

Научная статья

УДК 551.46.062.5(265.51)

DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-944-960

EDN: HNJWCS



## ТИПОВЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ВЕРХНЕГО КВАЗИОДНОРОДНОГО СЛОЯ БЕРИНГОВА МОРЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

В.А. Лучин\*

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,  
690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, 43

**Аннотация.** Многолетние типовые распределения температуры воды верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) получены с использованием всей доступной океанологической информации по Берингову морю и проведенной ранее типизации. Как в холодные, так и в теплые по гидрологическим условиям годы наблюдаются неизменные особенности пространственного распределения температуры воды с максимальными значениями (от 3–4 до 5–6 °С) вблизи центральных и восточных проливов Алеутской гряды. Разница между типовыми значениями температуры в отдельных регионах моря, как правило, составляет 1,0–1,5 °С. Однако в олюторско-наваринском районе и в западной части восточноберингоморского склона различия в температуре ВКС при различных типовых условиях могут достигать 3–4 °С. Для исследования возможных причин формирования различий в типовых полях использован корреляционный анализ, что позволило рассмотреть большой набор потенциальных предикторов, которые характеризуют закономерности межгодовых изменений в термическом и динамическом состояниях атмосферы, деятельного слоя вод северной части Тихого океана и макромасштабных вариаций климата Земли.

**Ключевые слова:** Берингово море, океанологические наблюдения, температура морской воды, верхний квазиоднородный слой, типовые распределения, межгодовая изменчивость, «холодные» годы, «теплые» годы

**Для цитирования:** Лучин В.А. Типовые распределения температуры воды верхнего квазиоднородного слоя Берингова моря в зимний период // Изв. ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 4. — С. 944–960. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-944-960. EDN: HNJWCS.

Original article

### Typical patterns of the water temperature distribution in the upper mixed layer of the Bering Sea in winter season

Vladimir A. Luchin

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences,  
43, Baltiyskaya Street, Vladivostok, 690041, Russia

D.Geogr., leading researcher, vluchin@poi.dvo.ru, ORCID 0000-0003-4136-302X

**Abstract.** Typical patterns of the water temperature distribution in the upper mixed layer of the Bering Sea in winter are determined on all available oceanographic data obtained

\* Лучин Владимир Александрович, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник, vluchin@poi.dvo.ru, ORCID 0000-0003-4136-302X.

by research institutions of Russia, Japan, USA, and China. Previously [Luchin, 2023], the data were sorted to two sets presenting «cold» and «warm» winters. The proper set includes 2,492 oceanographic stations and the latter one — 2,130 stations. Spatial distribution of the temperature has some common patterns for both sets: the highest values (3–4 to 5–6 °C) are observed at the central and eastern passages between Aleutian Islands, primarily reflecting the Pacific waters invasion to the sea, then these waters are involved into the large-scale cyclonic gyre over the deep-water basin and transported along the continental slope that is indicated by 3 °C isotherm. However, different types of the temperature distribution are well distinguished by prominent difference of its values that is amounted in 1.0–1.5°, up to 3–4° at the northwestern coast including the western part of the eastern Bering Sea slope. A wide set of potential predictors for interannual variability of thermal and dynamic conditions in the Bering Sea are examined using correlation analysis, including the global and regional climatic indices. There is concluded that the winter temperature fields are formed by several key factors, as the warm Pacific waters advection, the basin-scale cyclonic circulation, the vertical and lateral water mixing in the Aleutian sounds and at the continental slope, and fall-winter cooling of the surface layer driven by air–sea heat exchange.

**Keywords:** Bering Sea, oceanographic observations, water temperature, upper mixed layer, distribution pattern, interannual variability, cold year, warm year

**For citation:** Luchin V.A. Typical patterns of the water temperature distribution in the upper mixed layer of the Bering Sea in winter season, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 4, pp. 944–960. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-944-960. EDN: HNJWCS.

## Введение

Термический режим Берингова моря в значительной мере определяется географическим положением, рельефом дна, морфометрией проливов, водообменом с Тихим океаном, солнечной радиацией, особенностями циркуляции атмосферы, системой течений, балансом тепла на поверхности моря, режимом ледовых условий и параметрами воздушных масс, под влиянием которых находится море в различные сезоны года [Давыдов, 1975; Фигуркин, 1992, 1997; Глебова, 2001; Luchin et al., 2002; Лучин, Соколов, 2007; Mueter et al., 2007; Басюк, 2009; Волков, 2012, 2016; Heintz et al., 2013; Siddon et al., 2013; Matishov et al., 2014; Лучин, 2023].

В работе Матера [Mueter et al., 2007] отмечается, что и чрезвычайно высокие, и крайне низкие значения температуры в море могут оказаться неблагоприятными для биопродуктивности высокого уровня. Недавние исследования также показали [например, Heintz et al., 2013; Siddon et al., 2013], что более «теплые» в зимний период гидрологические условия на шельфе Берингова моря могут быть некомфортными для выживания минтая первого года жизни в летне-осенний период. Отмечаются и перемещения к северу отдельных видов биологических объектов в ответ на рост температуры воды на шельфе Берингова моря [Mueter et al., 2007; Mueter, Litzow, 2008; Spencer, 2008]. В работе А.Ф. Волкова [2012] по данным наблюдений за летне-осенний период 2003–2011 гг. было показано, что на шельфе восточной части Берингова моря мелкие копеподы доминировали в теплые годы, а относительно крупные — в холодные.

Типизации и схематизации происходящих в системе океан–атмосфера процессов наиболее активно и достаточно продолжительное время используются в метеорологии. Исследователи отмечают сложность проблемы, что определяет много самых разнообразных подходов для ее решения. Как правило, этот вопрос возникает при всякого рода синоптических исследованиях, когда оказывается необходимым обобщить процессы за длительный промежуток времени или подвергнуть систематизации и изучению достаточно большой синоптический материал [Вангенгейм, 1938]. А.И. Соркина [1961] отмечает, что такие обобщения производятся с целью, во-первых, выявить некоторые основные черты процесса и, во-вторых, избавить исследователя от операций с бесконечным рядом ситуаций, сменяющих одна другую и никогда в точности не повторяющихся.

В практике гидрометеорологических исследований широко используются построения средних полей (многолетних распределений за год, сезон или месяц). Поскольку

они являются результатом обобщения самых разных ситуаций, имеющиеся индивидуальные особенности конкретных полей элементов на таких картах либо сглаживаются, либо вовсе исчезают [Соркина, 1961]. В связи с этим при различных научных и прикладных исследованиях широко внедрился метод обобщения материалов — типизация процессов, когда осреднение выполняется раздельно, по группам. В каждую из групп (при проведении типизации) подбираются случаи, характерные наличием какого-либо одного и того же признака, выбранного в качестве ведущего. Такое осреднение уже не уничтожает и не сглаживает, а напротив, выявляет и подчеркивает наиболее характерные индивидуальные особенности реальных процессов. Типизация позволяет расчленить средние распределения на составные части и показать, какие фактические процессы доминируют в реальных распределениях [Вангенгейм, 1938; Соркина, 1961].

Типизации атмосферных процессов над дальневосточным регионом были реализованы в научных работах ранее [например, Ботьянов, 1987; Глебова, 1999, 2001, 2003; Полякова, 1999]. В первом обобщении при подготовке типовых распределений были использованы данные 10-летнего архива синоптических карт (с их статистическим обобщением) за период с 1966 по 1975 г.

Более длительный ряд наблюдений (декадные карты приземного давления за 1980–2002 гг.) для выделения типов атмосферных процессов над дальневосточными морями (Японском, Охотском, Беринговым) использовала С.Ю. Глебова [2003]. Анализ процессов и их разделение на типы проводился с учетом двух критериев — качественного и количественного. Качественным признаком типизации было положение и интенсивность барических систем в пределах каждого из морей, что и определяет характер перемещения воздушных масс. Интенсивность переносов оценивалась при помощи количественного признака типизации, в качестве которого использовались значения зонального и меридионального индексов циркуляции [Кац, 1960].

А.М. Полякова [1999] по данным ежедневных приземных синоптических карт для северной части Тихого океана за 50-летний ряд наблюдений (с 01.01.1949 по 31.12.1998 г.) выделила 6 типов атмосферной циркуляции. В этой работе она использовала три ведущих признака для типизации:

- географическое положение основных траекторий циклонов;
- географическое положение областей высокого давления;
- направление перемещения воздушных масс и их общие характеристики (влажные или сухие, теплые или холодные, континентальные или морские).

Существует также ряд работ, посвященных исследованию типовых термических и динамических ситуаций в Охотском и Беринговом морях. Например, в работе Г.А. Власовой с соавторами [2008] рассмотрены результаты численных экспериментов циркуляции вод Охотского моря с использованием гидродинамической модели. Цель проведенных экспериментов — охарактеризовать влияния различных синоптических ситуаций, классификации которых предложили А.М. Полякова [1999] и С.Ю. Глебова [1999], на течения в море. По результатам диагностических расчетов в работе В.Д. Будаевой и В.Г. Макарова [Budaeva, Makarov, 1996] представлены типовые схемы циркуляции вод в прол. Лаперуза и зал. Анива с учетом различных типов метеорологических полей. Аналогичный подход (с использованием 4 типовых барических ситуаций восточного района Арктики) для исследования изменчивости течений Чукотского моря использовал М.Ю. Кулаков [1993]. Он показал влияние каждого типа циркуляции на ледово-гидрологический режим моря и продемонстрировал возможность применения разработанной типизации в оперативных и прогностических задачах.

