

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2026-1-123-139>

УДК 551.465.6

Климатические изменения температуры воды в заливе Анива

**С.А. Мысленков^{1,2,3,4}, В.М. Пищальник⁵,
В.С. Архипкин^{1,2}, Е.М. Латковская¹**

¹Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия;

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия;

³Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова

Российской академии наук, г. Москва, Россия;

⁴Гидрометеорологический научно-исследовательский центр

Российской Федерации, г. Москва, Россия;

⁵Институт морской геологии и геофизики

Дальневосточного отделения РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

stasocean@gmail.com

В работе представлен анализ температуры воды по архивным данным инструментальных наблюдений в заливе Анива с 1949 по 1994 год, по данным спутников – с 1981 по 2025 год, а также по данным измерений, выполненных в 2023 году. По данным метеостанции с 1969 по 2025 год минимальная величина тренда для температуры воздуха положительна, составляет 1.2 °С и наблюдается в декабре. Для августа рост температуры воздуха составляет около 1.6 °С, для марта – около 3.4 °С. По спутниковым данным для температуры воды наблюдается положительный тренд с величиной около 1.6 °С за весь период. В межгодовой изменчивости среднемесячной температуры воды максимальные положительные тренды наблюдаются в июле-августе – около 2.1–2.4 °С, а минимальные – в период с декабря по март (0.1–0.4 °С за весь период). По данным инструментальных наблюдений до 1994 года максимальные температуры наблюдались в августе и не превышали 20.1 °С. По данным судовых измерений в 2023 году зарегистрирована температура 21.46 °С, по спутниковым данным максимум наблюдался в июле 2021 года и составляет 22.55 °С. В среднем за исследуемый период практически во всем заливе тренды положительные и составляют 0.5–1 °С. Максимальное потепление отмечается в бухте Лососей и в северной части залива Анива.

Ключевые слова: температура воды, Охотское море, залив Анива, спутниковые данные, климатические тенденции

Climatic changes in water temperature in Aniva Bay

**S.A. Myslenkov^{1,2,3,4}, V.M. Pishchal'nik⁵,
V.S. Arkhipkin^{1,2}, E.M. Latkovskaya¹**

¹Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia;

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;

³A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics

Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;

⁴Hydrometeorological Research Center of Russian Federation, Moscow, Russia;

⁵Institute of Marine Geology and Geophysics Far Eastern Branch

Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

stasocean@gmail.com

The paper presents an analysis of water temperature based on archived instrumental observations in Aniva Bay from 1949 to 1994, satellite data from 1981 to 2025, and direct measurements made in 2023. According to the weather station from 1969 to 1925, the minimum trend value for air temperature is positive and is 1.2 °C for the entire period and is observed in December. For August, the increase in air temperature is about 1.6 °C, and for March about 3.4 °C. According to satellite data, a positive trend is observed for water temperature, with a value of about 1.6 °C over the entire period. In the interannual variability of the monthly average water temperature, the greatest positive trends are observed in July–August – about 2.1–2.4 °C over the entire period. According to in situ measurements, until 1994, maximum temperatures were observed in August and did not exceed 20.1 °C. According to ship measurements, a temperature of 21.46 °C was recorded in 2023, according to satellite data, the maximum 22.55 °C was observed in July 2021. On average, the trends in almost the entire bay during the study period were positive and amounted to 0.5–1 °C. The maximum warming is observed in Salmon Bay and in the northern part of Aniva Bay

Keywords: water temperature, Sea of Okhotsk, Aniva Bay, satellite data, climatic trends

Введение

Процесс, называемый «глобальное потепление», проявляется в том числе в увеличении температуры воды в океане, однако динамика климатических изменений имеет существенные пространственные различия. Действительно, по различным данным средняя температура воздуха и воды на планете и на территории России увеличивается [1, 3, 12, 21]. Однако термин «глобальное потепление» предполагает повсеместное увеличение температуры, тогда как в реальности этот процесс в каких-то районах идет интенсивнее, а где-то вообще наблюдается похолодание. Также ученые высказывают обоснованные сомнения о корректности методики оценок глобального потепления [17], так как за последние 100 лет кардинально изменились как средства и методы измерений, так и количество станций, что особенно хорошо видно при оценке количества и пространственного охвата измерений температуры в «доспутниковую» эпоху и в настоящее время. Еще больше споров возникает о роли природных и антропогенных факторов в климатических изменениях [15]. С другой стороны, если уйти от термина «глобальное» и перейти к региональным оценкам, особенно для тех районов, где имеются продолжительные ряды инструментальных наблюдений, то можно более достоверно оценить существующие тенденции в изменении температуры.

Залив Анива расположен в южной части острова Сахалин. Залив имеет размеры приблизительно 100×100 км и длину береговой линии около 230 км. Глубины в северной части залива составляют 20–50 м, в южной части до 100 м (рис. 1). Залив Анива расположен вблизи пролива Лаперуза в зоне взаимодействия вод Охотского и Японского морей. Залив имеет важное транспортное и рыбохозяйственное значение. На побережье залива расположены крупные гидротехнические сооружения, такие как морской порт Корсаков и терминал по отгрузке нефти и сжиженного природного газа в порту Пригородное, которые являются потенциальными источниками техногенного загрязнения морских вод. Площадь акватории, пригодной под интенсивную марикультуру составляет 177 445 га [20].

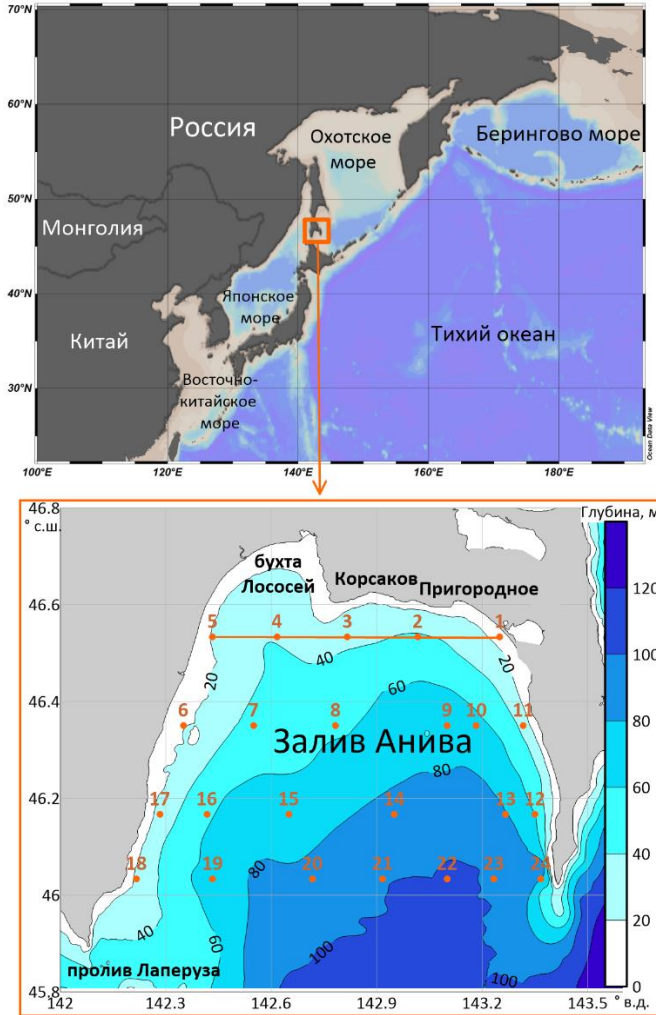


Рис. 1. Охотское море и залив Анива на врезке. Цифрами отмечены номера станций.

