

Обзорная статья

УДК 551.46.062.5(265.53)

DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-823-842

EDN: TIXLPC

**СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ТЕРМОХАЛИННЫХ УСЛОВИЙ
НА ШЕЛЬФЕ ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ****В.В. Коломейцев¹, С.Л. Горин^{2*}**¹ Камчатский филиал ВНИРО (КамчатНИРО),
683000, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18;² Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии,
105187, г. Москва, Окружной проезд, 19

Аннотация. Проведен анализ освоенности научным сообществом имеющегося массива данных по температуре и солености воды за весь период наблюдений на шельфе западной Камчатки. В связи с этим приводятся сведения о существующих публикациях и наиболее важных диссертациях по теме исследования, а также обобщаются их результаты. Обсуждаются сложившиеся представления о распределении водных масс, сезонной и многолетней изменчивости температуры и солености воды на шельфе. Выявлено, что вопрос о пространственно-временной динамике солености в зоне смешения речных и морских вод в прибрежной части шельфа изучен недостаточно и поэтому требует специального исследования, а оценки сезонной и многолетней изменчивости температуры воды нуждаются в существенных дополнениях как во времени (с учетом данных за последние 20 лет), так и в пространстве (для различных частей шельфа).

Ключевые слова: Охотское море, западная Камчатка, шельф, водные массы, температура, соленость, литературные источники, зона смешения

Для цитирования: Коломейцев В.В., Горин С.Л. Состояние изученности термохалинных условий на шельфе западной Камчатки // Изв. ТИНРО. — 2024. — Т. 204, вып. 4. — С. 823–842. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-823-842. EDN: TIXLPC.

Review article

State of knowledge for thermohaline conditions on the shelf of West Kamchatka**Vladimir V. Kolomeytsev*, Sergey L. Gorin****

* Kamchatka branch of VNIRO (KamchatNIRO),
18, Naberezhnaya, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000, Russia
** Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,
19, Okružnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

* leading researcher, v.kolomeycev@kamniro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-1848-2699

** Ph.D., leading researcher, gorinser@mail.ru, ORCID 0000-0001-8436-8379

* *Коломейцев Владимир Викторович, ведущий специалист, v.kolomeycev@kamniro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-1848-2699; Горин Сергей Львович, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, gorinser@mail.ru, ORCID 0000-0001-8436-8379.*

© Коломейцев В.В., Горин С.Л., 2024

Abstract. All available data on water temperature and salinity for the shelf of West Kamchatka are analyzed and all scientific publications and the most important unpublished theses concerning this area are summarized. Current ideas about the water masses distribution and seasonal and long-term variability of water temperature and salinity on the shelf are discussed. There is noted that the existing estimates of seasonal and long-term variability of water temperature require significant additions for recent times (last 20 years) and certain spatial areas. Insufficient understanding is revealed for spatial-temporal dynamics of salinity in the mixing zone between the river and sea waters that requires special research.

Keywords: Okhotsk Sea, West Kamchatka, shelf, water mass, water temperature, salinity, state of knowledge, mixing zone

For citation: Kolomeytsev V.V., Gorin S.L. State of knowledge for thermohaline conditions on the shelf of West Kamchatka, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 204, no. 4, pp. 823–842. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-823-842. EDN: TIXLPC.

Введение

Охотское море имеет большое значение для рыбного хозяйства России, а шельф западной Камчатки (ЗК) является одним из самых продуктивных районов этого моря [Шунтов, 2001]. Здесь происходят нерест и развитие многих видов рыб и беспозвоночных, ведется промысел камчатского краба, минтая, трески, наваги, камбал, тихоокеанских лососей. Динамика их численности, сроки и места нереста, плотность промысловых скоплений, пути миграций и др. тесно связаны с гидрологическими условиями на шельфе, изменчивыми во времени и пространстве [Шунтов, 1985, 2001; Шунтов, Дулепова, 1998; Фигуркин, 2003]. Инструментальные океанографические исследования в Охотском море продолжают уже более 100 лет [Лучин и др., 1998; Коломейцев, 2022]. Благодаря этому к настоящему времени собран большой объем океанографического материала по восточной части Охотского моря, включающей шельф ЗК: только в базе данных КамчатНИРО насчитывается около 24 тыс. станций, а с учетом материалов экспедиций, находящихся в других организациях (прежде всего — данные ТИНРО), общий объем данных превышает 40 тыс. станций [Коломейцев, Горин, 2023].

Цель настоящей статьи — оценить, насколько имеющийся массив данных наблюдений освоен научным сообществом в виде публикаций (речь идет только о тех работах, в которых использовались данные прямых наблюдений).

Материалы и методы

Работа основана на анализе литературных данных, опубликованных в виде статей и монографий за весь период исследований, а также диссертаций. Рассмотрены только те работы, которые имеют непосредственное отношение к термохалинным условиям на шельфе ЗК. Кроме этого, упоминаются наиболее важные из тех публикаций, в которых термохалинные условия на шельфе ЗК рассматривались в контексте обсуждения всего Охотского моря или его северной части. Под шельфом подразумевается часть моря от уреза воды до глубины (изобаты) 200 м [Гидрометеорологические условия..., 1984]. Не рассматриваются публикации, касающиеся температуры поверхности моря, полученной посредством дистанционного зондирования Земли.