В опубликованных ранее работах [Винокурова, 1964, 1972; Давыдов, 1975; Павлович и др., 1989; Чернявский, 1992; Фигуркин, 1997; Хен, 1997; Жигалов, Лучин, 2002, 2005; Luchin et al., 2002; Лучин, Жигалов, 2006; Лучин, Соколов, 2007; Басюк, 2009; Matishov et al., 2014; Лучин, Матвеев, 2016], помимо качественных и числовых оценок межгодовой изменчивости, также приводятся типизации многолетних изменений термических условий различных регионов Охотского и Берингова морей. Важная роль

крупномасштабной циркуляции атмосферы при формировании типа гидрологического режима вод моря отмечена в работе И.В. Давыдова [1975].

Целью настоящей работы является выявление особенностей в типовых распределениях температуры воды верхнего квазиоднородного слоя Берингова моря в зимний период.

### **Материалы и методы**

Для представления типовых распределений температуры воды в верхнем квазиоднородном слое (ВКС) была использована вся доступная океанологическая информация Берингова моря (данные организаций России, Японии, США и КНР). В предыдущей работе [Лучин, 2023] представлены полное описание источников и видов наблюдений, процедура исключения дублей станций и отбраковка недостоверных значений с учетом региональных особенностей моря, а также проведение интерполяции измеренных значений на горизонты, кратные 5 м. В ней также изложен расчет параметров (глубина нижней границы и средние взвешенные значения температуры и солёности ВКС) на каждой океанологической станции.

Ранее в работе В.А. Лучина [2023] по данным вклада только первой компоненты разложения полей температуры ВКС в Беринговом море по ЭОФ (эмпирическим ортогональным функциям) для зимнего периода и с использованием статистических критериев была выполнена типизация лет за 1958–2022 гг. В рамках предложенной классификации в термическом режиме ВКС всей акватории Берингова моря с 1958 по 2022 г. были выделены теплые по термическим условиям годы 1958, 1959, 1963, 1964, 1966, 1979, 1982, 1985, 1987, 1997, 2001, 2003, 2004, 2015–2018, 2020, 2022. Холодными были годы 1969, 1972, 1973, 1975–1977, 1984, 1988, 1995, 1999, 2000, 2002, 2008, 2010. Экстремально холодными были годы 2009 и 2012.

На основе проведенной типизации были сформированы два многолетних массива данных параметров ВКС Берингова моря — «холодных», с включением данных экстремально холодных лет (2 492 станции), а также «теплых» (2 130 станций) лет. Затем для каждого из типов были построены средние многолетние месячные поля пространственного распределения температуры воды ВКС Берингова моря для периода с декабря по март. Отметим одну важную деталь расчетов. Имеющиеся данные за декабрь (для построения полей) были смещены на один год раньше по отношению к выполненной типизации лет. Аналогичная процедура была применена при исследовании межгодовой изменчивости и дальнейшей типизации лет в работе [Лучин, 2023].

Для исследования возможных причин формирования различий в типовых средних многолетних месячных полях распределения температуры воды ВКС Берингова моря в зимний период использован ряд первой временной функции разложения по ЭОФ полей аномалий температуры воды в ВКС Берингова моря ( $Tw\_VKS\_BS$ ), представленный на рис. 2 (а) в работе В.А. Лучина [2023]. Данные этого ряда (в рамках корреляционного анализа) рассмотрены во взаимосвязи с большим набором потенциальных предикторов, которые характеризуют закономерности межгодовых изменений в термическом и динамическом состояниях атмосферы, деятельного слоя вод северной части Тихого океана и макромасштабных вариаций климата Земли.

В качестве предикторов (факторов, возможно, определяющих термическое состояние вод Берингова моря) использованы различные индексы, представляющие собой временные ряды параметров, характеризующих крупномасштабные пространственно-временные особенности системы океан–атмосфера. Все использованные индексы можно разделить на две группы: общепринятые, широко применяемые в мировой практике, а также расчетные, полученные в данной работе.

Источником данных первой группы индексов является интернет-ресурс [<https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/>]. В настоящей работе использованы следующие 18 средних месячных индексов из этой группы: индекс Арктической осцилляции (АО); временные ряды, вычисленные при объединении стандартизированных индексов SOI и

Nino 3.4 (BEST); East Pacific/North Pacific Oscillation (EP/NP); Global Mean Land/Ocean Temperature Index (GMLOTI); Nino 1+2; Nino 3; Nino 3.4; Nino 4; Northern Oscillation Index (NOI); North Pacific Pattern (NP); Oceanic Nino Index (ONI); осредненная температура поверхности океана в регионе 60–170 E, 15 S–15 N (Pacific Warmpool Area Average (PWAA)); Pacific Decadal Oscillation (PDO); Pacific North American Index (PNA); Southern Oscillation Index (SOI); Indices of El Nino Evolution (TNI); Tripole Index for the Interdecadal Pacific Oscillation (TPI (IPO)); Western Pacific Index (WP). Подробное описание всех этих индексов и ссылки на методики их определения представлены на интернет-ресурсе [psl.noaa.gov/data/climateindices/list/].

Следует отметить, что влиянию Алеутского минимума в зимний период на атмосферу и океан региона северной части Тихого океана посвящено большое число работ [например, Nitta, Yamada, 1989; Trenberth, 1990; Sugimoto, Hanawa, 2009]. Оно сказывается на изменениях температуры поверхности моря [Latif and Barnett, 1996] и на морских экосистемах [Polovina et al., 1995; Mantua et al., 1997]. В качестве показателя деятельности Алеутского минимума использовался индекс NP [Trenberth, Hurrell, 1994], который определяется как среднее давление на уровне моря в районе 30–65 N и 160 E–140 W. В работе Сугимото и Ханавы [Sugimoto, Hanawa, 2009] центральное положение Алеутского минимума определялось в пределах области (30–60 N и 150 E–150 W) при осреднении полей за декабрь–февраль. Есть еще один общепризнанный индекс Алеутской депрессии [Beamish, Bouillon, 1993; Beamish et al., 1999; Бугаев и др., 2018; Хен и др., 2019а] — ALPI — область северной части Тихого океана, ограниченная изобарой 1005 (площадь или ее аномалия). Как следует из работы Г.В. Хена с соавторами [2019б], этот индекс на сайте [www.beringclimate.noaa.gov/data.html](http://www.beringclimate.noaa.gov/data.html) обновляется с запаздыванием в 2 года, что является проблематичным для использования его в прогностических целях, более того, коэффициент корреляции между индексами ALPI и NP составляет 0,96 [Хен и др., 2019б].

Вторая группа, состоящая из 10 средних месячных индексов, также получена в рамках интернет-ресурса [<https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/>], но параметры их расчета были заданы автором настоящей работы исходя из региональных особенностей взаимодействия океана и атмосферы в регионе, охватывающем северную часть Тихого океана и восточный сектор Арктики. В их число входят:

- межгодовые изменения средних месячных значений приземного давления в районе Алеутского минимума (регион 50,0–57,5° с.ш. и 160–180° в.д.) — SLP\_1;
- межгодовые изменения средних месячных значений приземного давления в районе Алеутского минимума (регион 50,0–57,5° с.ш. и 155–170° в.д.) — SLP\_2;
- межгодовые изменения средних месячных значений меридиональных составляющих скорости ветра на уровне моря на западной периферии Алеутского минимума (район 50–60° с.ш. и 155–165° в.д. (MW\_1));
- межгодовые изменения средних месячных значений меридиональных составляющих скорости ветра на уровне моря на восточной периферии Алеутского минимума (район 50–60° с.ш. и 190–200° в.д. (MW\_2));
- межгодовые изменения средних месячных значений температуры поверхности океана к юго-востоку от восточных проливов Алеутской гряды (район 52,4–56,2° с.ш. и 200,6–204,4° в.д.) — SST\_R1;
- межгодовые изменения средних месячных значений температуры поверхности океана в вершине зал. Аляска (район 58,1–60,0° с.ш. и 210,0–217,5° в.д.) — SST\_R2;
- межгодовые изменения средних месячных значений температуры воздуха на уровне моря в районе 70,0–72,5° с.ш. и 190,0–200,0° в.д. (Ta\_R1);
- межгодовые изменения средних месячных значений температуры воздуха на уровне моря в районе 67,5–70,0° с.ш. и 160,0–170,0° в.д. (Ta\_R2);
- межгодовые изменения средних месячных значений температуры воздуха на уровне моря в районе 45,0–50,0° с.ш. и 180,0–190,0° в.д. (Ta\_R3);
- межгодовые изменения средних месячных значений температуры воздуха на уровне моря в районе 50,0–55,0° с.ш. и 200,0–210,0° в.д. (Ta\_R4).

### Результаты и их обсуждение

Представленные средние многолетние типовые поля температуры ВКС (рис. 1–4) свидетельствуют о том, что термический режим Берингова моря в значительной степени зависит от водообмена с Тихим океаном и от особенностей перераспределения трансформирующихся тихоокеанских вод по исследуемой акватории. Линии генерального градиента температуры ВКС в море в течение рассматриваемого периода сохраняют свое направление (с юго-востока на северо-запад).