Fig. 1. The Sea of Okhotsk and Aniva Bay in the inset. The numbers indicate the station numbers.

С 2021 года в рамках проекта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в Сахалинской области функционирует карбоновый полигон «Сахалин», морские площадки которого расположены в заливе Анива. На полигоне планируется размещение марикультурной фермы, на которой будут получены оценки поглощающей способности CO_2 морскими экосистемами. Подробный анализ температуры воды залива Анива безусловно необходим для расчетов суммарного потока парниковых газов, а также для оценки климатических тенденций региона. На данный

момент в рамках работ на карбоновом полигоне Сахалин уже описаны гидрохимические особенности залива Анива [23], представлен климатический атлас [22], характеристики уровня моря и ветрового волнения [8, 9].

В настоящее время существует ряд работ, где рассматривалась температура воды в заливе на основе океанологических съемок [2] и по данным заякоренных станций [14]. Существует подробный анализ термохалинных характеристик пролива Лаперуза, включая часть залива Анива [24]. Также важные результаты получены на основе данных атласа Сахалинский шельф, где собраны все данные океанологических съемок с 1949 по 1994 год [10]. По данным заякоренных станций в 2002–2003 гг. [4, 14] на горизонте 6–7 м в августе зарегистрированы максимальные температуры 15–17 °С. В [6] показано, что в целом для Охотского моря за период 1998–2017 гг. наблюдается снижение температуры поверхностного слоя, наиболее существенное в его северной и западной частях.

Целью данного исследования является анализ сезонной и межгодовой изменчивости температуры воздуха и температуры воды на поверхности в заливе Анива по данным прямых измерений и по спутниковым данным за период.

Данные и методы

Данные температуры воздуха на метеостанции

Для анализа температуры воздуха мы использовали среднемесячные данные метеостанции Корсаков с 1969 года по октябрь 2025 года. Данные получены с сайта <http://www.pogodaiklimat.ru/>. По этим данным были построены графики изменения температуры воздуха и посчитаны линейные тренды.

Спутниковые данные по температуре поверхности моря

Для анализа температуры воды в заливе Анива использованы данные OSTIA с пространственным разрешением 0.05° за период с 1 октября 1981 г. по 30 сентября 2025 г. с шагом по времени 1 сутки. Анализ OSTIA формируется на основе данных следующих спутников: GCOM-W, MetOp-B, MSG, SNPP, NOAA-20, Sentinel 3A, Sentinel 3B [19]. Для анализа в заливе Анива была выбрана точка в северной части залива (46.52° с. ш., 142.77° в. д., рядом со станцией № 3 на рис. 1). Также были построены карты средних температур за периоды октябрь 1981 г. – сентябрь 1990 г. и октябрь 2015 г. – сентябрь 2025 г., а также карта разности температур за эти периоды.

Архивные инструментальные данные по температуре воды

В данной работе использована база данных программы «ATLAS» [13], в которую включены станции, выполненные по стандартной сетке разрезов из 24 станций в заливе Анива. Подробный анализ структуры вод по данным наблюдений сделан в работах [10, 22]. Данные судовых съемок доступны

за период 1948 по 1994 год и привлекались для оценки изменчивости температуры. Данные содержат 2663 профиля измерения температуры, на основе этих данных был создан климатический атлас шельфа Сахалина и монография, посвященная моделированию природных процессов [16, 22].

Результаты

На первом этапе был выполнен анализ температуры воздуха на метеостанции Корсаков, которая расположена на побережье в заливе Анива. На рис. 2 представлена среднеголетняя (с 1969 по 2025 г.) температура для разных месяцев года. Максимальная температура наблюдается в августе и составляет $17.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, минимальная температура наблюдается в январе и составляет $-9.9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

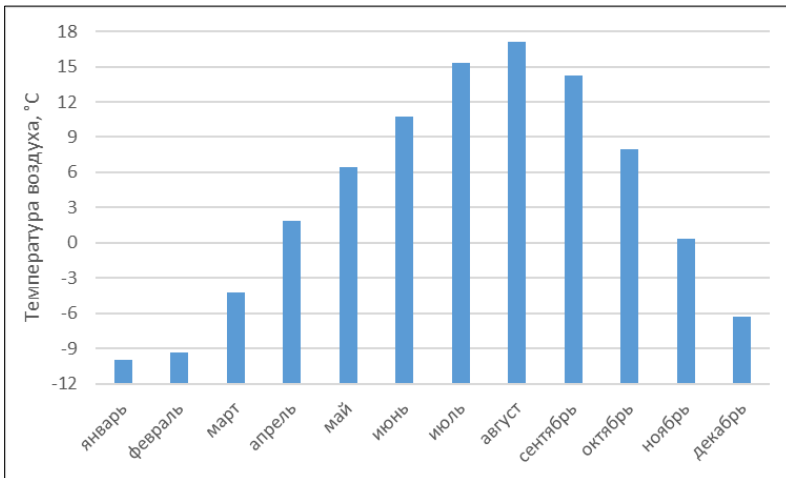


Рис. 2. Среднеголетняя температура воздуха по месяцам по данным метеостанции Корсаков.

Fig. 2. Average annual air temperature by month according to the Korsakov weather station.

Анализ климатических изменений среднемесячной температуры воздуха показал, что с 1969 по 2025 год наблюдаются положительные тренды для всех месяцев (рис. 3). Тренды несколько отличаются в зависимости от сезона. Минимальная величина тренда составляет $1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ за весь период и наблюдается в декабре. Для августа рост температуры составляет около $1.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, а для марта около $3.4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Отрицательные тенденции для температуры воздуха в некоторые месяцы наблюдались только в период с 1990–2000 гг. (рис. 3). Однако в общем за последние 57 лет температура воздуха увеличивается, что говорит о наличии достаточно устойчивой тенденции.

Для анализа климатических изменений температуры воды в пространстве были построены карты средней температуры для залива Анива за периоды 1981–1990 и 2016–2025 гг., а также карта разности температур в эти

периоды (из более позднего периода вычитался более ранний). На акватории залива Анива в период 1981–1990 гг. более теплые воды около $6.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ наблюдались вдоль западного побережья залива (рис. 4а), по всей видимости из-за влияния теплого течения Соя. В период 2016–2025 гг. наиболее теплые воды $7.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ наблюдались в мелководной бухте Лососей и в северной части залива (рис. 4б).

