей прибрежных районов Восточного Приморья и Хабаровского края по многолетним данным наблюдений на гидрометеорологических станциях (ГМС) за 1950–2020 гг. Для этого были поставлены следующие задачи: выявить особенности внутригодового хода температуры; рассчитать для каждой станции базовую и оперативную температурные нормы для 30-летних периодов, рекомендованных ВМО; рассчитать аномалии температуры каждой среды по станциям относительно климатических норм и среднего многолетнего значения; выявить особенности многолетней динамики средней месячной и средней годовой температуры воды и воздуха в прибрежной зоне по данным ГМС; выявить и оценить климатические тренды во временном ходе температуры воды и воздуха; провести анализ изменчивости температуры по станциям относительно каждого нормального (30-летнего) ряда; выявить резкие изменения в многолетнем ходе температур за период наблюдений с помощью интегрально-разностных кривых аномалий годовых значений температур.

Материалы и методы

В настоящее время наблюдения гидрометеорологического режима рассматриваемого района проводятся всего на трех ГМС: Советская Гавань (СЗ Татарского пролива, Хабаровский край); Сосуново (ЮЗ Татарского пролива,

⁶ Гайко Л. А. Особенности температурного фона прибрежной зоны Приморского края по многолетним данным гидрометеорологических станций (северо-западная часть Японского моря) // Моря России: фундаментальные и прикладные исследования: тезисы докладов всероссийской научной конференции. Севастополь : ФГБУН ФИЦ МГИ, 2019. С. 174–175.

⁷ Гайко Л. А. Многолетняя изменчивость температуры воды и воздуха вдоль российского побережья Японского моря / 5-я Всероссийская научно-техническая конференция «Технические проблемы освоения Мирового океана», 30 сентября – 4 октября 2013 г., Владивосток, Россия : материалы конференции. Владивосток, 2013. С. 335–340.

Приморский край) и Рудная Пристань (СЗ Японского моря, Приморский край) (рис. 1). В работе использованы многолетние данные наблюдений температуры поверхностного слоя морской воды и температуры приземного воздуха, полученные на этих станциях за период 1950–2020 гг.

Среднемесячные данные наблюдений температуры были выбраны из фонда Приморского территориального управления по гидрометеорологии и контролю природной среды. По данным наблюдений для каждой станции были вычислены: базовая и оперативная климатические нормы по температуре для климатических периодов ВМО (III (1961–1990 гг.) и IV (1981–2010 гг.)) путем нахождения среднемесячных значений температуры воды и воздуха за соответствующие 30 лет; среднее многолетнее значение параметров за весь период исследования (1950–2020 гг.); среднегодовые значения элементов.

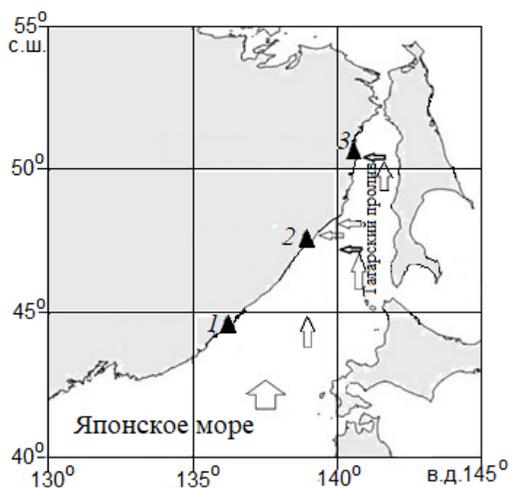


Рис. 1. Расположение ГМС: 1 – Рудная Пристань (ЮВ Приморья, север Японского моря); 2 – Сосуново (СВ Приморья, ЮЗ Татарского пролива); 3 – Советская Гавань (ЮВ Хабаровского края, СЗ Татарского пролива); схема генеральных направлений $\hat{\uparrow}$ анадромной миграции и районы массовых подходов \leftrightarrow горбуши в Японском море вдоль берегов Приморского и Хабаровского края в 2018 г. ⁸

Fig. 1. Location of coastal weather stations: 1 – Rudnaya Pristan (SE of Primorye, north of the Sea of Japan); 2 – Sosunovo (NE of Primorye, SW of the Tatarsky Strait); 3 – Sovetskaya Gavan (SE of the Khabarovsk territory, NW of the Tatarsky Strait); scheme of general directions $\hat{\uparrow}$ of anadromous migration of pink salmon and the areas of its mass approaches \leftrightarrow in the Sea of Japan along the coasts of the Primorsky and Khabarovsk territories in 2018 ⁸

Для выявления особенностей изменчивости температурного режима были рассчитаны отклонения температуры воды и воздуха от соответствующей климатической нормы, а также от среднего многолетнего значения. Для определения сдвигов в многолетнем ходе температуры были построены интегрально-разностные кривые аномалий от среднего многолетнего значения.

⁸ Назаров В. А., Лысенко А. В. Итоги лососевой путины 2018 г. в Приморском крае // Бюллетень № 13 реализации «Концепции Дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток : ТИПРО-центр, 2018. С. 240–254.