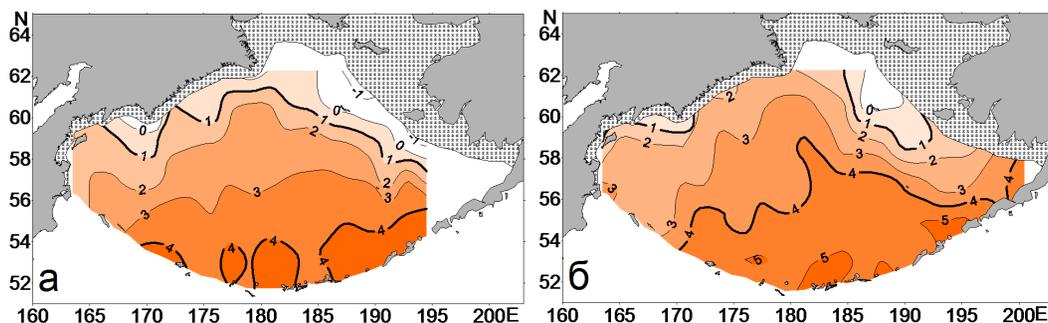


Рис. 1. Средние многолетние типовые (в «холодные» (а) и «теплые» (б) годы) распределения температуры воды ВКС Берингова моря в декабре, заштрихованная акватория — среднее многолетнее распределение ледяного покрова в декабре

Fig. 1. Long-term averaged distribution of the water temperature in the upper mixed layer of the Bering Sea in December of the cold (а) and warm (б) years (the ice-covered area is shaded)

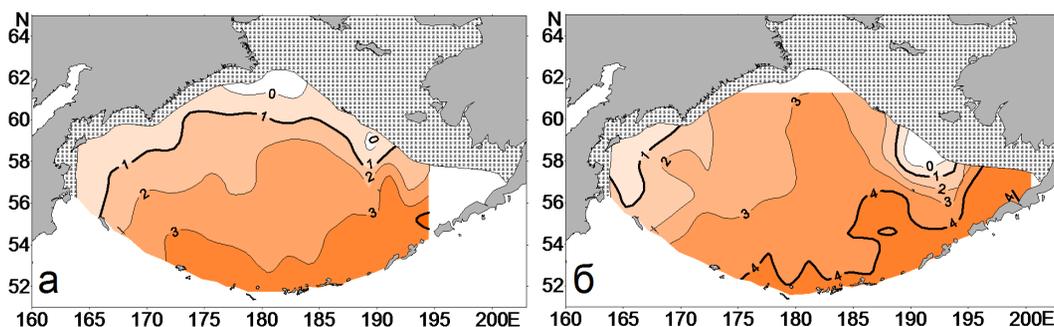


Рис. 2. Средние многолетние типовые (в «холодные» (а) и «теплые» (б) годы) распределения температуры воды ВКС Берингова моря в январе, заштрихованная акватория — среднее многолетнее распределение ледяного покрова в январе

Fig. 2. Long-term averaged distribution of the water temperature in the upper mixed layer of the Bering Sea in January of the cold (а) and warm (б) years (the ice-covered area is shaded)

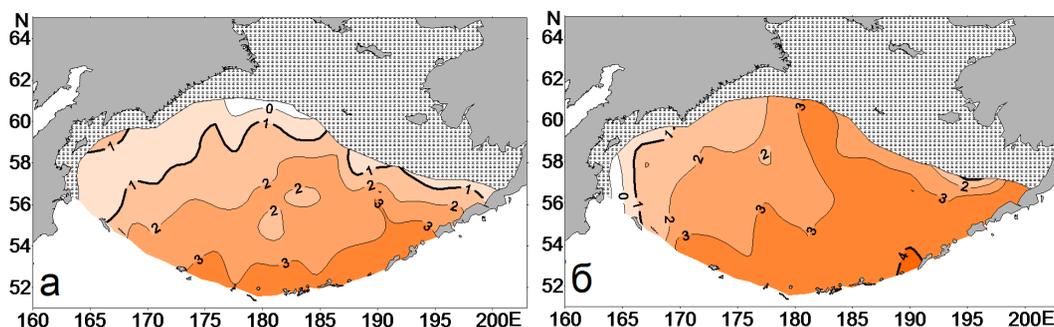


Рис. 3. Средние многолетние типовые (в «холодные» — (а) и «теплые» — (б) годы) распределения температуры воды ВКС Берингова моря в феврале, заштрихованная акватория — среднее многолетнее распределение ледяного покрова в феврале

Fig. 3. Long-term averaged distribution of the water temperature in the upper mixed layer of the Bering Sea in February of the cold (а) and warm (б) years (the ice-covered area is shaded)

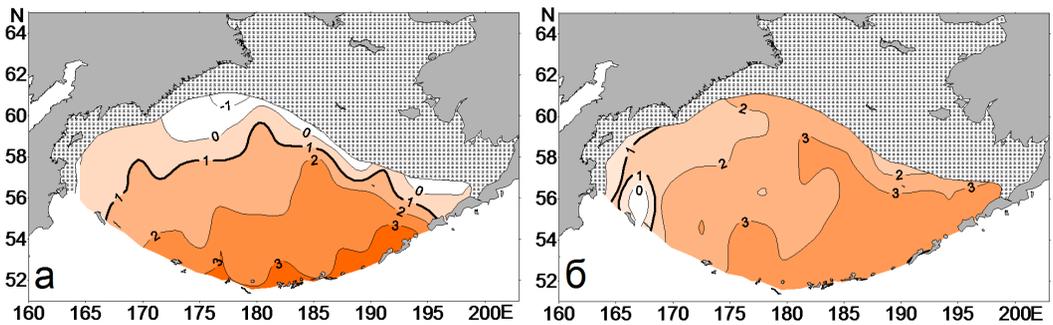


Рис. 4. Средние многолетние типовые (в «холодные» — (а) и «теплые» — (б) годы) распределения температуры воды ВКС Берингова моря в марте, *заштрихованная акватория* — среднее многолетнее распределение ледяного покрова в марте

Fig. 4. Long-term averaged distribution of the water temperature in the upper mixed layer of the Bering Sea in March of the cold (а) and warm (б) years (the ice-covered area is *shaded*)

Как в холодные, так и в теплые по гидрологическим условиям годы наблюдаются неизменные особенности пространственного распределения температуры воды. В течение всего исследуемого периода (с декабря по март) наиболее высокие значения температуры воды (от 3–4 до 5–6 °С) выделяются вблизи центральных и восточных проливов Алеутской гряды. Конфигурация изолиний 3 °С (особенно в «теплые» годы) на рис. 1–4 свидетельствует о крупномасштабной циклонической циркуляции вод над глубоководной котловиной, а также о продвижении теплых тихоокеанских вод вдоль свала глубин от юго-западной оконечности п-ова Аляска по направлению к мысу Наварин. В то же время наиболее низкие значения температуры воды в ВКС моря (менее 1 °С) отмечаются у склона глубоководной котловины моря и у кромки льда (рис. 1–4). Таким образом, типовые распределения температуры ВКС Берингова моря являются достаточно ярким индикатором поступления в море трансформированных тихоокеанских вод и адвективных процессов, происходящих в море.

Следует отметить также еще одну важную закономерность термического режима в течение холодного периода, выявленную на основе типовых распределений (рис. 1–4). Как видно на представленных рисунках, характерной особенностью пространственного распределения на всей рассматриваемой акватории являются однонаправленные (как в «холодные», так и в «теплые» годы) изменения температуры в ВКС Берингова моря (с максимумом в декабре и минимумом в феврале-марте).

В южной и восточной частях глубоководной котловины Берингова моря температура воды в «холодные» зимы, как правило, не превышает 3,5–4,5 °С. В то же время в «теплые» зимы она в начале зимы достигает 4,5–5,0 °С и только в феврале-марте понижается до 3,5 °С. Более того, если рассматривать глубоководную котловину моря в целом, то в типовые «теплые» годы область, заполненная переохлажденными водами (с температурой воды ниже 1 °С), существенно уменьшается (рис. 1–4).

Особенности пространственного распределения температуры в ВКС Берингова моря (при различных типах термического состояния вод моря) свидетельствуют о том, что формирование полей температуры (как в «холодные», так и в «теплые» зимы) происходит под влиянием нескольких основных факторов.

Во-первых, значительную роль на особенности полей температуры воды оказывает циклоническая система течений моря, а также интенсивное вертикальное и боковое перемешивание вод в проливах Алеутской гряды и у материкового склона. Во-вторых, существенная роль (особенно для присклоновых районов Камчатки) отводится следующим двум процессам (с различным доминированием их вклада в «теплые» и «холодные» годы) — адвекции теплых тихоокеанских вод и осенне-зимнего охлаждения деятельного слоя вод моря под влиянием метеорологических процессов и льдообразования.

Еще одна режимная особенность достаточно ярко выделяется в сравнении типовых «холодных» и «теплых» распределений температуры ВКС Берингова моря (рис. 1–4). В течение всего рассматриваемого периода существенно различаются размеры областей, которые заполнены водными массами с температурой выше 1 и 4 °С (эти изотермы на всех рисунках выделены более жирными линиями). Вследствие этого разница между типовыми значениями температуры в отдельных регионах моря, как правило, составляет 1,0–1,5 °С. Однако в олюторско-наваринском районе и в западной части восточнберингоморского склона различия в температуре ВКС при различных типовых условиях могут достигать 3–4 °С.

В настоящей работе также был выполнен поиск возможных факторов, влияющих на изменчивость термического состояния вод ВКС Берингова моря. Для этого рассмотрены корреляционные зависимости между временным коэффициентом первой моды разложения по ЭОФ полей аномалий температуры ВКС Берингова моря ( $Tw\_VKS\_BS$ , представленным в работе [Лучин, 2023]) с межгодовыми вариациями 28 средних месячных индексов (см. раздел «Материалы и методы»), отражающих межгодовую изменчивость в системе атмосфера–океан, а также локальные изменения в прилегающих регионах суши, Тихого океана и восточного сектора Арктики. Этот набор возможных средних месячных предикторов рассматривается для периода с сентября по апрель.