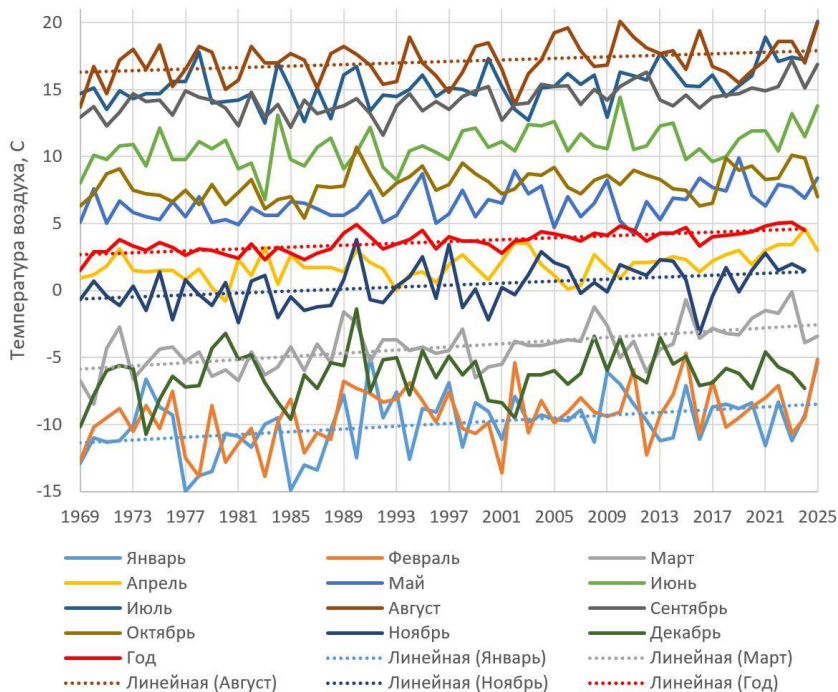


Рис. 3. Изменение среднемесячной температуры воздуха с 1969 г. по октябрь 2025 года по данным метеостанции Корсаков.

Fig. 3. Change in the average monthly air temperature from 1969 to October 2025 according to the Korsakov weather station.

Разности температур за два исследуемых периода практически во всем заливе положительные и составляют $0.5\text{--}1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Максимальное потепление отмечается в бухте Лососей и в северной части залива. Четко выделяется область с отрицательной разностью к юго-востоку от мыса Крильон. В этой области формируется приливной апвеллинг, описанный еще в работе С.О. Макарова [7]. Можно предположить, что подповерхностные воды (которые во время апвеллинга выходят к поверхности) становятся более холодными, так как интенсивность приливного апвеллинга не должна иметь выраженной многолетней изменчивости. Однако, вполне вероятно, что понижение температуры происходит не во время апвеллинга, а в «фоновом режиме», и может быть связано с изменением структуры течений: смещению ядра теплого течения Сои к югу или изменению его интенсивности,

или влиянию Западно-Сахалинского течения (где температура не растет, а, наоборот, понижается). Данный вопрос является дискуссионным и требует отдельного более детального рассмотрения.

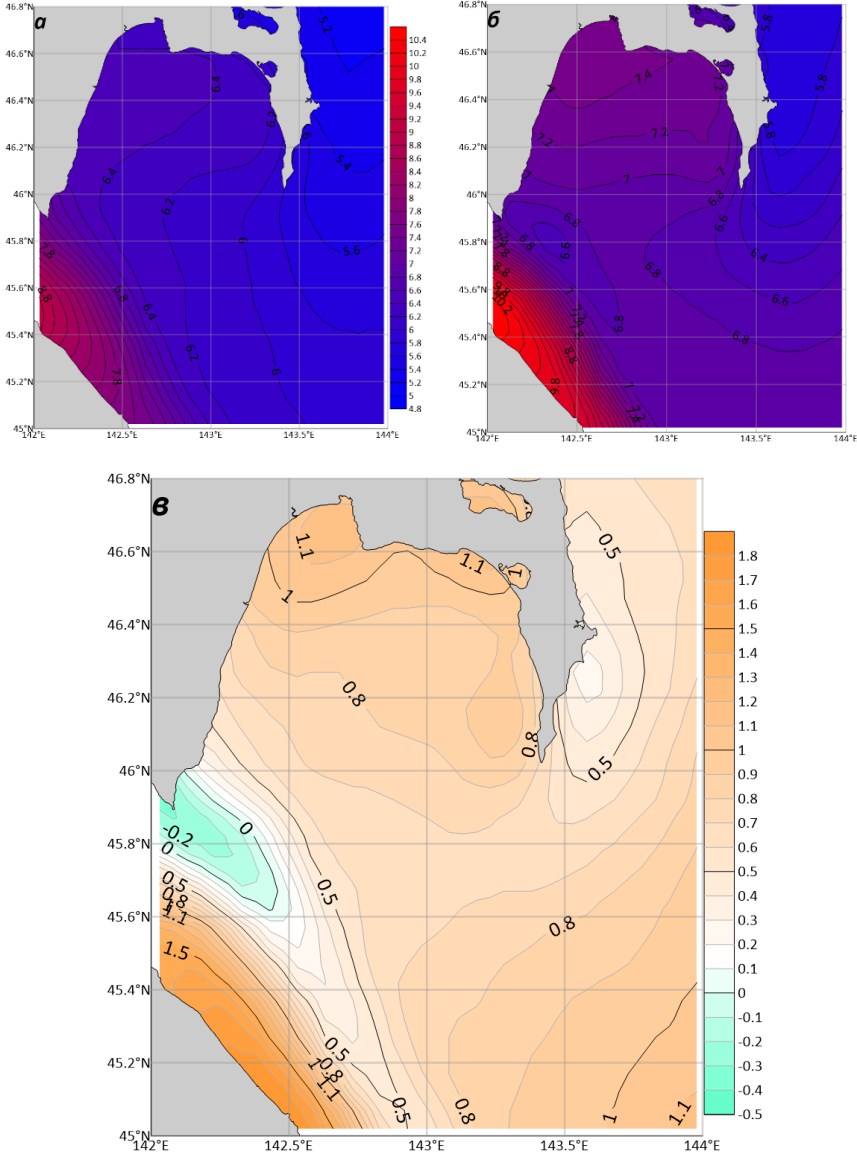


Рис. 4. Средняя спутниковая температура в заливе Анива за период с 1.10.1981 по 30.09.1990 (а); с 1.10.2016 по 30.09.2025 (б) и их разность (в).

Fig. 4. Average satellite surface water temperature in Aniva Bay for the period from 1.10.1981 to 30.09.1990 (a), from 1.10.2016 to 30.09.2025 (б) and their difference (в).