Вопрос о термохалинных условиях на шельфе ЗК в той или иной мере затрагивался в 48 публикациях. Но в рамках настоящей работы интерес представляют только 34 публикации (табл. 1). Из них всего в 20 работах термохалинные условия на шельфе ЗК рассматривались предметно, причем лишь в 10 публикациях использовались относительно современные данные (относящиеся к периоду после 1990 г.).

Таблица 1

Данные по изучению термохалинных условий на шельфе западной Камчатки

Table 1

List of data for thermohaline conditions on the shelf of West Kamchatka

Изученный вопрос термохалинных условий	Только температура	Кол-во	Температура и соленость	Кол-во
Водные массы и пространственная изменчивость термохалинной структуры вод				
Вертикальная изменчивость	[Леонов, 1941; Лучин, Лаврентьев, 1997; Павлычев, 1997]	3	[Дерюгин, 1930; Морошкин, 1966; Китани, 1973; Бобков и др., 1996; Зуенко, Юрасов, 1997; Лучин и др., 1998; Хен и др., 2002; Фигуркин, 2003; Жигалов, 2005; Круци, Лучин, 2013; Лучин, Круци, 2016]	11
Горизонтальная изменчивость	[Чернявский, 1984; Павлычев, 1997; Жигалов, 2004]	3	[Леонов, 1941; Морошкин, 1966; Давыдов, 1975; Бобков и др., 1996; Зуенко, Юрасов, 1997; Лучин и др., 1998; Мороз, 1998; Исследование...., 2001*; Хен и др., 2002; Фигуркин, 2002, 2003; Круци, Лучин, 2013; Лучин, Круци, 2016]	13
Всего работ (из них предметных)		5 (4)	Всего работ (из них предметных)	16 (7)
Сезонная изменчивость термохалинных условий				
По данным океанологических станций	[Веселова, 1975а, б; Жигалов, 2004]	3	[Морошкин, 1966; Лучин и др., 1998; Исследование...., 2001*; Фигуркин, 2003, 2011; Лучин, 2018]	6
По данным МГ и МГП**	[Веселова, 1975а]	1	[Лучин и др., 1998]	1
Всего работ (из них предметных)		3 (3)	Всего работ (из них предметных)	6 (4)
Межгодовая изменчивость термохалинных условий				
Поверхностный слой	[Карманов, 1982; Лучин и др., 1998; Исследование...., 2001*; Фигуркин, 2003]	4	-	0
Вся толща или отдельные слои/горизонты	[Давыдов, 1975; Лучин, Лаврентьев, 1997; Фигуркин, 1997; Исследование...., 2001*; Устинова и др., 2002; Фигуркин, 2003; Жигалов, 2004; Лучин, Жигалов, 2006; Лучин, Матвеев, 2016]	9	-	0
Придонный слой	[Винокурова, 1964, 1972; Павлычев и др., 1989; Исследование...., 2001*; Фигуркин, 2003, 2011; Жигалов, 2004; Жигалов, Лучин, 2005]	8	-	0

Окончание табл. 1
Table 1 finished

Изученный вопрос термохалинных условий	Только температура	Кол-во	Температура и соленость	Кол-во
По данным МГ и МГП**	[Лучин и др., 1998; Исследование.....2001*; Устинова и др., 2002; Ростов и др., 2017]	4	–	0
Всего работ (из них предметных)		16 (13)	–	0 (0)

Примечание. Курсивом выделены работы, в которых термохалинные условия вод на шельфе ЗК рассматривались не предметно, а в контексте всего моря; подчеркиванием — работы, в которых в том числе использованы данные современного периода (с 1991 г.); при подсчете общего количества работ по каждому разделу исключались дубликаты в подразделах.

* Исследование пространственно-временной изменчивости гидрометеорологических условий восточной части Охотского моря (Западно-Камчатский район) : отчет по х/д 07-01 от 19.01.2001 г. Владивосток, 2001. 85 с. (Данный отчет, выполненный сотрудниками ТИПРО, непосредственно относится к теме исследования и содержит материалы, которых нет в публикациях. Ознакомьтесь с ним можно в приложении на странице статьи на сайте журнала (<http://izvestiya.tipro-center.ru>).