Вначале отметим следующие известные режимные особенности исследуемого региона, которые являются обоснованием использования месячной дискретности возможных предикторов. Термическое состояние вод ВКС Берингова моря формируется в течение всего холодного периода года. Межгодовые изменения гидрометеорологических условий на различных этапах холодного времени года не всегда однонаправлены. Это подтверждается, например, многолетним режимом ледовых процессов, которые являются результатом многофакторного взаимодействия в системе океан–атмосфера. Как следует из публикаций В.В. Плотникова [2002, 2003], начало льдообразования, период максимального развития ледовых условий моря и разрушение льда могут проходить в разных комбинациях по типам «теплых», «нормальных» или «холодных» лет.

Также имеются свои особенности и в гидрометеорологических данных (например, температура воздуха и температуры воды на поверхности Тихого океана). Эти данные, помимо межгодового сигнала, несут в себе существенную составляющую короткопериодной изменчивости (например, связанную с кратковременными изменениями погодных условий, а также внутренними волнами и вихревыми образованиями в толще вод). Все это также не позволяет использовать ряды предикторов с временными масштабами меньше месяца (как и обобщение данных за весь холодный период), поэтому все массивы потенциальных предикторов изначально взяты с месячной дискретностью, чтобы, во-первых, исключить погрешности, связанные с короткопериодной изменчивостью, во-вторых, оставить имеющиеся реальные внутрисезонные закономерности в рядах используемых предикторов, поскольку при обобщении данных за весь сезон вполне могут произойти сглаживание или исчезновение всевозможных ситуаций, имеющих реальные и индивидуальные особенности конкретного года.

Дополнительно (для каждого из 28 потенциальных предикторов) было сформировано по два ряда, которые отражают процессы более крупных временных масштабов. Для этого были рассчитаны интегральные индексы, которые получены как среднее из средних месячных значений за периоды сентябрь–октябрь и сентябрь–ноябрь. В первом приближении эти месяцы отражают переход термических процессов в системе океан–атмосфера от теплого периода к зимнему состоянию.

Отметим также, что весь перечисленный набор месячных индексов рассматривается с возможностью их дальнейшего использования в качестве потенциальных предикторов (при последующей разработке прогностических уравнений), так как известно, что практическая и научная значимость прогностических уравнений заключается в их заблаговременности.

К настоящему времени выполнено достаточно большое число работ, в которых использовались корреляционные зависимости с различными вариантами наборов известных индексов, отражающих межгодовые изменения параметров в системе океан–атмосфера. Все эти работы можно условно разделить на два класса. К первому из них относятся исследования по взаимосвязям между различными климатическими факторами (индексами) и состоянием запасов массовых промысловых рыб Тихого океана [Beamish, Bouillon, 1993; Beamish et al., 1999; Горяинов, Шатилина, 2003; Бугаев, Тепнин, 2011; Бугаев и др., 2018]. Второй класс работ посвящен выяснению происходящих изменений температуры поверхности океана (ТПО) в северной части Тихого океана (включая регион Берингова моря) и их взаимосвязи с различными климатическими индексами. Следует отметить, что во всех этих работах была различная продолжительность используемых рядов, а также разные временные масштабы обобщения данных как ТПО, так и используемых индексов. Например, в некоторых работах [Бугаев, Тепнин, 2011; Бугаев и др., 2018; Хен и др., 2022] использовано сезонное осреднение в исходных рядах, И.Д. Ростов с соавторами [2018] рассмотрели межгодовые изменения аномалий поверхностной температуры с климатическими индексами для холодного (ноябрь–апрель) и теплого (июнь–октябрь) сезонов, а также средние годовые обобщения данных с 1982 по 2016 г. В работе Г.В. Хена и Ю.Д. Сорокина [2008] использованы периоды осреднения данных от среднегодовых до 11-летних.

Результаты проведенных в настоящей работе корреляционных расчетов представлены в табл. 1. Ее анализ показал, что весь набор потенциальных предикторов делится на несколько существенно различающихся групп. К первой из них относятся предикторы, которые не имеют статистически значимых линейных корреляций с временным коэффициентом первой моды разложения по ЭОФ полей аномалий температуры ВКС Берингова моря ( $Tw\_VKS\_BS$ ). В их число вошли общепринятые в мировой практике индексы (AO, BEST, Nino 1+2, Nino 3, Nino 3.4, NP, ONI, PNA, SOI, TPI (IPO), WP), а также один региональный индекс, характеризующий меридиональную составляющую скорости ветра ( $MW\_2$ ).

Во вторую группу включен ряд возможных предикторов, значения коэффициентов корреляции с которыми не превышают 0,31–0,34 и только в отдельные месяцы. К ним относятся EP/NP (со значимыми коэффициентами корреляции в сентябре и ноябре), NOI (со значимым коэффициентом корреляции только в декабре),  $MW\_1$  (со значимыми коэффициентами корреляции в марте и апреле),  $SLP\_1$  и  $SLP\_2$  (со значимыми коэффициентами корреляции в декабре и апреле). Вполне возможно, что полученные связи с этой группой предикторов также являются случайными.

Отдельно выделена группа возможных предикторов со сравнительно высокими коэффициентами корреляции за все представленные месяцы (с сентября по апрель). В их число входят следующие индексы: Global Mean Land/Ocean Temperature Index (GMLOTI), NINO 4, Pacific Warmpool Area Average (PWAA),  $Ta\_R1$ ,  $Ta\_R2$ .

Особенностью перечисленных индексов является то, что значимые и сравнительно высокие значения коэффициентов корреляции обеспечиваются наличием трендовой составляющей в сравниваемых рядах. Если из ряда данных, характеризующего межгодовую изменчивость термического состояния вод ВКС Берингова моря ( $Tw\_VKS\_BS$ ), убрать трендовую компоненту, то корреляционные связи со всеми этими индексами и для всех месяцев, как правило, становятся незначимыми. Исключением являются невысокие значимые корреляционные связи в отдельные месяцы с индексами  $Ta\_R1$  (в ноябре и январе) и  $Ta\_R2$  (в ноябре). Более того, коэффициенты корреляции, рассчитанные по двум вариантам (с трендовыми составляющими и без них), за более продолжительные периоды (сентябрь–октябрь и сентябрь–ноябрь) также не привели к росту значений коэффициентов корреляции для этой группы индексов (табл. 2).

В последнюю группу месячных индексов, на наш взгляд, имеющих хорошую перспективу для формирования возможного прогностического уравнения, включен

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между термическим состоянием ВКС Берингова моря (Tw\_VKS\_BS) и возможными предикторами.

Значимые коэффициенты корреляции выделены жирным шрифтом

Table 1

Correlation coefficients between the mean winter water temperature in the upper mixed layer of the Bering Sea (Tw\_VKS\_BS) and potential predictors.

Significant correlations are shown in bold

Предиктор	Месяц									
	м09	м10	м11	м12	м01	м02	м03	м04	Среднее м09-10	Среднее м09-11
AO <sup>1</sup>	0,03	-0,21	0,04	-0,06	-0,05	0,15	0,18	-0,04	-0,16	-0,07
BEST <sup>1</sup>	0,11	0,10	0,12	0,07	0,05	0,08	0,0	0,14	0,11	0,11
EP/NP <sup>1</sup>	<b>-0,30</b>	-0,07	<b>0,28</b>	0,0	0,24	0,10	0,24	0,24	-0,23	-0,04
GMLOTI <sup>1</sup>	<b>0,60</b>	<b>0,62</b>	<b>0,62</b>	<b>0,61</b>	<b>0,61</b>	<b>0,58</b>	<b>0,57</b>	<b>0,55</b>	<b>0,61</b>	<b>0,61</b>
Nino 1+2 <sup>1</sup>	0,03	0,09	0,10	0,08	0,06	0,04	0,08	-0,02	0,06	0,08
Nino 3 <sup>1</sup>	0,09	0,14	0,13	0,12	0,08	0,10	0,16	0,17	0,12	0,12
Nino 3.4 <sup>1</sup>	0,16	0,16	0,13	0,13	0,09	0,11	0,18	<b>0,26</b>	0,16	0,15
Nino 4 <sup>1</sup>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,28</b>	<b>0,27</b>	<b>0,26</b>	<b>0,26</b>	<b>0,32</b>	<b>0,38</b>	<b>0,35</b>	<b>0,32</b>
NOI <sup>4</sup>	0,0	-0,05	0,04	<b>-0,31</b>	-0,03	0,06	-0,13	-0,19	-0,03	0,01
NP <sup>2</sup>	-0,03	-0,18	0,12	-0,15	-0,19	0,20	0,16	<b>-0,40</b>	-0,14	0,0
ONI <sup>1</sup>	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,06	0,06
PWAA <sup>1</sup>	<b>0,53</b>	<b>0,55</b>	<b>0,60</b>	<b>0,58</b>	<b>0,58</b>	<b>0,54</b>	<b>0,58</b>	<b>0,54</b>	<b>0,54</b>	<b>0,57</b>
PDO <sup>1</sup>	0,18	0,14	<b>0,27</b>	<b>0,37</b>	<b>0,40</b>	<b>0,33</b>	0,25	<b>0,29</b>	0,17	0,22
PNA <sup>1</sup>	0,16	0,02	-0,10	0,12	0,22	-0,04	-0,17	-0,07	0,12	0,03
SOI <sup>1</sup>	-0,10	-0,15	-0,12	-0,07	-0,01	-0,10	-0,01	-0,07	-0,13	-0,14
TNI <sup>1</sup>	<b>-0,44</b>	<b>-0,41</b>	<b>-0,38</b>	<b>-0,35</b>	<b>-0,33</b>	<b>-0,35</b>	<b>0,37</b>	<b>-0,41</b>	<b>-0,43</b>	<b>-0,42</b>
TPI (IPO) <sup>3</sup>	0,10	0,15	0,19	0,17	0,16	0,13	0,24	<b>0,29</b>	0,13	0,15
WP <sup>1</sup>	-0,20	-0,19	-0,09	0,21	0,24	0,18	0,11	-0,19	<b>-0,27</b>	<b>-0,29</b>
MW_1 <sup>1</sup>	0,02	-0,04	0,12	-0,17	-0,09	0,08	<b>0,33</b>	<b>-0,27</b>	-0,01	0,09
MW_2 <sup>1</sup>	0,07	0,11	0,03	0,18	-0,05	0,25	-0,07	0,07	0,12	0,11
SLP_1 <sup>1</sup>	-0,02	-0,16	0,05	<b>-0,31</b>	-0,13	0,03	0,10	<b>-0,33</b>	-0,14	-0,05
SLP_2 <sup>1</sup>	-0,04	-0,18	-0,04	<b>-0,34</b>	-0,10	0,0	-0,01	<b>-0,31</b>	-0,18	-0,14
SST_R1 <sup>1</sup>	<b>0,60</b>	<b>0,63</b>	<b>0,62</b>	<b>0,57</b>	<b>0,50</b>	<b>0,46</b>	<b>0,35</b>	<b>0,31</b>	<b>0,64</b>	<b>0,67</b>
SST_R2 <sup>1</sup>	<b>0,30</b>	<b>0,32</b>	<b>0,26</b>	<b>0,28</b>	0,23	0,19	0,09	0,01	<b>0,33</b>	<b>0,33</b>
Ta_R1 <sup>1</sup>	<b>0,43</b>	<b>0,52</b>	<b>0,66</b>	<b>0,39</b>	<b>0,33</b>	<b>0,39</b>	<b>0,42</b>	<b>0,42</b>	<b>0,52</b>	<b>0,64</b>
Ta_R2 <sup>1</sup>	<b>0,28</b>	<b>0,45</b>	<b>0,60</b>	0,16	0,15	<b>0,38</b>	<b>0,39</b>	<b>0,34</b>	<b>0,42</b>	<b>0,58</b>
Ta_R3 <sup>1</sup>	<b>0,48</b>	<b>0,56</b>	<b>0,38</b>	<b>0,30</b>	0,13	<b>0,35</b>	0,08	<b>0,38</b>	<b>0,59</b>	<b>0,63</b>
Ta_R4 <sup>1</sup>	<b>0,54</b>	<b>0,57</b>	<b>0,39</b>	<b>0,43</b>	<b>0,37</b>	<b>0,33</b>	0,21	<b>0,52</b>	<b>0,63</b>	<b>0,58</b>