Тенденции изменчивости температуры по станциям за 70-летний период, как принято при анализе длинных рядов наблюдений гидрометеорологических параметров, с целью сравнения с результатами в других регионах рассчитывались по стандартным методикам тренд-анализа по углу наклона линии регрессии; наличие линейного тренда определялось по величине коэффициента детерминации в зависимости от длительности ряда. При длительности ряда 70 лет тренд значим на 5%-ном уровне при $R^2 \geq 0,058$ ($p < 0,05$).

Результаты

Внутригодовая изменчивость температуры воды и воздуха на прибрежных ГМС. По результатам анализа многолетнего ряда данных наблюдений на ГМС для исследования внутригодовой изменчивости температуры были рассчитаны среднемесячные и среднегодовые значения температуры воды и воздуха для каждой станции за период 1950–2020 гг. (табл. 1). Так как район исследования расположен в умеренных широтах с муссонным характером атмосферной циркуляции, здесь хорошо выражены сезоны года. Минимальные значения температуры воды, по данным ГМС, наблюдаются в январе – феврале; воздуха – в январе, причем с превышением над соседними месяцами на 2–3°C; максимальные значения температуры воды и воздуха приходятся на август (табл. 1).

Т а б л и ц а 1
T a b l e 1

Многолетняя средняя месячная и годовая температура воды и воздуха на прибрежных ГМС в 1950–2020 гг.

Multi-year average monthly and annual water and air temperature at the coastal weather stations in 1950–2020

ГМС / Station	Месяц / Month												Год / Year
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Температура воды, °C / Water temperature, °C													
РП / RP	-1,4	-1,3	-0,2	2,5	6,0	10,4	15,0	17,4	14,9	9,0	3,6	-0,3	6,3
С / S	-1,5	-1,6	-1,0	1,0	3,9	7,7	12,1	15,0	13,6	8,7	4,0	0,1	5,2
СГ / SG	-1,1	-0,8	-0,6	0,2	4,9	9,7	13,2	15,4	13,5	8,5	2,5	-1,1	5,3
Температура воздуха, °C / Air temperature, °C													
РП / RP	-11,1	-8,2	-2,1	3,8	8,0	11,6	16,2	18,6	14,7	7,5	-1,4	-8,9	4,1
С / S	-12,8	-10,4	-4,2	1,8	6,2	9,8	14,5	16,8	13,3	6,2	-3,1	-10,6	2,3
СГ / SG	-16,0	-13,6	-6,7	1,5	7,1	11,8	15,6	17,4	13,5	6,1	-4,2	-12,7	1,6

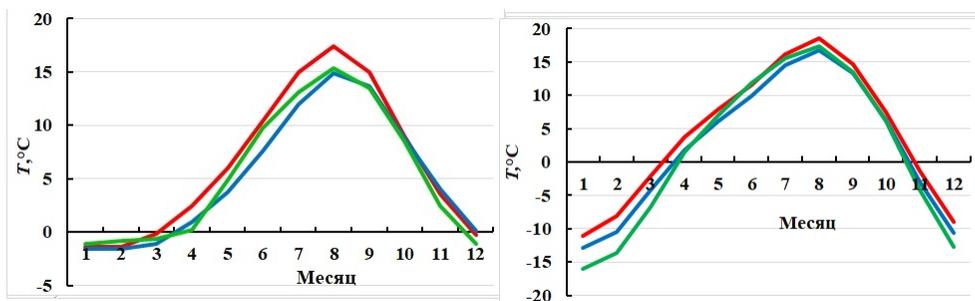
П р и м е ч а н и е. РП – Рудная Пристань; С – Сосуново; СГ – Советская Гавань (здесь и в табл. 2–4).

N o t e: RP – Rudnaya Pristan; S – Sosunovo; SG – Sovetskaya Gavan (here and in tables 2–4).

Отрицательная температура воздуха наблюдается на станциях в течение 5 месяцев (ноябрь – март), температура воды – в течение 4 месяцев (декабрь – март), за исключением ГМС Сосуново, где для температуры воды этот период составляет всего три месяца (январь – март) (табл. 1).

При анализе распределения температуры воды по месяцам выяснилось, что на станции, находящейся севернее, температура может быть выше, чем на станции, расположенной южнее, т. е. нарушается естественное распределение температуры, свойственное данной широте места расположения станции. Так, в январе – марте и в мае – августе на ГМС Сосуново температура воды ниже, чем на соседних станциях, в ноябре – декабре выше, и только в апреле, сентябре и октябре температура распределяется в соответствии с широтой места расположения станции. Также на самой южной ГМС – Рудная Пристань в январе – феврале температура воды ниже, чем на северной ГМС – Советская Гавань. В годовом ходе температуры воздуха на ГМС Сосуново, в отличие от температуры воды, зональность нарушена только в мае – сентябре, т. е. температура в эти месяцы ниже, чем на соседних станциях (табл. 1). Возможно, что на такое распределение температур оказывают влияние особенности местной циркуляции вод и орография местности [1–3]. Средняя годовая амплитуда температуры воды на станциях с севера на юг составила 16,5, 16,6 и 18,8°C, температуры воздуха 33,4, 29,6 и 29,7°C соответственно. Сравнение среднегодовых значений температуры по станциям за весь период наблюдений показало, что в годовом аспекте различия в температуре воды не превышают 1,0°C, в температуре воздуха 2,5°C (табл. 1).