** Здесь и далее: МГ — морская гидрометеорологическая станция, МГП — морской гидрометеорологический пост.

Результаты и их обсуждение

Водные массы (пространственная изменчивость). Интерес к изучению водных масс Охотского моря возник у исследователей с началом инструментальных наблюдений и сохраняется до сих пор. Так, С.О. Макаров [1894] в северо-западной части моря отметил наличие «*промежуточного слоя холодной воды*», находящегося между «*поверхностной*» и «*нижней теплой водой*». По данным японских наблюдений под руководством проф. Марукава в 1915–1917 гг. в восточной части моря обнаруживалась «*масса теплой воды, имеющей своим происхождением северную часть Тихого океана*», которая движется с юга на север [Дерюгин, 1930]. В дальнейшем изучением водных масс занимались А.К. Леонов [1941, 1960]; П.В. Ушаков [1949]; К.В. Морошкин [1966]; К. Kitani [1973]; Ю.И. Зуенко и Г.И. Юрасов [1997]; В.А. Лучин и В.М. Лаврентьев [1998]; А.Л. Фигуркин [2003]; А.А. Круц и В.А. Лучин [2013]; В.А. Лучин и А.А. Круц [2016]. До середины XX века существенным ограничением для получения представления о распределении водных масс в масштабе всего моря было небольшое количество данных. Со временем, по мере накопления данных, информация о термохалинной структуре вод моря постепенно уточнялась и детализировалась. На рис. 1 показано распределение водных масс по вертикали в глубоководной части моря в соответствии с мнением разных авторов. Несмотря на то что настоящая работа посвящена шельфу ЗК, выделенному нами по изобате 200 м, в данном разделе представлена вся толща вод Охотского моря, включая Южную котловину. Во многих публикациях водные массы рассматриваются без разделения на шельф и глубоководную часть. При этом описание вертикальной структуры делается с учетом взаимосвязи между отдельными водными массами.

П.В. Ушаков [1949, с. 769] по распределению бентонических группировок определил схему вертикальных зон Охотского моря, «*которая строго согласуется с вполне определенными водными массами*». Используя вертикальное распределение температуры, солености и кислорода, он

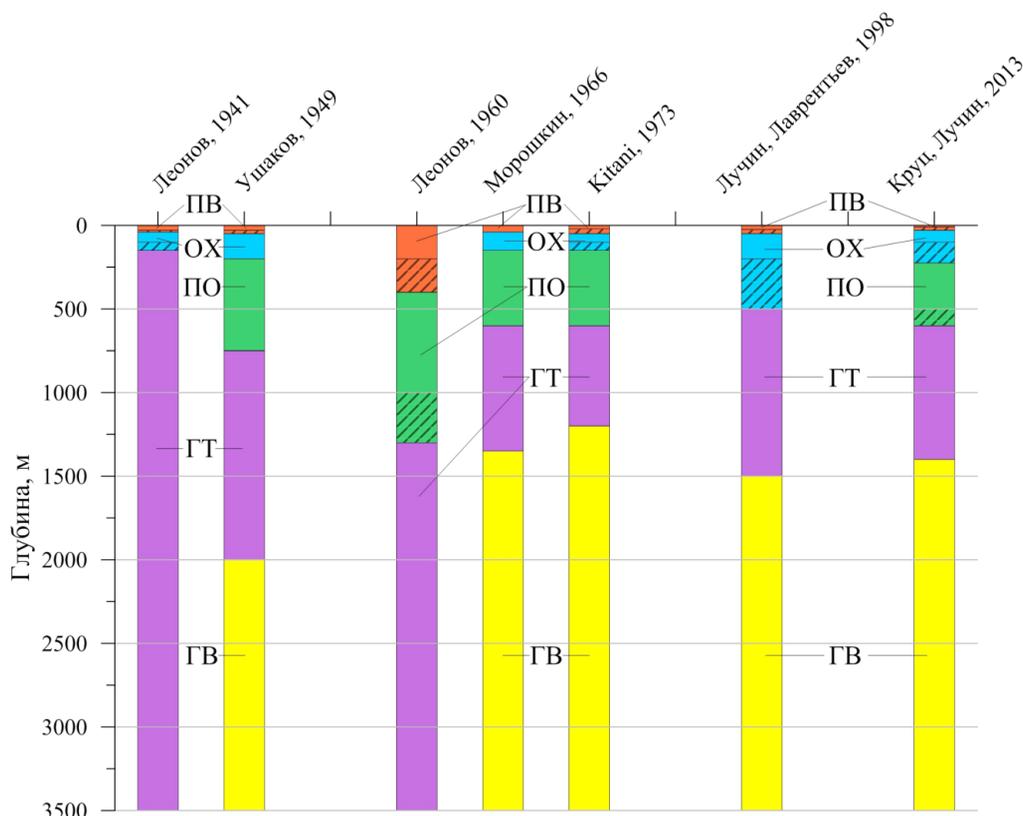


Рис. 1. Распределение водных масс по вертикали в глубоководной части моря (до 3 500 м). Заштрихованные области — пересечение водных масс в диапазоне изменчивости границ залегания. Обозначение водных масс приведено по К.В. Морошкину [1966]: *ПВ* — поверхностная водная масса; *ОХ* — охотоморская водная масса; *ПО* — промежуточная охотоморская водная масса; *ГТ* — глубинная тихоокеанская водная масса; *ГВ* — глубинные воды Южной котловины Охотского моря

Fig. 1. Vertical distribution of water masses in the deep area of Okhotsk Sea (depth up to 3,500 m). Layers of the water masses overlapping within the ranges of their properties are shaded. The water masses according to K.V. Morozhkin [1966]: *ПВ* — Surface water; *ОХ* — Subsurface water (cold subsurface layer); *ПО* — Intermediate water; *ГТ* — Deep water of Pacific origin; *ГВ* — Deep water of the Southern Basin

выделил 5 водных масс (рис. 1): поверхностный слой летнего прогрева (от 0 до 30–50 м); слой «вечной мерзлоты», или собственные воды Охотского моря от 30–50 до 200 м; «океаническая тропосфера» (от 200 до 750 м); переработанные промежуточные океанические воды с застойными явлениями (от 750 до 2000 м); неизменные глубинные океанические воды (на глубинах более 2000 м).