Так как воды залива Анива формируются преимущественно под влиянием вод Восточно-Сахалинского течения и течения Соя, то причиной увеличения температуры могут быть изменения в объемах и температуре поступающих вод. С другой стороны, максимальное потепление наблюдается в прибрежной мелководной части, где, вероятно, преобладающее влияние оказывают локальные факторы – радиационный погрив и обмен теплом с атмосферой.

Далее рассмотрим межгодовую изменчивость приповерхностной температуры воды по судовым данным на станциях № 2, 3, 4 (схема станций на рис. 1), где, судя по спутниковым данным, наблюдается максимальное потепление. К сожалению, измерения выполнялись в разные месяцы и самих съемок не так много, поэтому выполнить анализ тенденций затруднительно. Однако можно проанализировать максимумы температуры воды в разные годы. На станциях № 2, 3, 4, максимумы температуры за весь период составляют 20.1, 19.8 и 19.6 °С соответственно и зарегистрированы в августе 1958 и 1961 гг. (рис. 5). Анализируя график, можно отметить, что температура более 18 °С наблюдалась в разные годы в период с 1951 по 1962 год, а далее только один раз в 1970 году.

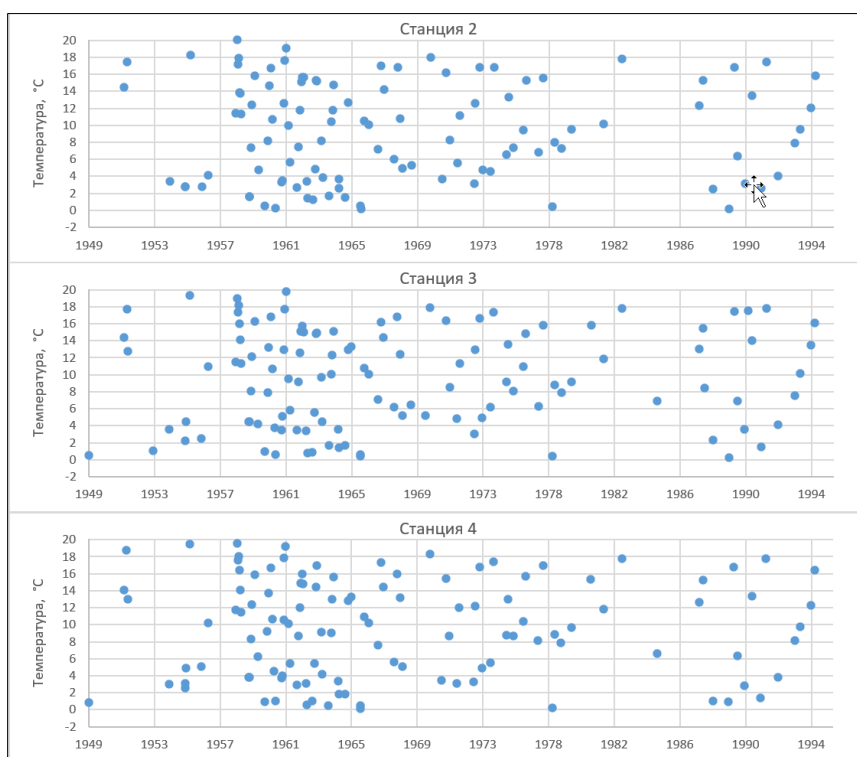


Рис. 5. Температура воды на поверхности на станциях № 2, 3, 4.

Fig. 5. Surface water temperature at stations No. 2, 3, 4 based on ship-based observations.

По имеющимся данным, на качественном уровне можно констатировать, что роста максимальных температур за период с 1949 по 1994 год не наблюдается.

Дополнительная информация об инструментальных измерениях имеется в литературных источниках. Подробные исследования гидрологической структуры для прибрежного района порта Пригородное были выполнены с апреля по декабрь 2003 года в рамках оценки фоновое экологического состояния при строительстве завода СПГ [5]. Максимальная температура наблюдалась в августе и составила 19.6 °С. По данным океанологических съемок в 2001–2003 гг. [2] максимальные температуры в приповерхностном слое не превышали 19 °С.

На следующем этапе был выполнен анализ доступных спутниковых данных за период с 1981 по 2025 г. в точке 46.52° с. ш., 142.77° в. д., расположенной рядом со станцией № 3. На рис. 6 представлен график изменения температуры воды для этой точки.

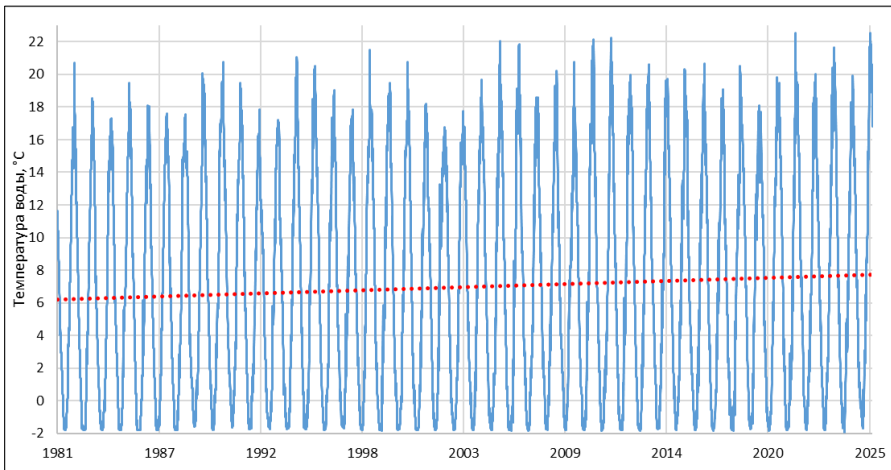


Рис. 6. Изменение температуры воды в заливе Анива (точка 46.52° с. ш., 142.77° в. д., рядом со станцией № 3) с 1.10.1981 по 30.09.2025.

Fig. 6. Change in surface water temperature in Aniva Bay (point 46.52°N, 142.77° E, near station No. 3) from 1.10.1981 to 30.09.2025.

Минимум температуры воды -1.86 °С наблюдался 13.02.1985, максимум 22.55 °С – 28.07.2021. Надо отметить, что отметка в 20 °С достигается не каждый год, однако такие случаи зарегистрированы более чем в двадцати годах из всего рассматриваемого периода. По данным имеющихся инструментальных наблюдений превышение температуры 20 °С зафиксировано только 1 раз. Это можно объяснить гораздо большим объемом спутниковых данных по сравнению с эпизодическими судовыми съемками, либо погрешностью спутниковых измерений. На графике выражен положительный многолетний тренд с величиной около 1.6 °С за весь период

(рис. 6). Существенное влияние на итоговый тренд оказал период с 2021 по 2025 год, когда температура в двух годах превышала отметку 22 °С.