На рис. 2 приведен годовой ход температуры воды и воздуха на станциях. Анализ графиков показывает, что рост температуры воды, т. е. ее нагрев, происходит в январе – августе и идет медленнее и с большим разбросом значений температуры, чем ее понижение, т. е. охлаждение, с августа по декабрь. Кроме того, восходящая ветвь на ГМС Сосуново проходит ниже ветви на ГМС Советская Гавань, за исключением апреля и декабря, хотя станция расположена южнее. Ход кривой распределения температуры воды на ГМС Советская Гавань, расположенной в более мелководной части Татарского пролива, несколько отличается от хода на других станциях, здесь наблюдается более поздний весной и ранний зимой переход температуры воды через 0°C. Ход кривых температуры воздуха более однороден, чем ход кривых температуры воды, особенно в теплый период. В холодный период температура воздуха ниже на ГМС Советская Гавань, а в первой половине теплого периода – на ГМС Сосуново.



Р и с. 2. Годовой ход температуры воды (слева) и воздуха (справа) на ГМС Рудная Пристань (красная кривая), Сосуново (синяя кривая), Советская Гавань (зеленая кривая)

F i g. 2. Annual variation of the water (left) and air (right) temperature at the stations Rudnaya Pristan (red curve), Sosunovo (blue curve) and Sovetskaya Gavan (green curve)

Распределение аномалий средней температуры воды и воздуха на прибрежных ГМС. Для выявления особенностей внутригодовой изменчивости температуры воды и воздуха на ГМС за период 1950–2020 гг. были рассчитаны аномалии средних месячных и средних годовых температур по каждой станции для каждой среды от базовой (1961–1990 гг.) и оперативной (1981–2010 гг.) климатических норм (табл. 2). При анализе аномалий средней месячной температуры воды от базовой (III) нормы практически на всех станциях выявлены положительные аномалии во все месяцы года с максимумом на ГМС Сосуново в июле (1,0°C). Небольшие отрицательные аномалии отмечены только на ГМС Сосуново и Рудная Пристань в ноябре – декабре, а также на ГМС Рудная Пристань в марте. Аномалии средней месячной температуры воздуха практически на всех станциях также положительные, за исключением ГМС Советская Гавань и Сосуново, где они имеют отрицательное значение (в апреле и декабре соответственно). Суммарные отклонения за год для температуры воды и воздуха тоже положительные.

Т а б л и ц а 2
T a b l e 2

Отклонения от климатической нормы средних месячных и годовых температур воды и воздуха на прибрежных ГМС в 1950–2020 гг.
Deviations of the average monthly and annual water and air temperature from the climatic normal at the coastal weather stations in 1950–2020

ГМС / Station	Норма / Normal	Месяц / Month												Год / Year
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Аномалии температуры воды, °C / Water temperature anomalies, °C														
РП / RP	III	0,0	0,1	-0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	-0,1	-0,1	0,2
С / S		0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,6	1,0	0,7	0,5	0,2	-0,1	-0,1	0,3
СГ / SG		0,1	0,1	0,2	0,1	0,4	0,6	0,6	0,3	0,7	0,4	0,2	0,0	0,3
РП / RP	IV	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,6	-0,1	0,2	0,0	-0,1
С / S		-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,4	-0,7	-0,7	-0,4	-0,6	0,0	0,4	0,1	-0,1
СГ / SG		-0,5	0,2	0,0	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,4	-0,2	0,0	0,0	-0,1
РП / RP	ΔT	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,3	-0,6	-0,8	-0,9	-1,0	-0,6	0,3	0,1	-0,3
С / S		-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,8	-1,3	-1,7	-1,1	-1,1	-0,2	0,5	0,2	-0,4
СГ / SG		-0,6	0,1	-0,2	-0,1	-0,6	-0,9	-0,7	-0,4	-1,1	-0,6	-0,2	0,0	-0,4
Аномалии температуры воздуха, °C / Air temperature anomalies, °C														
РП / RP	III	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,0	0,0	0,3
С / S		0,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,4	0,6	0,6	0,6	0,4	0,1	-0,2	0,3
СГ / SG		0,3	0,4	0,1	-0,2	0,0	0,1	0,4	0,2	0,5	0,3	0,1	0,1	0,2
РП / RP	IV	-0,4	-0,6	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	-0,2	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	-0,4	-0,4
С / S		-0,3	-0,2	-0,1	-0,2	-0,4	-0,5	-0,3	-0,3	-0,2	0,0	-0,1	-0,2	-0,3
СГ / SG		-0,8	-0,3	-0,4	-0,2	-0,2	-0,5	-0,2	-0,5	-0,2	-0,4	-0,4	-0,3	-0,4
РП / RP	ΔT	-0,7	-1,1	-0,6	-0,5	-0,5	-0,7	-0,6	-0,9	-0,7	-0,6	-0,1	-0,4	-0,7
С / S		-0,4	-0,5	-0,3	-0,4	-0,5	-0,9	-0,9	-0,9	-0,8	-0,4	-0,2	0,0	-0,6
СГ / SG		-1,1	-0,7	-0,5	0,0	-0,2	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7	-0,7	-0,5	-0,4	-0,6

П р и м е ч а н и е. Климатическая норма III рассчитана за период 1961–1990 гг., IV – за период 1981–2010 гг.; ΔT – разность (IV–III).