А.К. Леонов [1960], взяв за основу вертикальное распределение температуры воды, разделил толщу вод на 4 водные массы (рис. 1): поверхностную (до глубины минимальных температур — 200–400 м); промежуточную (от 200–400 до 1000–1300 м); глубинную тихоокеанскую (от 1000–1300 м до дна); а также прибрежную (в районах значительного речного стока), которая, по его мнению, не имеет принципиального значения в гидрологическом режиме моря. К.В. Морошкин [1966] обратил внимание на некорректное определение А.К. Леоновым нижней границы поверхностной водной массы по минимальным значениям температуры. В своей работе он на основе обобщения 11 тыс. океанографических станций по *TS*-кривым и распределению устойчивости и градиентов плотности выделил в Охотском море следующие водные массы (рис. 1): поверхностную, с нижней границей на глубине 40 м; охотоморскую (холодный под-

поверхностный слой — ХПС) — от 40 до 100–150 м; промежуточную охотоморскую, располагающуюся на глубинах от 100–150 до 400–700 м; глубинную тихоокеанскую с пределами глубин от 400–700 до 1350 м; водную массу южной котловины моря (от 1350 м до дна). Также на прибрежных участках моря, в том числе вблизи Камчатки, им была выделена еще местная водная масса — «опресненная поверхностная вода Охотского моря, которая охватывает весьма тонкий поверхностный слой моря (от 0 до 5–10 м) и характеризуется довольно низкой соленостью» [Морошкин, 1966, с. 27]. Других характеристик этой водной массы К.В. Морошкин не привел.

Kitani [1973], основываясь на данных наблюдений на японских судах за период с 1937 по 1970 г., поделил толщу вод Охотского моря на 5 слоев (рис. 1): летняя поверхностная вода (от поверхности до горизонтов 20–50 м); подповерхностная холодная вода (от 20–50 до 100–150 м); транзитная вода, занимающая слой между горизонтами 100–150 и 600 м; глубинная теплая вода и глубинная вода. Основное внимание в работе автор уделит верхним трем элементам вертикальной структуры вод.

В.А. Лучин и В.М. Лаврентьев [1998] на основе массива данных из более 50 тыс. океанографических станций с применением TS-анализа выделили в глубоководной части Охотского моря 4 водные массы (рис. 1): поверхностную (от поверхности до 25–50 м); холодную промежуточную (с нижней границей от 200–250 в северной части моря до 500–600 м в районе Курильской гряды); глубинную (от 250–500 до 1000–1500 м) и придонную водную массу.

Последние исследования позволили уточнить границы распространения водных масс по вертикали [Круц, Лучин, 2013] и термохалинные характеристики их ядер [Лучин, Круц, 2016]. В частности эти авторы, используя большой массив всех имеющихся к тому времени данных океанографических наблюдений по Охотскому морю (более 100 тыс. станций), определяют следующие водные массы и границы их залегания (рис. 1): поверхностная (нижняя граница на 10–30 м); охотоморская (нижняя граница изменяется от 100–125 до 225 м в зависимости от района моря); охотоморская промежуточная (нижняя граница на 500–600 м); глубинная тихоокеанская (нижняя граница на 1100–1400 м) и водная масса Южной котловины Охотского моря.

В большинстве из перечисленных работ обращается внимание на сезонность существования поверхностной водной массы. Зимой она не прослеживается, а в остальное время года имеет три модификации: весеннюю (когда происходит прогрев поверхности), летнюю (на пике прогрева) и осеннюю (когда происходит выхолаживание вод поверхности) [см. например Леонов, 1941; Морошкин, 1966; Лучин и др., 1998, Фигуркин, 2003].

Что касается шельфа ЗК, то к настоящему времени здесь принято выделять две водные массы — поверхностную и охотоморскую. Поверхностная водная масса образуется в теплый период года под воздействием радиационного прогрева поверхности моря, речного стока, адвекции вод из соседних районов и атмосферных осадков [Лучин, Круц, 2016]. Ее распространение по глубине осуществляется в основном за счет ветрового перемешивания, вертикального и бокового приливного обмена, взаимодействия отдельных звеньев циркуляции вод, а также осенне-зимней конвекции. Наибольшая мощность наблюдается в августе-сентябре, температура и соленость (без учета узкой прибрежной части) в это время составляют соответственно 10–12 °С и 30–32 епс [Luchin et al., 2009]. Зимой в результате выхолаживания поверхностная водная масса исчезает, а сами поверхностные воды становятся очагом формирования охотоморской водной массы. При этом некоторые ученые [например А.Л. Фигуркин, 2003; В.А. Лучин и А.А. Круц, 2016; и др.], определяя сезонность поверхностной водной массы, все же приводят ее характеристики для зимнего периода.