Также по спутниковым данным был выполнен анализ среднемесячной температуры воды с 1982 по 2025 г. в исследуемой точке отдельно для каждого месяца (рис. 7). Многолетние тренды для всех месяцев положительные. Минимальные величины трендов отмечаются в период с декабря по март (0.1–0.4 °С за весь период). Наибольшие тренды наблюдаются в июле-августе – около 2.1–2.4 °С за весь период. Максимальные температуры наблюдаются в августе. Максимальная среднемесячная температура зарегистрирована в августе 2025 года с составляет 21.3 °С, хотя ранее только в 2010 г. немного была превышена отметка в 20 °С. Наибольшая дисперсия среднемесячных значений наблюдается в период с июля по сентябрь.

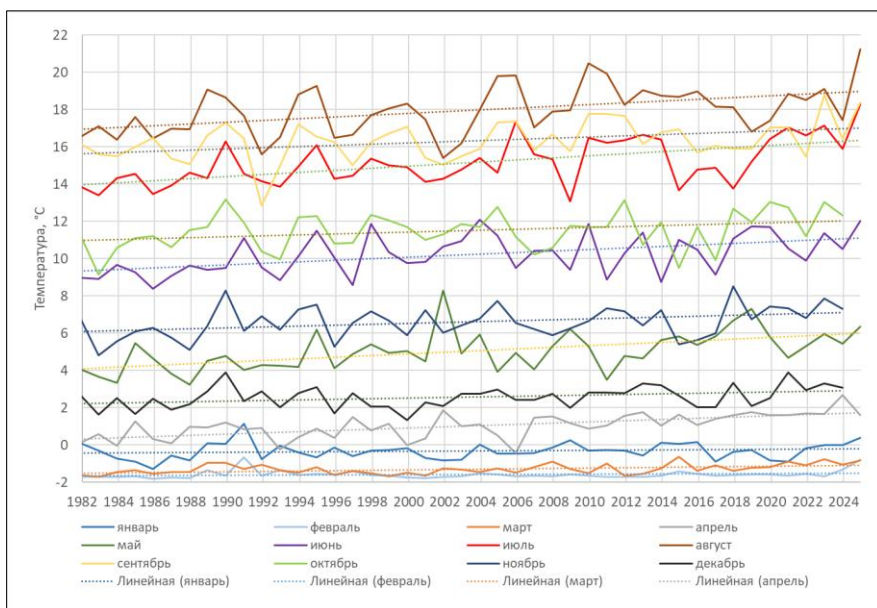


Рис. 7. Среднемесячная температура воды в заливе Анива (точка 46.52N, 142.77E, рядом со станцией № 3) с января 1982 по сентябрь 2025 г. по месяцам.

Fig. 7. Average monthly water temperature in Aniva Bay (point 46.52N 142.77E, near station No. 3) since January 1982 until September 2025 by month.

Необходимо отметить, что наблюдаемый рост температуры не является монотонным и наблюдаются периоды продолжительностью 1–4 года (например, для августа 1989–1992, 1995–1996, 2000–2002, 2006–2007, 2016–2019 гг.), когда температуры воды понижалась.

В [6] для периода с 1998 по 2017 г. для залива Анива получены слабые отрицательные тренды (около 0.5–1 °С). Если в наших расчётах сократить выборку до этого периода, то появляются отрицательные тренды в июне-июле и октябре-ноябре, а в остальные месяцы тренды остаются

положительными, но слабыми. Это может быть связано с разными исходными данными и их пространственным разрешением. В [6] используется собственная база данных СахНИРО на основе системы TerraScan. При формировании этой базы данных не использовались никакие иные процедуры, кроме усреднения. Как указывают авторы, нельзя считать эти данные эталонными, так как наличие пропусков из-за влияния облачности или ледяного покрова вносит определённые погрешности, но, с другой стороны, сопоставление с данными реанализа ERA5 показало, что в среднегодовых значениях отличия массивов невелики.

Но очевидно, что 2017 г. является локальным минимумом: для всех месяцев, кроме мая с 2018 по 2025 г., наблюдался рост температур (рис. 7). Поскольку при формировании базы данных СахНИРО не использовались никакие иные процедуры, кроме усреднения, она рассматривалась как некоторая условная основа сравнения. Нельзя сказать, что эти данные являются эталонными, так как наличие пропусков из-за влияния облачности или ледяного покрова вносит определённые погрешности, что не позволяет рассматривать их как «истинные» значения ТПО.

В [11] показано, что для Охотского моря с 1980 по 2015 г. наблюдается устойчивый отрицательный тренд ледовитости. Понятно, что оценки ледовитости только косвенно связаны с температурой воды, однако в целом для региона эти тенденции нельзя не отметить.

Если рассмотреть тренды по данным метеостанции за тот же период, когда имеются данные спутников (1981–2025 гг.), то величина тренда для среднегодовой температуры воздуха составляет около 1.5 °С, а для марта около 3.6 °С (тренд за весь период). Таким образом, мы имеем однонаправленные тренды в температуре воздуха и температуре воды с близкими по абсолютной величине значениями. Это говорит о возможном влиянии радиационного прогрева в мелководной прибрежной зоне. С другой стороны, опираясь на карты пространственного распределения разностей температуры воды (см. рис. 4), мы видим, что максимальный прогрев в исследуемой акватории наблюдается в районе теплого течения Соя, которое в свою очередь влияет на весь залив Анива. Также есть данные о более масштабных положительных аномалиях температуры воды в северной части Тихого океана в 2020–2021 гг. [18]. Данный вопрос также нуждается в более детальном рассмотрении.

Тем не менее данные спутниковых наблюдений могут иметь погрешность и не всегда являются надежным источником данных. 5 сентября 2023 г. в заливе Анива при помощи STD зонда Daowan был выполнен разрез от станции № 1 до станции № 5. Температура и солёность на разрезе приведены на рис. 8. На всех станциях в приповерхностном слое наблюдалась температура воды более 20 °С, а на станции А5 инструментально зарегистрирован максимум 21.46 °С.

Для сопоставления с данными измерений была построена карта поверхностной температуры по спутниковым данным для 5 сентября 2023 г. (рис. 9).