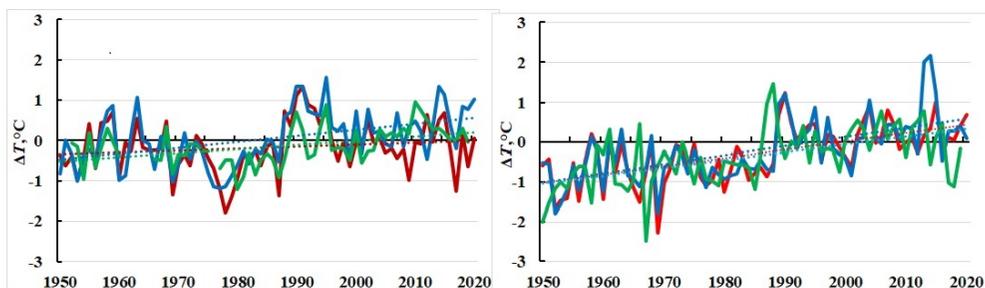
N o t e: Climatic normal III is calculated for 1961–1990, that of IV – for 1981–2010; ΔT is difference (IV– III).

Анализ распределения аномалий средней температуры воды от оперативной нормы (IV) по месяцам показал совсем другую картину. На всех станциях только в ноябре – декабре, а также на ГМС Советская Гавань в феврале – апреле и Сосуново – в октябре температура воды была около или немного выше нормы. В остальные месяцы наблюдались только отрицательные аномалии с минимумами: на ГМС Советская Гавань – в январе ($-0,5^{\circ}\text{C}$), Сосуново – в июне – июле ($-0,7^{\circ}\text{C}$), Рудная Пристань – в сентябре ($-0,6^{\circ}\text{C}$). Суммарные отклонения за год на всех станциях отрицательные (по $-0,1^{\circ}\text{C}$).

Отклонения среднемесячных температур воздуха от оперативной нормы за рассматриваемый период на всех станциях также были отрицательными во все месяцы, за исключением ГМС Сосуново (октябрь), где значения оставались в пределах нормы. Минимумы по станциям распределились следующим образом: на ГМС Советская Гавань – в январе ($-0,8^{\circ}\text{C}$), Сосуново – в июне ($-0,5^{\circ}\text{C}$), Рудная Пристань – в феврале ($-0,6^{\circ}\text{C}$). Кумулятивные среднегодовые аномалии были также отрицательными.

Таким образом, в 1950–2020 гг. на указанных станциях температура воды и воздуха в основном была ниже оперативной нормы (1981–2010 гг.), но выше базовой (1961–1990 гг.). Это свидетельствует о том, что оперативная норма стала существенно выше базовой. Результаты подтверждают показатели увеличения норм, т. е. потепление, на большей части южной половины России в последние десятилетия [11].

Межгодовая изменчивость температуры воды и воздуха в 1950–2020 гг. Для ее исследования были построены графики отклонений среднегодовых значений температуры воды и воздуха от среднего многолетнего. На рис. 3 (слева) показан межгодовой ход аномалий температуры воды, который имеет волнообразный вид с двумя неравнозначными гребнями и ложбиной между ними. Первая волна (от $-0,9^{\circ}\text{C}$ на ГМС Сосуново в 1950 г. до максимума $1,0^{\circ}\text{C}$ там же в 1963 г.) характеризуется относительной синхронностью хода на всех станциях. Затем идет снижение температуры воды на всех станциях, с сохранением синхронности, до минимума на ГМС Рудная Пристань в 1978 г., ($-1,6^{\circ}\text{C}$), далее продолжают ее незначительные колебания до 1987 г. В этот год произошло снижение температуры сразу на всех станциях с минимумом также на ГМС Рудная Пристань ($-1,2^{\circ}\text{C}$), после чего температура стала резко повышаться, и с 1988 по 1995 г. на всех станциях были отмечены только положительные аномалии. Исключение составила ГМС Советская Гавань, где в 1992–1993 гг. наблюдалось незначительное снижение температуры ($-0,3^{\circ}\text{C}$). После 1998 г. ход аномалий температуры воды приобрел пилообразный вид с нарушением синхронности, что характерно для региона со сложным гидрологическим режимом. Максимальные положительные аномалии температуры воды на этом участке отмечены на ГМС Сосуново в 2020 г. ($1,4^{\circ}\text{C}$), отрицательные – на ГМС Рудная Пристань в 2017 г. ($-1,1^{\circ}\text{C}$). Положительный температурный тренд в ходе температуры воды, значимый на 5%-ном уровне, выявлен на ГМС Советская Гавань и Сосуново, хотя и на ГМС Рудная Пристань линия регрессии имеет положительный наклон (табл. 3).



Р и с. 3. Межгодовая изменчивость аномалий (ΔT) среднегодовой температуры воды (слева) и воздуха (справа) и их линейные тренды на ГМС Рудная Пристань (красная кривая), Сосуново (синяя кривая), Советская Гавань (зеленая кривая) в 1950–2020 гг.