Охотоморская водная масса образуется в результате осенне-зимнего охлаждения поверхности моря и вертикального перемешивания [Лучин, Круц, 2016]. По разным источникам, она охватывает толщу от 100 до 250 м (см. выше). Таким образом, зимой на шельфе от берега до этих изобат охотоморская водная масса простирается от поверхности до дна [Леонов, 1941; Морошкин, 1966; Фигуркин, 2003; Круц, Лучин,

2013]. В теплый период года над охотоморской водной массой формируется поверхностная водная масса. Сформированная таким образом плотностная стратификация способствует сохранению характеристик охотоморской водной массы до наступления нового этапа осенне-зимнего охлаждения. Ядром этой водной массы является холодный подповерхностный слой, а точнее поверхность минимальных температур этого слоя [Морошкин, 1966; Лучин, Круц, 2016]. В зависимости от времени года и участка шельфа западной Камчатки температура в ядре охотоморской водной массы изменяется от $-0,5$ до $+1,5$ °C, а соленость — от 32,9 до 33,1 епс [Морошкин, 1966; Лучин, Круц, 2016]. Согласно А.Л. Фигуркину [2003], диапазон изменения температуры несколько выше — от $-1,5$ до $+2,0$ °C.

А.А. Бобков с соавторами [1996] на основе TS-анализа средних многолетних данных с привлечением материалов съемки в восточной части Охотского моря, выполненной летом 1987 г., выделяют на шельфе ЗК собственно охотоморские воды, трансформированные тихоокеанские (или воды Западно-Камчатского течения) и воды, расположенные в довольно узкой прибрежной зоне шельфа и занимающие самый верхний 20-метровый слой (прибрежные воды). Авторы оценивают ширину прибрежных вод вдоль побережья ЗК в 15–35 миль. Их характерной чертой отмечена пониженная соленость на поверхности, не превышающая в ряде мест 30 епс.

Ю.И. Зуенко и Г.И. Юрасов в [1997] предложили классификацию водных масс для шельфа Охотского моря, в которой, помимо механизмов их формирования и горизонтов залегания, также учитывалось пространственное положение на шельфе. В районе ЗК ими было выделено 5 типов водных масс: поверхностная субарктическая, поверхностная прибрежная, приливного перемешивания, подповерхностная субарктическая и промежуточная субарктическая. В соответствии с предшествующими работами по выделению водных масс первые две представляют собой модификации поверхностной водной массы, подповерхностная субарктическая — охотоморская водная масса и промежуточная субарктическая — промежуточная охотоморская водная масса. При этом авторы обращают внимание на то, что «у берегов Камчатки поверхностная прибрежная водная масса распространена в меньшей степени, чем в других районах моря» [Зуенко, Юрасов, 1997, с. 53]. Характеристики выделенных водных масс представлены в табл. 2.

Таблица 2

Типичные характеристики водных масс шельфа западной Камчатки
[по: Зуенко, Юрасов, 1997] (числитель — февраль, знаменатель — август)

Table 2

Typical properties of water masses on the shelf of West Kamchatka
[from: Zuenko, Yurasov, 1997] (numerator — February, denominator — August)

Водная масса	Температура, °C	Соленость, епс	Горизонты залегания, м
Поверхностная прибрежная	<u>Нет данных</u> 12–15	<u>Нет данных</u> 31–32	<u>Нет данных</u> 0–20
Поверхностная субарктическая	<u>$-1,0...-1,5$</u> 10–13	<u>33,0–33,5</u> 32,4–32,9	<u>Не определена</u> 0–30
Приливного перемешивания	<u>0–1</u> 3–6	<u>33,0–33,5</u> 32,7–33,0	<u>0–150</u> 0–100
Подповерхностная субарктическая	<u>$-1,5...-0,5$</u> 0–1	<u>33,0–33,5</u> 32,8–33,3	<u>Не определена</u> 10–200
Промежуточная субарктическая	<u>1,0–1,5</u> 1,0–1,5	<u>33,2–33,7</u> 33,2–33,7	<u>> 150</u> > 150

Примечание. Горизонты залегания поверхностной и подповерхностной субарктических водных масс в зимний период не определены, так как они не различаются по своим термохалинным характеристикам.

А.Л. Фигуркин [2003], рассматривая среднемноголетние характеристики вод северной части Охотского моря, выделяет на шельфе ЗК прибрежную, срединную и

внешнюю модификации охотоморской водной массы. Для прибрежной модификации характерно распреснение стоком с материка и однородность. Срединная шельфовая модификация находится между прибрежной и внешней модификациями. В теплую часть года воды этой области характеризуются двухслойной структурой, а в зимний период — гомогенностью. Внешняя модификация охотоморской водной массы отличается наличием подстилающей более теплой водной массы, которая не затронута осенне-зимним выхолаживанием. По предложенной А.Л. Фигуркиным классификации, зимой практически весь шельф ЗК (за исключением той его части, где теплые воды являются подстилающими) занят охотоморской водной массой. Летом в эту структуру добавляется поверхностная водная масса.

Таким образом, имеется устоявшееся представление о том, что на шельфе ЗК существуют как минимум две водные массы — поверхностная, которая формируется в теплый период года и зимой при конвективном перемешивании исчезает, и охотоморская. Кроме того, в ряде работ показано, что ближе к берегу водная масса заметно отличается от водных масс открытой части моря. Ее предлагали рассматривать в качестве отдельной водной массы или как модификацию поверхностной. Но рассуждения об этом были достаточно неопределенными, поскольку специальные исследования не проводились.