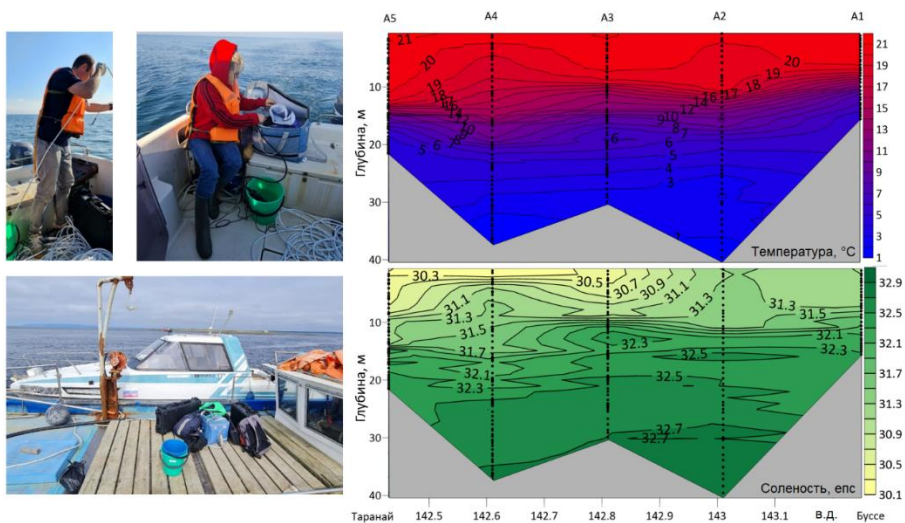


Рис. 8. Судовые измерения температуры и солёности в заливе Анива в 2023 г.
Fig. 8. Ship-based observations of temperature and salinity in Aniva Bay in 2023.

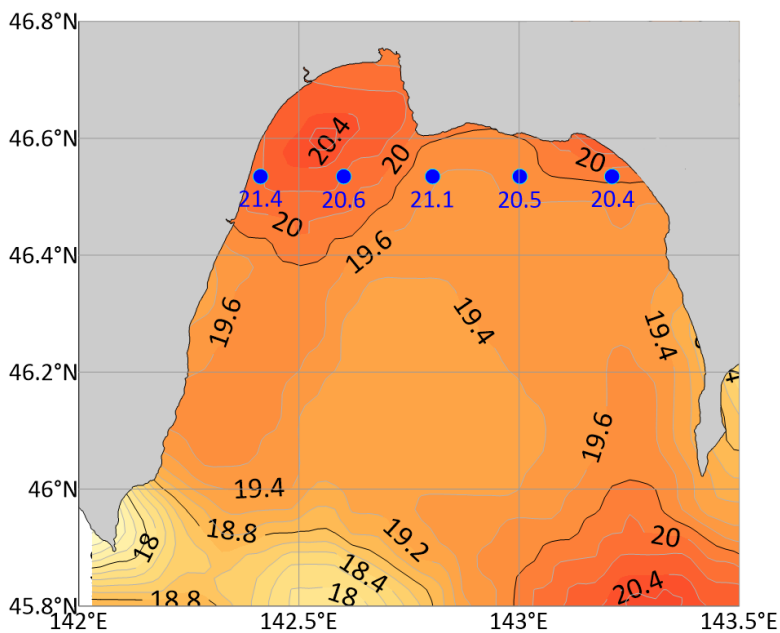


Рис. 9. Спутниковая температура в заливе Анива 5 сентября 2023 г. Синими точками отмечены станции, на которых проводились измерения, синим текстом приведены значения температуры по данным CTD зонда.
Fig. 9. Satellite surface water temperature in Aniva Bay on September 5, 2023. Blue dots indicate the stations where measurements were made, blue text shows the temperature values according to the CTD data.

Как видно на рис. 9, спутниковые и судовые данные в целом согласуются с разбросом около $0.5\text{--}1\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом важно отметить, что точного совпадения между спутниковыми данными и данными STD измерений в нашем случае не может быть. Используемый массив спутниковых данных является результатом обработки данных из нескольких источников и содержит осредненные за сутки значения, а STD данные являются мгновенными измерениями и отражают в том числе суточный ход температуры.

Дополнительно были проанализированы данные заякоренной станции, которая была установлена на глубине 10 м в заливе Анива рядом с лагуной Буссе. Датчик температуры в составе инклинометра показал, что 2–3 августа 2023 г. температура воды на глубине 10 м превышала $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 10). Этот факт также должен быть учтен, так как это важное инструментальное подтверждение присутствия вод теплее $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ на глубине 10 м в заливе Анива. Можно уверенно предполагать, что на поверхности температура была еще выше.

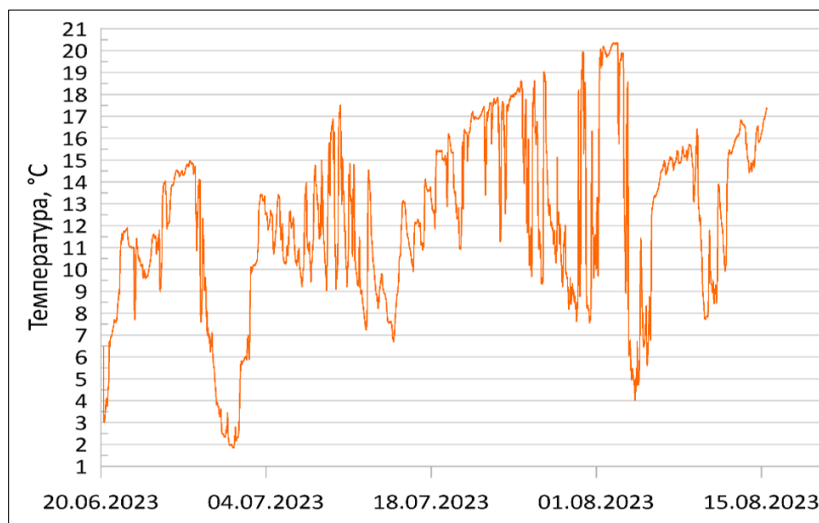


Рис. 10. Температура воды на заякоренной станции в заливе Анива в районе лагуны Буссе.

Fig. 10. Water temperature at the moored station in Aniva Bay in the area of Busse Lagoon.

Заключение

В результате анализа спутниковых и инструментальных данных в заливе Анива было установлено:

– для среднемесячной температуры воздуха на станции Корсаков с 1969 по 2025 г. наблюдаются положительные тренды для всех месяцев. Для августа рост температуры составляет около $1.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ за весь период, а для марта около $3.4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

– разности температуры воды за периоды с 1981 по 1990 г. и с 2016 по 2025 г. практически во всем заливе положительные и составляют 0.5–1 °С. Максимальное потепление отмечается в бухте Лососей и в северной части залива;

– по спутниковым данным за период с 1981 по 2025 г. на станции № 3 максимум температуры воды составляет 22.55 °С, наблюдается положительный тренд с величиной около 1.6 °С за весь период. По среднемесячным данным наибольшие тренды наблюдаются в июле-августе – около 2.1–2.4 °С за весь период;

– по данным архивных судовых съемок максимальная температура воды зарегистрирована в августе 1958 г. и составляет 20.1 °С. По данным съемки в сентябре 2023 г. инструментально зарегистрирован максимум температуры воды 21.46 °С.

Работа выполнена в рамках государственного задания Сахалинского государственного университета FEFF-2024-0004 (Архипкин В.С., Латковская Е.М.). Обработка данных метеостанции выполнена при поддержке темы государственного задания ИФА РАН № 125020501524-9 (Мысленков С.А.). Обработка спутниковых данных выполнена в рамках государственного задания Института морской геологии и геофизики ДВО РАН FWWM-2024-0002 (Пищальник В.М.). Для измерений использовался комплекс научного оборудования МГУ «Гидрометеорологический комплекс: STD зонды, метеостанция» соглашение №196.