Fig. 3. Interannual variability of the annual average water (left) and air (right) temperature anomalies (ΔT) and their linear trends at stations Rudnaya Pristan (red curve), Sosunovo (blue curve) and Sovetskaya Gavan (green curve) in 1950–2020

Т а б л и ц а 3
T a b l e 3

Коэффициенты полинома первой степени (A , B), аппроксимирующего трендовую составляющую температуры воды и воздуха, и коэффициент детерминации (R^2)
Coefficients of the polynomial of the first degree (A , B) approximating the trend component of water and air temperature, and the determination coefficient (R^2)

ГМС / Station	Температура воды, °С / Water temperature, °С			Температура воздуха, °С / Air temperature, °С		
	A	B	R^2	A	B	R^2
РП / RP	0,0047	-0,1770	0,0238	0,0210	-0,7893	0,3845
С / S	0,0156	-0,4973	0,2171	0,0239	-0,8712	0,3974
СГ / SG	0,0112	-0,4548	0,2361	0,0219	-0,8151	0,3781

П р и м е ч а н и е. Жирным шрифтом выделены коэффициенты, значимые на 5%-ном уровне.
N o t e: The coefficients significant at the 5% level are in bold.

Межгодовой ход аномалий температуры воздуха за 1950–2020 гг. показан на рис. 3 (справа). В распределении температуры воздуха прослеживается бóльшая однородность, чем в распределении температуры воды, но здесь сказывается также влияние широты местоположения станции. Первая половина графика до конца 80-х гг. характеризуется в основном отрицательными аномалиями с минимумом в 1969 г. на ГМС Рудная Пристань ($-2,3^{\circ}\text{C}$); после 1987 г. наблюдались только положительные аномалии с максимумом на ГМС Сосуново в 2014 г. ($2,2^{\circ}\text{C}$). На всех трех станциях в ходе температуры воздуха за рассматриваемый период был выявлен значимый на 5%-ном уровне положительный тренд (табл. 3). В работе [16] также отмечено, что для участка побережья Японского моря от Корейского п-ова до о. Хоккайдо характерны вековые положительные тренды температуры воздуха (значимостью 5% и менее), что соответствует и нашим выводам.

Таким образом, не вызывает сомнений, что в 1950–2020 гг. на побережье Восточного Приморья и Хабаровского края происходит повышение темпера-

туры воды и воздуха, ее динамика характеризуется устойчивым положительным статистически значимым линейным трендом. Следует отметить, что такая же ситуация в Дальневосточном регионе наблюдается и на п-ове Камчатка, где тип климата прибрежных районов также характеризуется как муссонный с морскими чертами. В ходе средней годовой температуры воздуха на полуострове за аналогичный период также выявлен положительный статистически значимый линейный тренд [10].

Рост температуры воды и воздуха, по данным прибрежных станций за исследуемый период, отмечен не только в среднегодовых значениях, но и по сезонам, только с различной скоростью. Величина прироста температуры по десятилетиям приведена в табл. 4. Тенденция повышения межгодовой температуры воды на ГМС Советская Гавань и Сосуново составила 0,11 и 0,16°C / 10 лет соответственно, воздуха – на всех ГМС в среднем 0,20°C / 10 лет.

При рассмотрении изменчивости температуры по сезонам выявлено, что наибольший рост температуры воды происходит в теплый период на ГМС Советская Гавань и Сосуново (0,22 и 0,24°C / 10 лет соответственно), в холодный сезон температура практически не меняется. В отличие от температуры воды наибольший рост температуры воздуха, превышающий 0,20°C / 10 лет, происходит в холодный период с максимумом на ГМС Советская Гавань (0,31°C / 10 лет), за исключением ГМС Сосуново, где повышение идет практически равномерно в оба сезона. Таким образом, можно отметить, что в целом наибольшее повышение температуры воды на станциях происходит в теплый сезон, температуры воздуха – в холодный.

Т а б л и ц а 4
T a b l e 4

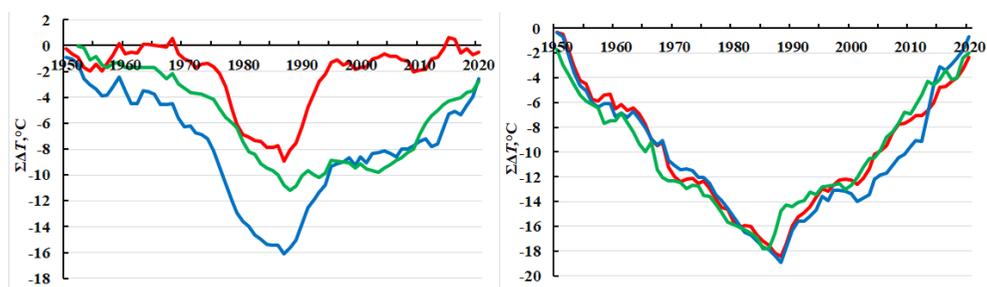
Приращение среднегодовой и сезонной температуры воды (ΔT_w) и воздуха (ΔT_a) (°C / 10 лет) на прибрежных ГМС
Increment of average annual and seasonal water (ΔT_w) and air (ΔT_a) temperature (°C / 10 years) at the coastal weather stations

ГМС / Station	Период / Period	$\Delta T_w, ^\circ\text{C} / 10 \text{ лет} / \Delta T_w, ^\circ\text{C} / 10 \text{ years}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C} / 10 \text{ лет} / \Delta T_a, ^\circ\text{C} / 10 \text{ years}$
РП / RP	Сезон / Season	<u>0,05</u>	<u>0,19</u>
	Год / Year	0,04	0,24
С / S	Сезон / Season	<u>0,24</u>	<u>0,25</u>
	Год / Year	0,02	0,23
СГ / SG	Сезон / Season	<u>0,22</u>	<u>0,13</u>
	Год / Year	-0,01	0,31
	Год / Year	0,11	0,22

П р и м е ч а н и е. В числителе – коэффициенты для теплого полугодия (апрель – декабрь), в знаменателе – для холодного (ноябрь, декабрь, январь – март).