Примечание. n — количество членов ряда; R<sub>крит</sub> — критическое значение коэффициента корреляции.

<sup>1</sup> Данные за 1958–2022 гг. (n = 65, R<sub>крит</sub> = 0,25).

<sup>2</sup> Данные за 1958–2020 гг. (n = 63, R<sub>крит</sub> = 0,25).

<sup>3</sup> Данные за 1958–2010 гг. (n = 53, R<sub>крит</sub> = 0,28).

<sup>4</sup> Данные за 1958–2007 гг. (n = 50, R<sub>крит</sub> = 0,29).

набор следующих предикторов: PDO, TNI, SST\_R1, SST\_R2, Ta\_R3, Ta\_R4. Они имеют значимые коэффициенты корреляции с рядом, характеризующим межгодовую изменчивость термического состояния вод ВКС Берингова моря в зимний период. Более того, полученные корреляционные связи с этими возможными предикторами не являются результатом наличия трендовых составляющих в сравниваемых рядах. Если из ряда данных, характеризующего межгодовую изменчивость термического состояния вод ВКС Берингова моря, убрать трендовую компоненту, то корреляционные связи со всеми этими индексами остаются значимыми. Отметим также, что при обоб-

Коэффициенты корреляции между термическим состоянием ВКС Берингова моря (Tw\_VKS\_BS с исключенной трендовой составляющей из временного ряда) и возможными предикторами.

Значимые коэффициенты корреляции выделены жирным шрифтом ( $R_{\text{крит}} = 0,25$ , для рядов данных за 1958–2022 гг.).

Table 2

Correlation coefficients between the mean winter water temperature in the upper mixed layer of the Bering Sea with excluded linear trend and potential predictors. Significant correlations are shown in bold, relative to the critical value  $R_{\text{крит}} = 0.25$  for 1958–2022 data series

Предиктор	Месяц									
	м09	м10	м11	м12	м01	м02	м03	м04	Среднее м09-10	Среднее м09-11
GMLOTI	0,12	0,11	0,07	0,03	0,10	0,12	0,13	0,12	0,11	0,12
Nino 4	0,25	0,21	0,20	0,21	0,23	0,23	0,25	0,25	0,23	0,22
PWAA	0,06	0,06	0,09	0,09	0,12	0,11	0,15	0,09	0,06	0,07
PDO	0,23	0,23	<b>0,30</b>	<b>0,33</b>	<b>0,36</b>	<b>0,30</b>	0,18	0,25	0,24	<b>0,28</b>
TNI	<b>-0,32</b>	<b>-0,29</b>	<b>-0,28</b>	<b>-0,29</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,33</b>	<b>0,36</b>	<b>-0,37</b>	<b>-0,31</b>	<b>-0,30</b>
SST_R1	<b>0,44</b>	<b>0,46</b>	<b>0,49</b>	<b>0,50</b>	<b>0,52</b>	<b>0,49</b>	<b>0,36</b>	<b>0,41</b>	<b>0,47</b>	<b>0,50</b>
SST_R2	<b>0,36</b>	<b>0,42</b>	<b>0,46</b>	<b>0,49</b>	<b>0,42</b>	<b>0,37</b>	<b>0,30</b>	<b>0,28</b>	<b>0,42</b>	<b>0,47</b>
Ta_R1	0,08	0,14	<b>0,31</b>	0,15	<b>0,27</b>	0,23	0,16	0,04	0,13	0,23
Ta_R2	0,04	0,12	<b>0,30</b>	-0,40	0,05	0,25	0,15	0,00	0,09	0,21
Ta_R3	<b>0,37</b>	<b>0,34</b>	0,23	0,24	0,13	0,21	0,18	<b>0,31</b>	<b>0,41</b>	<b>0,43</b>
Ta_R4	<b>0,43</b>	<b>0,40</b>	<b>0,38</b>	<b>0,32</b>	<b>0,34</b>	0,23	0,20	<b>0,32</b>	<b>0,46</b>	<b>0,47</b>

щении этих рядов предикторов за более длительные промежутки времени (например за сентябрь-октябрь или за сентябрь-ноябрь) происходит незначительное увеличение коэффициентов корреляции (табл. 2).

Следует отметить, что полученные в настоящей работе результаты (табл. 1 и 2) не противоречат ранее полученным и представленным в исследованиях ряда авторов [Хен, Сорокин, 2008; Бугаев, Тепнин, 2011; Бугаев и др., 2018; Ростов и др., 2018; Хен и др., 2022]. Однако полного совпадения результатов ожидать не стоило по следующим объективным причинам. Во первых, масштабы осреднения данных ТПО, температуры воды ВКС Берингова моря, а также используемых индексов (не только пространственные, но и в большей степени временные) во всех работах были разные. Второй и главный фактор, несмотря на близость параметров ТПО и ВКС, это разные ряды данных (по методологии получения исходных данных и расчета конечных параметров). Более того, в настоящей работе в качестве параметра, характеризующего межгодовую изменчивость термического состояния вод ВКС Берингова моря в зимний период, использован вклад только первой временной функции разложения по ЭОФ полей аномалий температуры воды, отражающий синхронные межгодовые изменения в пределах всего Берингова моря.

### Заклучение

Основываясь на результатах выполненной ранее типизации термических условий ВКС Берингова моря, представленной в работе В.А. Лучина [2023], для 1958–2022 гг. получены существенно различающиеся средние многолетние типовые («теплые» и «холодные») состояния ВКС Берингова моря для периода с декабря по март.

Представленные средние многолетние типовые поля температуры ВКС свидетельствуют о том, что термический режим Берингова моря в значительной степени зависит от водообмена с Тихим океаном и от особенностей перераспределения трансформирующихся тихоокеанских вод по исследуемой акватории.

Выявлены статистически значимые корреляционные связи, которые могут быть использованы для составления прогностического уравнения с заблаговременностью

не менее 1 мес. В число возможных предикторов могут быть включены температура поверхности моря в районе к юго-востоку от восточных проливов Алеутской гряды, температура поверхности моря в вершине зал. Аляска, температура воздуха в локальных областях восточного сектора Арктики, а также известные индексы (Global Mean Land/Ocean Temperature, NINO 4, Pacific Warmpool Area Average, PDO, TNI).

### **Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)**

Автор выражает искреннюю благодарность рецензентам за их конструктивные замечания и предложения по корректировке текста статьи.

The author is sincerely grateful to reviewers of the manuscript for their constructive comments and useful suggestions for the text correction.

### **Финансирование работы (FUNDING)**

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы НИР ТОИ ДВО РАН «Исследование основных процессов, определяющих состояние и изменчивость океанологических характеристик окраинных морей Азии и прилегающих районов Тихого и Индийского океанов», рег. № 121021700346-7.

The study is conducted within the framework of the state budget topic of Pacific Oceanological Institute “Study of the main processes that determine the state and variability of oceanological characteristics in the marginal seas of Asia and adjacent areas of the Pacific and Indian Oceans”, No. 121021700346-7.