Сезонная изменчивость. В работах, посвященных изучению сезонной изменчивости термохалинных условий на шельфе ЗК, установлены основные процессы, которые ее обуславливают. К ним относятся тепломассообмен с атмосферой (зимнее охлаждение, летний прогрев, осадки, испарение), речной сток с берега ЗК, адвекция вод из других районов моря, ветровое и приливное перемешивание, образование и таяние льда [см. например Веселова, 1975а; Лучин и др., 1998; Исследование..., 2001*; Жигалов, 2004].

Внутригодовой ход термохалинных характеристик в прибрежных районах Охотского моря исследовался по материалам, полученным на морских гидрометеорологических станциях (МГ) и постах (МГП) Росгидромета**. На побережье ЗК это пункты «Озерная» (МГ), «Октябрьский» (МГП), «Устьевой» (МГП), «Ича» (МГ), «Усть-Хайрюзово» (МГ) и «Остров Птичий» (МГП). В результате установлено, что минимум температуры воды наступает в феврале-марте, и вдоль побережья он понижается с юга на север от минус 0,5–1,0 (МГ «Озерная») до минус 1,5–1,8 °С (МГ «Ича» и МГП «Остров Птичий») [Веселова, 1975а; Лучин и др., 1998]. Максимум во внутригодовом ходе температуры приходится на август. Наибольшие значения наблюдаются на МГ «Усть-Хайрюзово», где они составляют 14–15 °С [Веселова, 1975а]. По данным на МГ «Ича» максимум на этом участке побережья не превышает 11 °С [Лучин и др., 1998]. Таким образом, северная часть шельфа ЗК прогревается заметно сильнее, чем центральная и южная. Внутригодовая изменчивость солёности в прибрежных водах шельфа рассматривалась В.А. Лучиным с соавторами [1998] на примере МГ «Ича». Максимум солёности наблюдается в феврале-марте, когда вдоль берега ЗК отмечается наибольшее развитие ледяного покрова [Петров и др., 1998; Думанская, 2015], и равен 32,0–32,5 епс. Минимум солёности, составляющий 28–29 епс, приходится на

* Исследование... (2001).

** По нашему опыту работ с данными МГ и МГП на ЗК отметим, что в большинстве случаев эти станции расположены не в очень удачных местах. МГП «Октябрьский», «Устьевой» и МГ «Ича» находятся под сильным влиянием речного стока, причем это влияние переменное (оно изменяется в связи с миграцией устьев рек [Горин, 2009; Горин и др., 2019; Горин, Коваль, 2019]). Поэтому данные с этих станций отражают термохалинную обстановку только в месте их нахождения, и при этом они не однородны в многолетнем периоде. Следовательно, для всей прибрежной зоны моря они нерепрезентативны. В относительно лучших условиях расположены МГП «Остров Птичий» и МГ «Озерная», которые находятся соответственно на северной и южной периферии рассматриваемого нами района.

июнь и связан с весенним половодьем на реках и таянием льда в прибрежной части моря. Второй минимум, соответствующий 30–31 епс, приходится на сентябрь–октябрь [Лучин и др., 1998, с. 132]. Он обусловлен осенним паводком на реках, являющимся следствием повышения активности южных циклонов, приносящих с собой большое количество осадков.

Сезонная изменчивость термохалинных условий вод открытой части шельфа ЗК рассматривалась в основном в контексте всего моря (или его северной части) по многолетним средним месячным полям температуры и солёности воды на различных горизонтах [Морошкин, 1966; Веселова, 1975а; Лучин и др., 1998; Исследование..., 2001*; Фигуркин, 2003; Жигалов, 2004; Лучин, 2018]. Минимум температуры на поверхности, так же как и в прибрежных водах, приходится на февраль–март. В эти месяцы ее значения на свободной ото льда акватории изменяются от $-0,5$ °С в южной части шельфа ЗК, где отепляющее влияние оказывают трансформированные тихоокеанские воды, до $-1,5$ °С на севере района. В апреле–мае, с увеличением поступающей к поверхности солнечной радиации, температура воды начинает повышаться, а ледяной покров интенсивно разрушаться. Пик прогрева, как правило, приходится на август. Температура воды на поверхности достигает $8-10$ °С на южном и северном участках шельфа ЗК и $10-12$ °С — в центральной части и прилегающем глубоководном районе [Лучин и др., 1998; Жигалов, 2004; Luchin et al., 2009; Лучин, 2018]. Максимум солёности на поверхности отмечается в феврале–марте и составляет на свободной ото льда акватории $32,7-32,9$ епс. В мае вследствие таяния льдов и увеличивающегося стока рек солёность на внешней части шельфа ЗК понижается до $32,5-32,8$ епс, а ближе к берегу — до $32,0-32,5$ епс. Минимальные значения этой характеристики наблюдаются в период с июня по август. На прибрежном участке шельфа формируется область распресненных вод со значениями $30,0-30,5$ епс, на центральном и внешнем участках шельфа образуется зона высоких градиентов солёности, в которой в направлении открытого моря значения увеличиваются до $32,5-32,8$ епс [Лучин и др., 1998; Luchin et al., 2009; Лучин, 2018]. С августа солёность на поверхности начинает постепенно увеличиваться.