N o t e: In the numerator, there are the coefficients for a warm half-year (April – December), in the denominator – for a cold one (November, December, January – March).

Сдвиги (резкие изменения) в многолетнем ходе температуры. Для определения резких изменений, так называемых сдвигов в многолетнем ходе температуры, были построены интегрально-разностные кривые аномалий средних температур (рис. 4). При последовательном осреднении аномалий с помощью интегральных разностей хорошо проявляются общие закономерности временных изменений характеристик термической структуры, а по характеру смены направления хода интегрально-разностной кривой определяются изменения в ходе температурных кривых⁹. Интегральные кривые температуры воды, построенные для трех станций (рис. 4, слева), имеют довольно сложный ход, но в общих чертах синхронность прослеживается. В 50–60-х гг. наблюдается или медленное понижение температуры воды, или колебание около среднего многолетнего, переходящее затем в длительную ветвь накопления отрицательных аномалий вплоть до перегиба в 1987–1988 гг., после которого до 1995 г. идет резкий подъем интегральной кривой, а затем до 2001 г. – или варьирование температуры около среднего многолетнего, или ее неравномерный рост уже вплоть до 2020 г. Но на каждой станции в ходе кривых интегральных разностей амплитуды температуры воды наблюдаются свои особенности.



Р и с. 4. Межгодовая изменчивость накопленных аномалий ($\Sigma\Delta T$) температуры воды (слева) и воздуха (справа) от среднего многолетнего значения (1950–2020 гг.) на ГМС Рудная Пристань (красная кривая), Сосуново (синяя кривая), Советская Гавань (зеленая кривая)

Fig. 4. Interannual variability of the cumulative anomalies ($\Sigma\Delta T$) of water (left) and air (right) temperature against the average multi-year values (1950–2020) at the stations Rudnaya Pristan (red curve), Sosunovo (blue curve) and Sovetskaya Gavan (green curve)

На ГМС Рудная Пристань (рис. 4, слева) в 1950–1974 гг. температура воды изменяется в пределах среднего значения с частой сменой знака аномалий; затем в 1974–1981 гг. происходит резкий переход на длительную тенденцию снижения температуры воды, далее снижение замедляется и (через «ступеньку» в 1986 г.) в 1987 г. происходит перегиб кривой на рост, и до 1995–1996 гг. идет быстрое накопление положительных аномалий; затем в 1996–2020 гг. температура вновь изменяется в пределах среднего значения, при этом 5 раз знаки аномалий меняются на противоположные, и в 2015–2016 гг. на этом отрезке достигается максимум. На ГМС Сосуново, расположенной южнее ГМС Совет-

⁹ Чернышева Л. С., Платонова В. А. Расчет и интерпретация основных климатических показателей отдельных метеорологических величин. Владивосток : Изд-во Дальневосточного университета, 2009. 88 с.

ская Гавань, отмечается значительно большее накопление отрицательных аномалий, чем на других станциях. В 1950–1974 гг. происходит ступенчатое замедленное снижение температуры воды с попеременной сменой знака аномалий; в 1974–1984 гг. снижение резко ускоряется и «ступеньками» переходит к минимуму в 1987 г., после чего интегральная кривая аномалий меняет свое направление на рост и начинается неравномерное накопление положительных аномалий: резкое до 1995 г., замедляющееся к 2013 г. и затем вновь резко увеличивающееся вплоть до 2020 г., но с единичным понижением температуры в 2017 г. На ГМС Советская Гавань до 1975 г. также сначала происходит плавное понижение температуры, затем скорость снижения увеличивается вплоть до перегиба кривой в 1988 г., после чего, как и на других станциях, наблюдается резкий рост температуры воды до 1995 г., переходящий в незначительное снижение к 2003 г.; затем до 2020 г. вновь продолжается стабильное накопление положительных аномалий.

Кривые интегральных разностей аномалий температуры воздуха, в отличие от температуры воды, демонстрируют синхронность для всех трех станций (рис. 4, справа). С помощью интегральных разностей на станциях была выявлена длительная тенденция снижения температуры примерно с 1950 г. до перегиба в ходе кривой в 1986–1988 гг., затем – тенденция роста до 2020 г. При этом на ветви отрицательных разностей можно выделить несколько коротких периодов накопления положительных аномалий: в 1956–1959 гг. и в 1968 г. на ГМС Рудная Пристань и Сосуново, в 1958–1961 гг. и в 1966 г. – на ГМС Советская Гавань, а также периоды колебания температуры в пределах среднего многолетнего значения в 1971–1975 гг. – на ГМС Рудная Пристань и в 1969–1974 гг. – на ГМС Советская Гавань. На всех станциях после перегиба в 1986–1988 гг. до 1995 г. идет довольно крутой подъем разностной кривой, затем до 2001 г. на ГМС Рудная Пристань и Советская Гавань происходит колебание температуры воздуха в пределах среднего многолетнего значения, а на ГМС Сосуново – даже небольшое снижение температуры. После 2001 г. на всех станциях ветви разностных кривых вновь идут на подъем вплоть до 2020 г., но с небольшими понижениями температуры воздуха в 2014 и 2017–2018 гг. на ГМС Советская Гавань и в 2016 г. – на ГМС Сосуново.