### **Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)**

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

Отсутствует потенциальный конфликт интересов в принадлежности данных.

All applicable international, national, and/or institutional guidelines for care and use of animals were implemented.

No potential conflict of interest is reported by the author.

### **Список литературы**

**Басюк Е.О.** Динамика вод и особенности сезонной и межгодовой трансформации низкотемпературных вод северо-западной части Берингова моря // *Вопр. промысл. океанол.* — 2009. — Вып. 6, № 1. — С. 222–238.

**Ботьянов В.Е.** Атлас типовых полей ветра и ветрового волнения шельфовой зоны Камчатки. — Петропавловск-Камчатский, 1987. — 197 с.

**Бугаев А.В., Тепнин О.Б.** Оценка влияния некоторых климатических факторов на численность азиатских стад горбуши и кеты // *Изв. ТИНРО.* — 2011. — Т. 166. — С. 67–87.

**Бугаев А.В., Тепнин О.Б., Радченко В.И.** Климатическая изменчивость и продуктивность тихоокеанских лососей Дальнего Востока России // *Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана.* — 2018. — Вып. 49. — С. 5–50. DOI: 10.15853/2072-8212.2018.49.5-50.

**Вангенгейм Г.Я.** К вопросу о типизации и схематизации атмосферных процессов // *Метеорол. и гидрол.* — 1938. — № 3. — С. 38–58.

**Винокурова Т.Т.** Межгодовая изменчивость придонной температуры у западного побережья Камчатки // *Исслед. по биол. рыб и промысл. океанографии.* — Владивосток : ТИНРО, 1972. — Вып. 7. — С. 3–11.

**Винокурова Т.Т.** О распределении придонной температуры воды у западного побережья Камчатки // *Изв. ТИНРО.* — 1964. — Т. 55. — С. 165–174.

**Власова Г.А., Васильев А.С., Шевченко Г.В.** Пространственно-временная изменчивость структуры и динамики вод Охотского моря : моногр. — М. : Наука, 2008. — 359 с.

**Волков А.Ф.** Результаты исследований зоопланктона Берингова моря по программе NPAFC (экспедиция «BASIS»). Часть 1. Восточные районы // *Изв. ТИНРО.* — 2012. — Т. 169. — С. 45–66.

**Волков А.Ф.** Элементарная трофология тихоокеанских лососей в Беринговом море. Видовые и региональные отличия. Обеспеченность пищей при различных условиях среды // *Изв. ТИНРО.* — 2016. — Т. 187. — С. 162–186. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-187-162-186.

**Глебова С.Ю.** Типы атмосферных процессов и связанных с ними условий погоды на Беринговом море // Метеорол. и гидрол. — 2001. — № 1. — С. 63–71.

**Глебова С.Ю.** Типы атмосферных процессов над дальневосточными морями, межгодовая изменчивость их повторяемости и сопряженность // Изв. ТИНРО. — 2003. — Т. 134. — С. 209–257.

**Глебова С.Ю.** Типы синоптических ситуаций и связанных с ними погодных явлений над Охотским морем // Изв. ТИНРО. — 1999. — Т. 126. — С. 572–586.

**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.

**Давыдов И.В.** Некоторые черты атмосферной циркуляции над северо-западной частью Тихого океана их связь с режимом вод на камчатском шельфе // Изв. ТИНРО. — 1975. — Т. 97. — С. 158–171.

**Жигалов И.А., Лучин В.А.** Долгопериодные изменения температуры придонных вод на шельфе западной Камчатки и возможность их прогнозирования // Тез. докл. междунар. рабочего совещ. по изучению глобальных изменений на Дальнем Востоке. — Владивосток : Дальнаука, 2002. — С. 132–135.

**Жигалов И.А., Лучин В.А.** Межгодовая изменчивость температуры придонных вод на шельфе западной Камчатки // Метеорол. и гидрол. — 2005. — № 10. — С. 72–80.

**Кац А.Л.** Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы : моногр. — Л. : Гидрометеиздат, 1960. — 270 с.

**Кулаков М.Ю.** Моделирование типовых циркуляций вод Чукотского моря // Тр. АА-НИИ. — 1993. — Т. 429. — С. 76–85.

**Лучин В.А.** Межгодовая изменчивость термического состояния верхнего квазиоднородного слоя Берингова моря в зимний период // Изв. ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 3. — С. 601–617. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-601-617. EDN: CLBUPR.

**Лучин В.А., Жигалов И.А.** Межгодовые изменения типовых распределений температуры воды в деятельном слое Охотского моря и возможность их прогноза // Изв. ТИНРО. — 2006. — Т. 147. — С. 183–204.

**Лучин В.А., Матвеев В.И.** Межгодовая изменчивость термического состояния холодного подповерхностного слоя Охотского моря // Изв. ТИНРО. — 2016. — Т. 187. — С. 205–216. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-187-205-216.

**Лучин В.А., Соколов О.В.** Межгодовая изменчивость и возможность прогноза термического состояния деятельного слоя вод Берингова моря // Изв. ТИНРО. — 2007. — Т. 151. — С. 312–337.

**Павлычев В.П., Будаева В.Д., Хен Г.В. и др.** Межгодовые изменения гидрометеорологических условий в основных районах промысла северо-западной части Тихого океана и возможности их прогнозирования // Долгопериодная изменчивость условий природной среды и некоторые вопросы рыбопромыслового прогнозирования : сб. науч. тр. ВНИРО. — М. : ВНИРО, 1989. — С. 124–141.

**Плотников В.В.** Изменчивость ледовых условий дальневосточных морей России и их прогноз : моногр. — Владивосток : Дальнаука, 2002. — 167 с.

**Плотников В.В.** Эволюция ледовых условий дальневосточных (Японское, Охотское, Берингово) морей России во второй половине XX века // Вестн. ДВО РАН. — 2003. — № 2. — С. 126–133.

**Полякова А.М.** Календарь типов атмосферной циркуляции с учетом нестационарности над северной частью Тихого океана и их краткая характеристика. — Владивосток : Изд-во Дальневост. ун-та, 1999. — 115 с.

**Ростов И.Д., Дмитриева Е.В., Воронцов А.А.** Тенденции климатических изменений термических условий в прибрежных акваториях западной части Берингова моря и прилегающих районах за последние десятилетия // Изв. ТИНРО. — 2018. — Т. 193. — С. 167–182. DOI: 10.26428/1606-9919-2018-193-167-182.

**Соркина А.И.** Обзор исследований по типизации атмосферных процессов над океанами // Тр. ГОИН. — 1961. — Вып. 61. — С. 159–168.

**Фигуркин А.Л.** Межгодовая изменчивость теплового состояния вод охотоморского шельфа (1983–1995 гг.) // Комплексные исследования экосистем Охотского моря. — М. : ВНИРО, 1997. — С. 50–52.

**Фигуркин А.Л.** Некоторые особенности формирования и распространения вод ХПС в западной части Берингова моря // Океанологические основы биологической продуктивности северо-западной части Тихого океана. — Владивосток : ТИНРО, 1992. — С. 20–29.

**Хен Г.В.** Основные закономерности многолетних изменений ледового покрова Охотского и Берингова морей // Комплексное исследование экосистем Охотского моря. — М. : ВНИРО, 1997. — С. 64–67.

**Хен Г.В., Сорокин Ю.Д.** Сезонные особенности многолетних изменений ТПО в северной части Тихого океана и в отдельных его областях // *Вопр. промысл. океанол.* — 2008. — Вып. 5, № 1. — С. 164–183.

**Хен Г.В., Устинова Е.И., Сорокин Ю.Д.** Многолетние изменения термических условий на поверхности дальневосточных морей и СЗТО и их связь с крупномасштабными климатическими процессами // *Изв. ТИНРО.* — 2022. — Т. 202, вып. 1. — С. 187–207. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-187-207.

**Хен Г.В., Устинова Е.И., Сорокин Ю.Д.** Основные климатические индексы для северной части Тихого океана: природа и история (литературный обзор) // *Изв. ТИНРО.* — 2019а. — Т. 197. — С. 166–181. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-197-166-181.

**Хен Г.В., Устинова Е.И., Сорокин Ю.Д.** Изменчивость и взаимосвязь основных климатических индексов для северной части Тихого океана: тренды, климатические сдвиги, спектры, корреляции // *Изв. ТИНРО.* — 2019б. — Т. 199. — С. 163–178. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-199-163-178.

**Чернявский В.И.** Изменчивость ядра холода и прогноз типа термического режима на севере Охотского моря // *Океанологические основы биологической продуктивности северо-западной части Тихого океана.* — Владивосток, 1992. — С. 104–113.

**Beamish R.J., Bouillon D.R.** Pacific salmon production trends in relation to climate // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* — 1993. — Vol. 50, № 5. — P. 1002–1016.

**Beamish R.J., Noakes D.J., McFarlane G.A. et al.** The regime concept and natural trends in the production of Pacific salmon // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* — 1999. — Vol. 56, № 3. — P. 516–526.

**Budaeva V.D., Makarov V.G.** Modeling of the Typical Water circulation in the La Perouse Strait and Aniva Gulf Region // *PICES Sci. Rep.* — 1996. — № 6. — P. 17–20.

**Heintz R.A., Siddon E.C., Farley E.V.Jr., Napp J.M.** Correlation between recruitment and fall condition of age-0 walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) from the eastern Bering Sea under varying climate conditions // *Deep-Sea Res. II.* — 2013. — Vol. 94. — P. 150–156. DOI: 10.1016/j.dsr2.2013.04.006.