Список литературы

1. Брушков А.В., Васина А.И., Кияшко Н.В., Мельников М.И., Осокин А.А., Черняк Ю.В., Фалалеева А.А. Глобальное потепление и состояние вечной мерзлоты в России // Вестник московского университета. Серия 4. Геология. 2024. Т. 63, № 6. С. 4-11.
2. Будаева В. Д., Макаров В. Г., Частиков В. Н. Результаты гидрологических исследований залива Анива в 2001-2003 гг. (структура и циркуляция вод) // Труды СахНИРО. 2005. Том 7. С. 83-110.
3. Вакуленко Н. В., Серых И. В., Сонечкин Д. М. Колебания десятилетнего масштаба средней температуры Северного полушария в рамках современного глобального потепления // Океанология. 2025. Том 65, № 1. С. 5-22. DOI: 10.31857/S0030157425010015. EDN DRLMLS
4. Кантаков Г.А., Частиков В.Н., Шевченко Г.В. Современные исследования течений в рыбопромысловых районах Сахалино-Курильского региона // Труды СахНИРО. Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях. 2002. Т. 4. С. 3-21.
5. Коренева Т.Г., Латковская Е.М., Частиков В.Н. Сезонная динамика гидролого-гидрохимических характеристик и концентрации хлорофилла а в заливе Анива в 2003 г. // Вода: химия и экология. 2014. № 4. С. 33-45.
6. Ложкин Д.М., Шевченко Г.В. Тренды температуры поверхности Охотского моря и прилегающих акваторий по спутниковым данным 1998–2017 гг. // Исследование Земли из космоса. 2019. № 1. С. 55-61.
7. Макаров С.О. Гидрологические исследования, произведенные в 1895 и 1896 гг. в Лаперузовом проливе и других местах // Океанографические работы. М.: Географгиз, 1950. С. 263-275.
8. Мысленков С. А., Пищальник В.М., Архипкин В.С., Латковская Е.М. Анализ ветрового волнения в заливе Анива по данным моделирования // Russian Journal of Earth Sciences. 2025. Т. 25, № 3. С. ES3012. DOI 10.2205/2025ES000957. EDN KTQGSC.

9. Мысленков С.А., Пищальник В.М., Кондрашов А.А. и др. Анализ измерений уровня моря и параметров ветрового волнения в заливе Анива (Охотское море) // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2025. № 1 (395). С. 118-130.

10. Пищальник В.М., Бобков А.О. Океанографический атлас шельфовой зоны остро ва Сахалин. Ч. I. Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ, 2000. 174 с.

11. Пищальник В.М. и др. Анализ динамики аномалий ледовитости Охотского моря в период с 1882 по 2015 г. // Известия ТИНРО. 2016. Т. 185. С. 228-239.

12. Росгидромет. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. В.М. Катцова. СПб.: Научное издание, 2022. 676 с.

13. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 930078. Комплект прикладных программ для подготовки и графического представления гидролого-гидрохимических характеристик сахалинского шельфа («ATLAS»). Авторы: Пищальник В.М., Бобков А.О. Заявка № 930058. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 08 декабря 1993 г.

14. Шевченко Г.В., Кантаков Г.А., Частиков В.Н. Экспериментальные исследования течений в заливе Анива осенью 2002 года // Труды СахНИРО. 2005. Т. 7. С. 224-244.

15. Шерстоков Б.Г. Глобальное потепление и его возможные причины // Гидрометеорология и экология. 2023. № 70. С. 7-37.

16. Цифровые технологии при моделировании природных процессов. / Под ред. В.М. Пищальника, В.А. Леонова. Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ, 2020. 164 с.

17. Язев С.А., Леви К.Г., Задонина Н.В. Глобальное потепление и вопросы научной методологии // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2009. Т. 2, № 1. С. 198-213.

18. Feng W., Leung M.Y.T., Wang D. et al. An Extreme Drought over South China in 2020/21 Concurrent with an Unprecedented Warm Northwest Pacific and La Niña // Adv. Atmos. Sci. 2022. Vol. 39. P. 1637-1649. <https://doi.org/10.1007/s00376-022-1456-0>

19. Good S., Fiedler E., Mao C., Martin M.J., Maycock A., Reid R., Roberts-Jone, J., Searle T., Waters J., While J., Worsfold M. The Current Configuration of the OSTIA System for Operational Production of Foundation Sea Surface Temperature and Ice Concentration Analyses // Remote Sensing. 2020. Vol. 12, no. 4. P. 720.

20. Maslennikov S.I. Marine Biological Resources in the Far Eastern Coast: Their Rational Use from Ecological and Economic Viewpoints // Energy and environment in Slavic Eurasia: toward the establishment of the network of environmental studies in the Pan-Okhotsk region. Sapporo: Slavik Research Center, Hokkaido University, 2008. P. 89-125.

21. Masson-Delmotte V., Zhai P., Pörtner H., Roberts D., Skea J., Shukla P., Pirani A., Moufouma-Okia W., Péan C., Pidcock R. Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 2018. 616 p.

22. Pishchalnik V.M., Arkhipkin V.S., Latkovskaya E.M., Myslenkov S.A., Bobkov A.O., Pishalnik A.V. Climatological oceanographic data of the shelf zone of Sakhalin island // Regional Studies in Marine Science. 2025. Vol. 89. P. 104389.

23. Pishchalnik V., Myslenkov S., Latkovskaya E., Arkhipkin V. Assessment of the Hydrochemical Characteristics of the Carbon Observational Site 'Carbon-Sakhalin' (Aniva Bay, Sea of Okhotsk) // Sustainability. 2024. Vol. 16, no. 7. P. 3031.

24. Pishchal'nik V.M., Arkhipkin V.S., Leonov A.V. Thermohaline analysis of the La Perouse Strait water // Water Resources. 2005. Vol. 32, no. 1. P. 13-22.

References

1. Broushkov A.V., Vasina A.I., Kiyashko N.V., Melnikov M.I., Osokin A.A., Chernyak Yu.V., Falaleeva A.A. Global warming and permafrost conditions in Russia. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 4. Geologia [Moscow University Bulletin. Series 4. Geology]*, 2025, vol. 80, no. 1, pp. 1-8. DOI: 10.3103/S0145875225700103

2. Budaeva V.D., Makarov V.G., Chastikov V.N. Results of hydrological studies of Aniva Bay in 2001-2003 (waters structure and circulation). *Trudy SahNIRO [Transactions of the «SakhNIRO»]*, 2005, vol. 7, pp. 83-110 [in Russ.].

3. Vakulenko N.V., Serykh I.V., Sonechkin D.M. Decadal oscillations of the Northern Hemisphere average temperature within current global warming. *Okeanologiya [Oceanology]*, 2025, vol. 65, no. 1, pp. 5-22. DOI: 10.31857/S0030157425010015 [in Russ.].