С ростом глубины горизонтов амплитуды сезонных колебаний термохалинных характеристик значительно уменьшаются. В особенности это прослеживается глубже слоя летнего прогрева (ниже поверхностной водной массы) и следующего за ним слоя высоких градиентов температуры и солёности. Так, на горизонте 50 м размах между максимальными и минимальными значениями температуры составляет $4-6$ °С, что в 2–3 раза меньше, чем на поверхности [Лучин и др., 1998]. Сроки наступления минимума и максимума смещаются на 1–2 мес. позднее — соответственно на апрель–май и октябрь–ноябрь. Внутригодовые колебания солёности на этом же горизонте характеризуются размахом значений $0,2-0,5$ епс.

На горизонте 100 м сезонные изменения температуры и солёности еще меньше. Сезонный размах значений температуры составляет $1,5-2,5$ °С. Это ниже в 2–3 раза по сравнению с горизонтом 50 м и примерно в 5–8 раз по сравнению с поверхностью. Наибольшая изменчивость наблюдается у юго-западного побережья Камчатки, что обусловлено сезонными колебаниями поступления в этот район тихоокеанских вод. Солёность в течение года изменяется незначительно — $0,1-0,2$ епс [Лучин и др., 1998].

Таким образом, в результате предшествующих исследований выявлены следующие черты сезонной изменчивости термохалинных условий на шельфе ЗК. Минимум температуры и максимум солёности на поверхности приходятся на февраль–март. Наибольший прогрев наблюдается в августе, минимум солёности наступает в июне–июле. С глубиной амплитуда сезонных колебаний характеристик значительно уменьшается.

* Исследование... (2001).

Следует отметить, что в прибрежных водах оценка сезонных колебаний проведена по данным береговых станций Росгидромета и в основном по температуре (соленость рассматривается лишь в одной работе и только по данным одной станции). В результате было установлено сильное влияние рек у самого берега, которое проявляется не только в солености, но и в температуре. Однако пространственные характеристики зоны смешения речных и морских вод на шельфе ЗК практически не исследованы.

Межгодовая изменчивость. В работах Т.Т. Винокуровой [1964, 1972], И.А. Жигалова [2004, 2005], И.А. Жигалова и В.А. Лучина [2005], А.Л. Фигуркина [2011] была изучена межгодовая изменчивость температуры вод придонного слоя западнокамчатского шельфа. Авторами установлено, что значительные межгодовые флюктуации определяются степенью зимнего выхолаживания вод деятельного слоя и адвекцией относительно теплых трансформированных тихоокеанских вод Западно-Камчатским течением.

На рис. 2 представлены данные разных авторов, полученные на основе типизации лет по термическим условиям на шельфе ЗК. Согласно результатам этих исследований в зависимости от продолжительности временного ряда были установлены преимущественно холодные (1966–1982 и 1998–2001 гг.) и теплые (1960–1965 и 1983–1997 гг.) периоды.

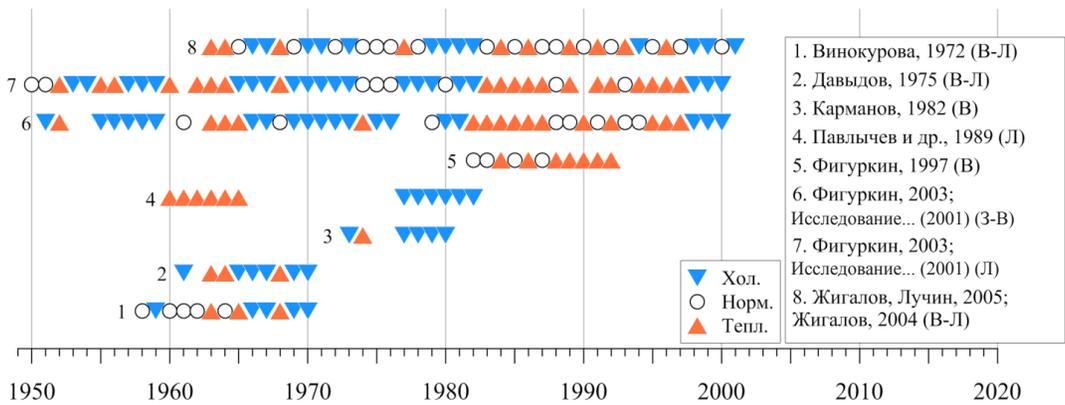


Рис. 2. Распределение холодных, нормальных и теплых лет по данным типизации температурных условий различными авторами. В скобках указаны сезоны, для которых проводилась типизация: З — зима, В — весна, Л — лето

Fig. 2. The years with cold, normal and warm regime of temperature conditions, classified by different authors. The seasons of classification are indicated in brackets: З — winter, В — spring, Л — summer

В работе И.А. Жигалова и В.А. Лучина [2005], помимо типизации лет по термическим условиям в придонном слое, также были определены статистические оценки связей между температурой придонных вод и факторами, которые могут влиять на ее изменчивость. В результате было составлено прогностическое уравнение, позволяющее сделать прогноз придонной температуры с заблаговременностью 3–4 мес.