**Latif M. and Barnett T.P.** Decadal climate variability over the North Pacific and North America: Dynamics and predictability // *J. Climate.* — 1996. — Vol. 9, Iss. 10. — P. 2407–2423. DOI: 10.1175/1520-0442(1996)009<2407:DCVOTN>2.0.CO;2.

**Luchin V.A., Semiletov I.P., Weller G.E.** Changes in the Bering Sea region: atmosphere-ice-water system in the second half of the twentieth century // *Progress in Oceanography.* — 2002. — Vol. 55, Iss. 1/2. — P. 23–44. DOI: 10.1016/S0079-6611(02)00068-X.

**Mantua N.J., Hare S.R., Zhang Y. et al.** A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production // *Bull. Amer. Meteor. Soc.* — 1997. — Vol. 78, № 6. — P. 1069–1079. DOI: 10.1175/1520-0477(1997)078<1069:APICOW>2.0.CO;2.

**Matishov G.G., Berdnikov S.V., Zhichkin A.P. et al.** Atlas of climatic changes in nine large marine ecosystems of the Northern Hemisphere (1827–2013) / eds G.G. Matishov, K. Sherman, S. Levitus : NOAA Atlas NESDIS 78. — U.S. Gov. Printing Office, Wash., DC., 2014. — 131 p.

**Mueter F.J., Hunt G.L.Jr., Litzow M.A.** The Eastern Bering Sea shelf: a highly productive seasonally ice-covered sea : ICES CM2007/D:04. — 2007. — 10 p.

**Mueter F.J., Litzow M.A.** Sea ice retreat alters the biogeography of the Bering Sea continental shelf // *Ecol. Appl.* — 2008. — Vol. 18, Iss. 2. — P. 309–320. DOI: 10.1890/07-0564.1.

**Nitta T., Yamada Sh.** Recent warming of tropical sea surface temperature and its relationship to the Northern Hemisphere circulation // *J. Meteor. Soc. Japan.* — 1989. — Vol. 67, Iss. 3. — P. 375–382. DOI: 10.2151/jmsj1965.67.3\_375.

**Polovina J.J., Mitchum G.T., Evans G.T.** Decadal and basin-scale variation in mixed layer depth and the impact on biological production in the Central and North Pacific, 1960–88 // *Deep-Sea Res. I.* — 1995. — Vol. 42, Iss. 10. — P. 1701–1716. DOI: 10.1016/0967-0637(95)00075-H.

**Siddon E.C., Kristiansen T., Mueter F.J. et al.** Spatial match-mismatch between juvenile fish and prey provides a mechanism for recruitment variability across contrasting climate conditions in the eastern Bering Sea // *PLoS ONE.* — 2013. — Vol. 8(12). e84526. DOI: 10.1371/journal.pone.0084526.

**Spencer P.D.** Density-independent and density-dependent factors affecting temporal changes in spatial distributions of eastern Bering Sea flatfish // *Fish. Oceanogr.* — 2008. — Vol. 17, Iss. 5. — P. 396–410. DOI: 10.1111/j.1365-2419.2008.00486.x.

**Sugimoto S., Hanawa K.** Decadal and Interdecadal Variations of the Aleutian Low Activity and Their Relation to Upper Oceanic Variations over the North Pacific // *J. Meteor. Soc. Japan.* — 2009. — Vol. 87, Iss. 4. — P. 601–614. DOI: 10.2151/jmsj.87.601.

**Trenberth K.E.** Recent observed interdecadal climate changes in the Northern Hemisphere // Bull. Amer. Meteor. Soc. — 1990. — Vol. 71, Iss. 7. — P. 988–993. DOI: 10.1175/1520-0477(1990)071<0988:RO-ICCI>2.0.CO;2.

**Trenberth K.E., Hurrell J.W.** Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific // Climate Dynamics. — 1994. — Vol. 9, Iss. 6. — P. 303–319. DOI: 10.1007/BF00204745.

## References

**Basyuk, E.O.**, Water dynamics and features of seasonal and inter-annual transformation of low-temperature waters of the north-western part of the Bering Sea, *Vopr. Promysl. Okeanol.*, 2009, vol. 6, no. 1, pp. 222–238.

**Botyanov, V.E.**, *Atlas tipovykh poley vetra i vetrovogo volneniya shel'fovoy zony Kamchatki* (Atlas of typical wind fields and wind waves of the Kamchatka shelf zone), Petropavlovsk-Kamchatsky, 1987.

**Bugaev, A.V. and Tepnin, O.B.**, Estimation of some climatic factors influence on abundance of asian pink and chum salmon, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2011, vol. 166, pp. 67–87.

**Bugaev, A.V., Tepnin, O.B., and Radchenko, V.I.** Climate variability and pacific salmon productivity in Russian Far East, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2018, vol. 49, pp. 5–50. doi 10.15853/2072-8212.2018.49.5-50

**Vangengeim, G.Ya.**, On the issue of typification and schematization of atmospheric processes, *Meteorol. Hydrol.*, 1938, no. 3, pp. 38–58.

**Vinokurova, T.T.**, Interannual variability of bottom temperature off the western coast of Kamchatka, *Issled. Biol. Ryb. Promysl. Okeanogr.*, 1972, no. 7, pp. 3–11.

**Vinokurova, T.T.**, On the distribution of bottom water temperature off the western coast of Kamchatka, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1964, vol. 55, pp. 165–174.

**Vlasova, G.A., Vasilev, A.S., and Shevchenko, G.V.**, *Prostranstvenno-vremennaya izmenchivost' struktury i dinamiki vod Okhotskogo morya* (Spatial and temporal variability of the water structure and dynamics of the Sea of Okhotsk), Moscow: Nauka, 2008.

**Volkov, A.F.**, Results of zooplankton research in the Bering Sea under NPAFC program (expedition BASIS). Part 1. Eastern areas, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2012, vol. 169, pp. 45–66.

**Volkov, A.F.**, Elementary trophic ecology of pacific salmon in the Bering Sea. Species and regional differences. Provision with food in different environments, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2016, vol. 187, pp. 162–186. doi 10.26428/1606-9919-2016-187-162-186

**Glebova, S.Yu.**, Types of atmospheric processes and associated weather conditions in the Bering Sea, *Meteorol. Hydrol.*, 2001, no. 1, pp. 63–71.

**Glebova, S.Yu.**, Types of the atmospheric processes over Far-Eastern Seas, interannual variability of their repeatability and mutual coordination, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2003, vol. 134, pp. 209–257.

**Glebova, S.Yu.**, Types of synoptic situations and corresponding weather condition above the Okhotsk Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1999, vol. 126, pp. 572–586.

**Goryainov, A.A. and Shatilina, T.A.**, Dynamics of the asian pink salmon and climatic changes over the Asian-Pacific region in the twentieth century, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2003, vol. 29, no. 6, pp. 383–389.

**Davydov, I.V.**, Some features of the atmospheric circulation over the northwestern part of the Pacific Ocean in connection with the hydrological conditions on the shelf of Kamchatka, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1975, vol. 97, pp. 158–171.

**Zhigalov, I.A. and Luchin, V.A.**, Long-term changes in the temperature of bottom waters on the shelf of western Kamchatka and the possibility of their forecasting, *Tez. dokl. mezhdunar. rabocheho soveshch. po izucheniyu global'nykh izmeneniy na Dal'nem Vostoke* (Abstract report international working meeting on studying global changes in the Far East), Vladivostok: Dal'nauka, 2002, pp. 132–135.

**Zhigalov, I.A. and Luchin, V.A.**, Interannual variability of bottom water temperature on the west Kamchatka shelf, *Russian Meteorology and Hydrology*, 2005, no. 10, pp. 55–61.

**Kats, A.L.**, *Sezonnyye izmeneniya obshchey tsirkulyatsii atmosfery i dolgosrochnnyye prognozy* (Seasonal changes in general atmospheric circulation and long-term forecasts), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1960.

**Kulakov, M.Yu.**, Modeling of typical water circulations of the Chukchi Sea, *Tr. Arkt. Antarkt. Nauchno-Issled. Inst.*, 1993, vol. 429, pp. 76–85.

**Luchin, V.A.**, Interannual variability in thermal state of the upper mixed layer in the Bering Sea in winter, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 3, pp. 601–617. doi 10.26428/1606-9919-2023-203-601-617. EDN: CLBUPR.

**Luchin, V.A. and Zhigalov, I.A.**, Types of water temperature distribution in active layer of the Okhotsk Sea and possibility of its prediction, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2006, vol. 147, pp. 183–204.

**Luchin, V.A. and Matveev, V.I.**, Interannual variability of thermal state of the cold subsurface layer in the Okhotsk Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2016, vol. 187, no. 4, pp. 205–216. doi 10.26428/1606-9919-2016-187-205-216

**Luchin, V.A. and Sokolov, O.V.**, Interannual variability and predictability of the active water layer thermal conditions in the Bering Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2007, vol. 151, pp. 312–337.

**Pavlychev, V.P., Budaeva, V.D., Hen, G.V., Chernyavsky, V.I., and Shatilina, T.A.**, Interannual changes in hydrometeorological conditions in the main fishing regions of the northwestern Pacific Ocean and the possibility of their forecasting, in *Sb. nauch. tr. VNIRO "Dolgoperiodnaya izmenchivost' usloviy prirodnoy sredy i nekotoryye voprosy rybopromyslovogo prognozirovaniya"* (Sat. scientific tr. VNIRO "Long-term variability of environmental conditions and some issues of fisheries forecasting"), Moscow: VNIRO, 1989, pp. 124–141.