4. Kantakov G.A., Chastikov V.N., Shevchenko G.V. New investigations of the currents in the fishing areas of Sakhalin and Kuril Region. *Trudy SahNIRO [Transactions of the «SakhNIRO»]*, 2002, vol. 4, pp. 3-21 [in Russ.].

5. Korneeva T.G., Latkovskaya E.M., Chastikov V.N. Sezonnaya dinamika gidrologo-gidrohimičeskikh harakteristik i koncentracii hlorofilla a v zalive Aniva v 2003 g. [Seasonal changes in the hydrological and hydrochemical characteristics and in the concentration of a-chlorophyll in Aniva Bay in 2005]. *Voda: himiya i ekologiya [Water: chemistry and ecology]*, 2014, no. 4, pp. 33-45 [in Russ.].

6. Lozhkin D.M., Shevchenko G.V. Trends in sea surface temperature of the Sea of Okhotsk and adjacent water areas by satellite data in 1998-2017. *Issledovanie Zemli iz kosmosa [Earth Research from Space]*, 2019, no. 1, pp. 55-61. DOI: 10.31857/S0205-96142019155-61 [in Russ.].

7. Makarov S.O. Gidrologičeskie issledovaniya, proizvedennye v 1895 i 1896 gg. v Laperuzovom prolive i drugih mestah. *Okeanograficheskie raboty*. Moscow: Geografiz Publ., 1950. P. 263-275. [in Russ.].

8. Myslenkov S., Pishchalnik V., Arkhipkin V., Latkovskaya E. Analysis of wind waves in Aniva Bay based on model results. *Russian Journal of Earth Sciences*, 2025, vol. 25, no. 3, pp. ES3012. DOI 10.2205/2025ES000957. EDN KTQGSC.

9. Myslenkov S.A., Pishchalnik V.M., Kondrashov A.A., Kuptsova O.V., Arkhipkin V.S., Latkovskaya E.M. Analysis of sea level measurements and wind wave parameters in Aniva Bay (Sea of Okhotsk). *Gidrometeorologičeskie issledovaniya i prognozy [Hydrometeorological Research and Forecasting]*, 2025, vol. 395, no. 1, pp. 118-130. DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2025-1-118-130> [in Russ.].

10. Pishchal'nik V.M., Bobkov A.O. Okeanograficheskiy atlas shel'fovoj zony ostro va Sahalin. Ch. I. Juzhno-Sahalinsk: Izd-vo SahGU, 2000. 174 p. [in Russ.].

11. Pishchalnik V.M., Romanyuk V.A., Minervin I.G., Batuhtina A.S. analysis of dynamics for anomalies of the ice cover in the Okhotsk Sea in the period from 1882 to 2015. *Izvestiya TINRO*, 2016, vol. 185, pp 228-239 [in Russ.].

12. Rosgidromet. Tretij ocenocnyj doklad ob izmenenijah klimata i ih posledstvijah na territorii Rossijskoj Federacii / pod red. V.M. Katcova. SPb.: Naukoemkie tehnologii, 2022. 676 s. [in Russ.].

13. Svidetel'stvo ob oficial'noj registracii programmy dlja JeVM № 930078. Komplekt prikladnyh programm dlja podgotovki i graficheskogo predstavleniya gidrologo-gidrohimičeskikh harakteristik sahalinskogo shel'fa («ATLAS»). Avtory: Pishchal'nik V.M., Bobkov A.O. Zajavka № 930058. Zaregistrovano v Reestre programm dlja JeVM 08 dekabrja 1993 g. [in Russ.].

14. Shevchenko G.V., Kantakov G.A., Chastikov V.N. Experimental investigations of currents in Aniva Bay in autumn 2002. *Trudy SahNIRO [Transactions of the «SakhNIRO»]*, 2005, vol. 7, pp. 224-244 [in Russ.].

15. Sherstyukov B.G. Global warming and its possible causes. *Hydrometeorology and Ecology*. 2023, no.70, pp. 7-37. DOI: 10.33933/2713-3001-2023-70-7-37 [in Russ.].

16. Cifrovye tehnologii pri modelirovanii prirodnyh processov. / Pod red. V.M. Pishchal'nika, V.A. Leonova. Juzhno-Sahalinsk: Izd-vo SahGU, 2020. 164 p.

17. Yazev S.A., Levi K.G., Zadonina N.V. The global warming and problems of methodology. *Izvestiya Irkutskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya Nauki o Zemle [The Bulletin of Irkutsk State University. Series EARTH SCIENCES]*, 2009, vol. 2, no. 1, pp. 198-213 [in Russ.].

18. Feng W., Leung M.Y.T., Wang D. et al. An Extreme Drought over South China in 2020/21 Concurrent with an Unprecedented Warm Northwest Pacific and La Niña. *Adv. Atmos. Sci.*, 2022, vol. 39, pp. 1637-1649. <https://doi.org/10.1007/s00376-022-1456-0>

19. Good S., Fiedler E., Mao C., Martin M.J., Maycock A., Reid R., Roberts-Jone, J., Searle T., Waters J., While J., Worsfold M. The Current Configuration of the OSTIA System for Operational Production of Foundation Sea Surface Temperature and Ice Concentration Analyses. *Remote Sensing*, 2020, vol. 12, no. 4, pp. 720.

20. Maslennikov S.I. Marine Biological Resources in the Far Eastern Coast: Their Rational Use from Ecological and Economic Viewpoints. *Energy and environment in Slavic Eurasia: toward the establishment of the network of environmental studies in the Pan-Okhotsk region*. Sapporo: Slavik Research Center, Hokkaido University, 2008, pp. 89-125.

21. Masson-Delmotte V., Zhai P., Pörtner H., Roberts D., Skea J., Shukla P., Pirani A., Moufouma-Okia W., Péan C., Pidcock R. Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 2018, 616 p.

22. Pishchalnik V.M., Arkhipkin V.S., Latkovskaya E.M., Myslenkov S.A., Bobkov A.O., Pishalnik A.V. Climatological oceanographic data of the shelf zone of Sakhalin island. *Regional Studies in Marine Science*, 2025, vol. 89, pp. 104389.

23. Pishchalnik V., Myslenkov S., Latkovskaya E., Arkhipkin V. Assessment of the Hydrochemical Characteristics of the Carbon Observational Site 'Carbon-Sakhalin' (Aniva Bay, Sea of Okhotsk). *Sustainability*, 2024, vol. 16, no. 7, pp. 3031.

24. Pishchal'nik V.M., Arkhipkin V.S., Leonov A.V. Thermohaline analysis of the La Perouse Strait water. *Water Resources*, 2005, vol. 32, no. 1, P. 13-22.

Поступила 13.11.2025; принята в печать 17.03.2026.
Submitted 13.11.2025; accepted for publication 17.03.2026.