Кроме того, детальный анализ графиков межгодовой изменчивости кумулятивных аномалий температуры воды и воздуха (рис. 4) показал, что на всех станциях после перегиба кривой аномалий температуры в 1987–1988 гг. с падения на рост произошел ее резкий подъем к 1995 г., после которого рост температуры к 2001 г. приостановился. Следует отметить, что именно 1995 г. был важной вехой для условий размножения приморской горбуши – в ее нерестовом ареале произошла смена доминирующих поколений с нечетных лет на четные [4, 5] спустя 7–8 лет после перехода температуры с падения на рост. Таким образом, возможно, смене доминирующих поколений горбуши предшествовали резкие изменения в многолетнем ходе температуры в регионе.

Если проанализировать все 6 кривых интегральных разностей на рис. 4, можно отметить, что на ГМС Рудная Пристань, расположенной на северо-западном побережье Японского моря, суммы отрицательных и положительных аномалий температуры воды к 2020 г. уравниваются, а на ГМС Сосуново

и Советская Гавань, расположенных на западном побережье Татарского пролива, в рассматриваемый период преобладает накопление отрицательных аномалий. Возможно, такое распределение аномалий температуры воды связано с различными гидрологическими условиями бассейнов Японского моря и Татарского пролива, а также с особенностями местной циркуляции вод. В ходе кривых интегральных разностей температуры воздуха таких различий не наблюдается, суммы отрицательных и положительных аномалий температуры к 2020 г. уравниваются.

Интегрально-разностные кривые аномалий позволили выявить в исследуемом районе примерно с 1950 г. длительную тенденцию понижения температуры воды и воздуха, переходящую после перегиба интегральной кривой в 1986–1988 гг. на тенденцию роста вплоть до 2020 г. Такой ход интегральных разностей аномалий температуры в регионе соответствует общим тенденциям хода среднегодовой температуры воздуха в западном субарктическом регионе Тихого океана [17], в том числе и вдоль побережья п-ова Камчатка [10]. В то же время стои́т отметить, что переход в ходе температуры от падения к росту вдоль побережья Восточного Приморья и юго-востока Хабаровского края, а также вдоль берега п-ова Камчатка начался с конца 80-х гг., а в европейской части России он произошел с конца 70-х гг., т. е. на 10 лет раньше [9, 10]. Противоречия здесь нет, так как потепление на планете происходит волнообразно. Результаты проведенных исследований находят свое подтверждение в выводах климатологов, занимающихся исследованием состояния земной климатической системы. Ими было выделено несколько волн глобального потепления, в том числе период 1975–1995 гг. – начало «второй волны потепления» и период 1996–2010 гг. – развитие «второй волны потепления» [8].

Заключение

По результатам исследования изменчивости температурного режима прибрежных районов Восточного Приморья и Хабаровского края на основании данных ГМС за период 1950–2020 гг. в многолетнем ходе средней температуры воды и воздуха выявлен значимый на 5%-ном уровне положительный линейный тренд: в ходе температуры воды – на ГМС Советская Гавань и Сосуново, температуры воздуха – на всех станциях. Хотя в распределении температуры воды на ГМС Рудная Пристань тренд не выявлен, линия регрессии имеет положительный наклон, т. е. тенденция повышения температуры прослеживается.

Прирост температуры по десятилетиям показал, что в межгодовом ходе отмечена тенденция роста температуры воды на ГМС Советская Гавань и Сосуново на 0,11 и 0,16°C / 10 лет соответственно, температуры воздуха – на всех станциях в среднем на 0,20°C / 10 лет. При рассмотрении изменчивости температуры по сезонам выявлено, что, за исключением ГМС Рудная Пристань, основное повышение температуры воды происходит в теплый сезон с максимумом на ГМС Сосуново (0,24°C / 10 лет), температуры воздуха – в холодный сезон с максимумом на ГМС Советская Гавань (0,31°C / 10 лет). На ГМС Рудная Пристань температура воды меняется незначительно.

Анализ распределения аномалий средней температуры воды и воздуха от оперативной и базовой климатических норм по месяцам показал, что в 1950–

2020 гг. на станциях температуры воды и воздуха в основном были ниже оперативной нормы (1981–2010 гг.), но выше базовой (1961–1990 гг.). Это подтверждает, что оперативная норма стала существенно выше базовой, и свидетельствует о повышении температуры в регионе, но оперативную норму рекомендуется применять для решения оперативных задач, а для оценки изменения климата рекомендуется продолжать применять базовую.

С помощью интегрально-разностных кривых аномалий средних температур было выявлено, что в 50–60-х гг. прошлого века в ходе температуры воды наблюдалось или ее медленное понижение, или колебание в пределах среднего многолетнего значения, перешедшее затем в длительный период накопления отрицательных аномалий вплоть до 1987–1988 гг. В эти годы произошел перегиб кривой на накопление положительных аномалий, которое проходило также неравномерно: сначала резкий подъем температуры до 1995 г., затем ее некоторое «стояние» до 2001 г. и вновь рост до 2020 г. Следует также отметить, что в данном регионе именно с 1995 г. выявлен тренд на увеличение численности возврата рыб четных лет после смены доминирующих поколений приморской горбуши с нечетных лет на четные. Возможно, это связано с выявленной в исследуемом прибрежном районе общей тенденцией повышения температуры с конца 80-х гг.