**Plotnikov, V.V.**, *Izmenchivost' ledovyykh uslovii dal'nevostochnykh morei Rossii i ikh prognoz* (Variability of Ice Conditions in the Far Eastern Seas of Russia and Prediction of Them), Vladivostok: Dal'nauka, 2002.

**Plotnikov, V.V.**, Evolution of the ice conditions in the Russian Far Eastern Seas in the second half of the XX century, *Vestn. Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk*, 2003, no. 2, pp. 126–133.

**Polyakova, A.M.**, *Kalendar' tipov atmosferynoy tsirkulyatsii s uchetom nestatsionarnosti nad severnoy chast'yu Tikhogo okeana i ikh kratkaya kharakteristika* (Calendar of atmospheric circulation types taking into account nonstationarity over the North Pacific Ocean and their brief characteristics), Vladivostok: Izd-vo Dal'nevost. gos. un-ta, 1999.

**Rostov, I.D., Dmitrieva, E.V., and Vorontsov, A.A.**, Tendencies of climate changes for thermal conditions in the coastal waters of the western Bering Sea and adjacent areas in the last decades, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2018, vol. 193, pp. 167–182. doi 10.26428/1606-9919-2018-193-167-182

**Sorkina, A.I.**, Review of studies on typification of atmospheric processes over the oceans, *Tr. Gos. Okeanogr. Inst.*, 1961, vol. 61, pp. 159–168.

**Figurkin, A.L.**, Interannual variability of the thermal state of the waters of the Sea of Okhotsk shelf (1983–1995), in *Kompleksnyye issledovaniya ekosistemy Okhotskogo morya* (Complex Studies of Ecosystem of the Sea of Okhotsk), Moscow: VNIRO, 1997, pp. 50–52.

**Figurkin, A.L.**, Some features of the formation and distribution of CIL waters in the western part of the Bering Sea, in *Okeanologicheskiye osnovy biologicheskoy produktivnosti severo-zapadnoy chasti Tikhogo okeana* (Oceanological Bases of Biological Productivity of the Northwestern Pacific Ocean), Vladivostok: TINRO, 1992, pp. 20–29.

**Khen, G.V.**, Basic patterns of long-term changes in the ice cover of the Seas of Okhotsk and Bering Seas, in *Kompleksnyye issledovaniya ekosistemy Okhotskogo morya* (Complex Studies of Ecosystem of the Sea of Okhotsk), Moscow: VNIRO, 1997, pp. 64–67.

**Khen, G.V. and Sorokin, Yu.D.**, *Sezonnyye osobennosti mnogoletnikh izmeneniy TPO v severnoy chasti Tikhogo okeana i v otdel'nykh yego oblastyakh* (Seasonal features of perennial changes in SST in the northern part of the Pacific Ocean and in its individual areas), *Vopr. Promysl. Oceanol.*, 2008, vol. 5, no. 1, pp. 164–183.

**Khen, G.V., Ustinova, E.I., and Sorokin, Yu.D.**, Long-term changes in thermal conditions on the surface of the Far-Eastern Seas and North-West Pacific and their relationship with large-scale climate processes, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2022, vol. 202, no. 1, pp. 187–207. doi 10.26428/1606-9919-2022-202-187-207

**Khen, G.V., Ustinova, E.I., and Sorokin, Yu.D.**, Principal climate indices for the North Pacific: nature and history (a review), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2019, vol. 197, pp. 166–181. doi 10.26428/1606-9919-2019-197-166-181

**Khen, G.V., Ustinova, E.I., and Sorokin, Yu.D.**, Variability and interrelation of the basic climate indices for the North Pacific: trends, climate shifts, spectra, correlations, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2019, vol. 199, pp. 163–178. doi 10.26428/1606-9919-2019-199-163-178

**Chernyavskii, V.I.**, Variability of the cold core and prediction of the type of thermal regime in the north of the Sea of Okhotsk, in *Okeanologicheskiye osnovy biologicheskoy produktivnosti severo-*

*zapadnoi chasti Tikhogo okeana* (Oceanological Bases of Biological Productivity of the Northwestern Pacific Ocean), Vladivostok: TINRO, 1992, pp. 104–113.

**Beamish, R.J. and Bouillon, D.R.**, Pacific salmon production trends in relation to climate, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1993, vol. 50, no. 5, pp. 1002–1016.

**Beamish, R.J., Noakes, D.J., McFarlane, G.A., Klyashtorin, L., Ivanov, V.V., and Kurashov, V.**, The regime concept and natural trends in the production of Pacific salmon, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1999, vol. 56, no. 3, pp. 516–526.

**Budaeva, V.D. and Makarov, V.G.**, Modeling of the Typical Water circulation in the La Perouse Strait and Aniva Gulf Region, *PICES Sci. Rep.*, 1996, no. 6, pp. 17–20.

**Heintz, R.A., Siddon, E.C., Farley, E.V.Jr., and Napp, J.M.**, Correlation between recruitment and fall condition of age-0 walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) from the eastern Bering Sea under varying climate conditions, *Deep Sea Res., Part II*, 2013, vol. 94, pp. 150–156. doi 10.1016/j.dsr2.2013.04.006

**Latif, M. and Barnett, T.P.**, Decadal climate variability over the North Pacific and North America: Dynamics and predictability, *J. Climate*, 1996, vol. 9, no. 10, pp. 2407–2423. doi 10.1175/1520-0442(1996)009<2407:DCVOTN>2.0.CO;2

**Luchin, V.A., Semiletov, I.P., and Weller, G.E.**, Changes in the Bering Sea region: atmosphere-ice-water system in the second half of the twentieth century, *Progress in Oceanography*, 2002, vol. 55, no. 1/2, pp. 23–44. doi 10.1016/S0079-6611(02)00068-X

**Mantua, N.J., Hare, S.R., Zhang, Y., Wallace, J.M., and Francis, R.C.**, A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1997, vol. 78, no. 6, pp. 1069–1079. doi 10.1175/1520-0477(1997)078<1069:APICOW>2.0.CO;2

**Matishov, G.G., Berdnikov, S.V., Zhichkin, A.P., Dzhenyuk, S.L., Smolyar, I.V., Kulygin, V.V., Yaitskaya, N.A., Povazhniy, V.V., Sheverdyayev, I.V., Kumpan, S.V., Tretyakova, I.A., Tsygankova, A.E., D'yakov, N.N., Fomin, V.V., Klochkov, D.N., Shatohin, B.M., Plotnikov, V.V., Vakulskaya, N.M., Luchin, V.A., and Kruts, A.A.**, Atlas of climatic changes in nine large marine ecosystems of the Northern Hemisphere (1827–2013), *NOAA Atlas NESDIS 78*, Matishov, G.G., Sherman, K., Levitus, S., eds, U.S. Gov. Printing Office, Wash., DC., 2014.

**Mueter, F.J., Hunt, G.L.Jr., and Litzow, M.A.**, The Eastern Bering Sea shelf: a highly productive seasonally ice-covered sea, *ICES CM2007/D:04*, 2007.

**Mueter, F.J. and Litzow, M.A.**, Sea ice retreat alters the biogeography of the Bering Sea continental shelf, *Ecol. Appl.*, 2008, vol. 18, no. 2, pp. 309–320. doi 10.1890/07-0564.1

**Nitta, T. and Yamada, Sh.**, Recent warming of tropical sea surface temperature and its relationship to the Northern Hemisphere circulation, *J. Meteor. Soc. Jap.*, 1989, vol. 67, no. 3, pp. 375–382. doi 10.2151/jmsj1965.67.3\_375

**Polovina, J.J., Mitchum, G.T., and Evans, G.T.**, Decadal and basin-scale variation in mixed layer depth and the impact on biological production in the Central and North Pacific, 1960–88, *Deep Sea Res., Part I*, 1995, vol. 42, no. 10, pp. 1701–1716. doi 10.1016/0967-0637(95)00075-H

**Siddon, E.C., Kristiansen, T., Mueter, F.J., Holsman, K.K., Heintz, R.A., and Farley, E.V.**, Spatial match-mismatch between juvenile fish and prey provides a mechanism for recruitment variability across contrasting climate conditions in the eastern Bering Sea, *PLoS ONE*, 2013, vol. 8(12), e84526. doi 10.1371/journal.pone.0084526

**Spencer, P.D.**, Density-independent and density-dependent factors affecting temporal changes in spatial distributions of eastern Bering Sea flatfish, *Fish. Oceanogr.*, 2008, vol. 17, no. 5, pp. 396–410. doi 10.1111/j.1365-2419.2008.00486.x

**Sugimoto, S. and Hanawa, K.**, Decadal and Interdecadal Variations of the Aleutian Low Activity and Their Relation to Upper Oceanic Variations over the North Pacific, *J. Meteor. Soc. Jap.*, 2009, vol. 87, no. 4, pp. 601–614. doi 10.2151/jmsj.87.601

**Trenberth, K.E.**, Recent observed interdecadal climate changes in the Northern Hemisphere, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1990, vol. 71, no. 7, pp. 988–993. doi 10.1175/1520-0477(1990)071<0988:ROICCI>2.0.CO;2

**Trenberth, K.E. and Hurrell, J.W.**, Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific, *Clim. Dyn.*, 1994, vol. 9, no. 6, pp. 303–319. doi 10.1007/BF00204745

<https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/>. Cited September, 2023.

[www.beringclimate.noaa.gov/data.html](http://www.beringclimate.noaa.gov/data.html). Cited September, 2023.

Поступила в редакцию 2.10.2023 г.

После доработки 3.11.2023 г.

Принята к публикации 30.11.2023 г.

The article was submitted 2.10.2023; approved after reviewing 3.11.2023;  
accepted for publication 30.11.2023