Сравнение сумм отрицательных и положительных аномалий температур воды за период исследования показало, что на ГМС Рудная Пристань (ЮЗ Японского моря) к 2020 г. эти суммы уравниваются, а на ГМС Сосуново и Советская Гавань (запад Татарского пролива) преобладает сумма отрицательных аномалий, что связано, возможно, с различными гидрологическими условиями бассейнов моря и пролива и особенностями местной циркуляции вод. Суммы отрицательных и положительных аномалий температур воздуха, в отличие от температуры воды, уравниваются на всех станциях.

Таким образом, в исследуемый период на побережье Восточного Приморья и Хабаровского края с 50-х гг. прошлого века преобладали в основном отрицательные аномалии температуры воды и воздуха, а с конца 80-х гг. вплоть до 2020 г. стали доминировать положительные аномалии. В целом повышение температуры воды и воздуха не вызывает сомнений, так как ее динамика характеризуется устойчивым статистически значимым линейным трендом и повышением климатических норм, т. е. в данном регионе в 1950–2020 гг. прослеживается тенденция повышения температуры вдоль всего побережья.

В дальнейшем планируется более детальное исследование особенностей температурного режима российского побережья Японского моря и Татарского пролива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Покудов В. В., Власов Н. А.* Температурный режим прибрежных вод Приморья и острова Сахалин по данным ГМС // Труды ДВНИГМИ. 1980. Вып. 86. С. 109–118.
2. *Danchenkov M. A., Aubrey D. G.* Scheme of surface water circulation of the northern Japan Sea // Annual Report. PICES 8th Annual Meeting, October 8–17. Vladivostok, Russia. 1999. P. 130–132.
3. *Андреев А. Г.* Особенности циркуляции вод в южной части Татарского пролива // Исследование Земли из космоса. 2018. № 1. С. 3–11. doi:10.7868/S0205961418010013

4. Климатические причины снижения запасов амурских лососей в 20-м столетии / А. А. Гояринов [и др.] // Дальневосточный регион – рыбное хозяйство. 2007. № 1–2. С. 94–113.
5. *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) // Вопросы ихтиологии. 2021. Т. 61, № 2. С. 206–218. doi:10.31857/S0042875221020156
6. *Метревели Г. С., Метревели М. Г.* Фоновые факторы глобального потепления климата в прибрежной зоне Черного моря // Водные ресурсы. 2001. Т. 28, № 5. С. 621–627.
7. Современные изменения климата на территории Иркутской области / И. В. Латышева [и др.] // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2010. Т. 3, № 2. С. 110–125.
8. *Морозова С. В., Левицкая Н. Г., Орлова И. А.* Климатические изменения в Нижневолжском регионе на фоне глобального потепления (на примере Саратова) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2013. Т. 13, № 1. С. 45–50.
9. *Переведенцев Ю. П., Шанталинский К. М., Важнова Н. А.* Пространственно-временные изменения основных показателей температурно-влажностного режима в Приволжском федеральном округе // Метеорология и гидрология. 2014. № 4. С. 32–48.
10. *Шкаберда О. А., Василевская Л. Н.* Оценка изменений температуры воздуха на Камчатке за последние 60 лет // Вестник Дальневосточного отделения РАН. 2013. № 3. С. 69–77.
11. *Коршунова Н. Н., Швець Н. В.* Изменение норм основных климатических параметров на территории России за последние десятилетия // Труды Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных. 2014. № 178. С. 11–24.
12. *Гайко Л. А.* Тенденция изменчивости температуры воды и воздуха в прибрежных районах северо-западной части Японского моря // Технические проблемы освоения Мирового океана. 2007. Т. 2. С. 473–477.
13. *Гайко Л. А.* Изменение климата в прибрежной зоне Приморского края в современный период (северо-западная часть Японского моря) // Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe. 2016. № 10. С. 35–42.
14. *Гайко Л. А.* Температурные изменения воды и воздуха вдоль побережья Приморского края в современный период (северо-западная часть Японского моря) // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2019. № 2. С. 29–37. doi:10.34078/1814-0998-2019-58-2-29-37
15. *Gayko L. A.* Water and air temperature variability along the coast of Primorye (Japan/East Sea) // Current Development in Oceanography. 2012. Vol. 5, iss. 2. P. 49–58.
16. Климатические изменения в Японском море и прилегающих районах в 20-м столетии / В. И. Пономарев [и др.] // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра. 2000. Т. 127-1. С. 20–36.
17. *Ростов И. Д., Дмитриева Е. В., Рудых Н. И.* Климатические изменения термических условий в тихоокеанской субарктике в условиях современного глобального потепления // Морской гидрофизический журнал. 2021. Т. 37, № 2. С. 162–178. doi:10.22449/0233-7584-2021-2-162-178

Об авторе:

Гайко Лариса Афанасьевна, старший научный сотрудник, ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН (690041, Россия, г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43), кандидат географических наук, доцент, **WOS ResearchID: AAG-2087-2021**, **Scopus Author ID: 9132796300**, **ORCID ID: 0000-0002-6666-0576**, **AuthorID: 70781**, gayko@yandex.ru