Следует отметить, что в работах по изучению межгодовой изменчивости термических условий на шельфе ЗК авторами применялись различные критерии: минимальная температура в ХПС [Давыдов, 1975; Лучин, Лаврентьев, 1997]; средние значения температуры воды на разных горизонтах [Фигуркин, 1997] и в различных слоях [Давыдов, 1975; Лучин, Лаврентьев, 1997]; аномалии придонной температуры [Жигалов, Лучин, 2005]; площади, занятые ХПС [Чернявский, 1992]; аномалии площади ядер холода, а также температура и соленость на изобатах ядер холода [Фигуркин, 2011]. Несмотря на это, в полученных оценках межгодовой изменчивости термохалинных, в первую очередь термических, условий у разных исследователей прослеживаются очевидные совпадения. А определенные расхождения связаны не только с применением различных критериев, но и с разной длиной использованных рядов данных.

А.Л. Фигуркин [2003] в своей диссертационной работе детально рассмотрел межгодовую изменчивость и провел типизацию гидрометеорологических условий в холодную половину года.

В работах А.Л. Фигуркина [2002], Г.В. Хена с соавторами [2002], Е.И. Устиновой с соавторами [2002], а также И.Ф. Мороза [2003] сопоставлялись океанологические условия на шельфе ЗК в годы с экстремальными зимами (по данным за аномально теплую зиму 1997 г. и аномально холодную зиму 2000 г.). Эти исследования показали, что значительные межгодовые различия океанологических условий в такие зимы наиболее отчетливо прослеживаются в шельфовой зоне.

Определению цикличности в многолетней изменчивости термохалинных условий на западнокамчатском шельфе посвящено относительно небольшое количество публикаций [Павлычев и др., 1989; Фигуркин, 1997; Жигалов, Лучин, 2005; Лучин, Жигалов, 2006; Лучин, Матвеев, 2016]. Во всех работах в качестве критериев ввиду лучшей обеспеченности данными были выбраны характеристики термических условий. А.Л. Фигуркиным [1997] значимых циклических колебаний не обнаружено. В.П. Павлычев [1997] отметил повторяемость экстремальных по теплосодержанию условий примерно через 8–10 лет. Колебания с периодичностью 2–3, 5–6 и 8 лет выделили в своей работе В.А. Лучин и И.А. Жигалов [2006]. По результатам спектрального анализа рядов временных коэффициентов первых четырех мод разложения полей аномалий интегрального содержания тепла в ХПС по ЕОФ (естественным ортогональным функциям) В.А. Лучин и В.И. Матвеев [2016] указаны следующие значимые периоды колебаний: первая компонента — 2–3 и 8–9 лет; вторая — 2–3, 4–5 и 8–9 лет; третья — 2–3 и 7–8 лет и четвертая компонента — 2–3, 3–4, 6 и 12–13 лет.

Многолетняя изменчивость температуры воды в прибрежной части шельфа ЗК по данным МГ и МГП Росгидромета рассматривалась в 4 работах. В.А. Лучин с соавторами [1998], используя материалы МГ «Озерная» и МГП «Остров Птичий» и «Октябрьский» за период с середины 1960-х по 1986 г. (начало временного ряда на каждой станции различается), выявили квазидвухлетнюю периодичность колебаний, обусловленную изменчивостью меридиональной циркуляции в атмосфере. Помимо этого, авторы отметили значимый положительный тренд температуры воды за период 1970–1986 гг. на 1,5–2,0 °С. В отчете «Исследование...» [2001] по данным за 1980–2000 гг. на МГ «Озерная», «Ича» и МГП «Остров Птичий» также выделена квазидвухлетняя (2–3 года) цикличность температуры воды и отмечена высокая межгодовая изменчивость в летний период и низкая — в весенний. Е.И. Устинова с соавторами [2002] на основе данных за 1980–2000 гг. на МГ «Озерная» и «Ича» выделили в многолетней изменчивости температуры воды теплые и холодные периоды. Основное внимание уделялось второй половине 1990-х гг. В частности, на юго-западной Камчатке в 1998 г. был отмечен абсолютный максимум за 1990-е гг. И.Д. Ростов с соавторами [2017] рассмотрели многолетнюю изменчивость температуры воды на МГ «Ича» за 1980–2016 гг. и привели статистические оценки временного ряда. По результатам этой работы линейный тренд роста температуры воды на шельфе ЗК составил 0,19 °С/10 лет.

В целом многолетняя изменчивость термохалинных условий на шельфе ЗК проанализирована более подробно, чем другие вопросы, рассмотренные выше. Но и здесь существует ряд ограничений. Изучена только внешняя морская часть шельфа. Исследование многолетней изменчивости в прибрежных водах основывалось на данных береговых станций и постов Росгидромета, которые, как говорилось выше, могут быть нерепрезентативными. Период исследований не охватывает последнее десятилетие, в течение которого могли происходить существенные климатические изменения. Межгодовая изменчивость солёности на шельфе ЗК не рассматривается ни в одной работе. Хотя именно эта характеристика играет важную роль при рассмотрении термохалинных условий в данном районе, так как он находится, как можно предполагать по количеству рек и величине стока на ЗК, под большим влиянием речного стока.

Необходимость дальнейшего исследования термохалинных условий на шельфе

ЗК. Как было показано выше, в опубликованных до настоящего времени работах практически не затронут вопрос о пространственно-временной изменчивости солености и температуры воды в прибрежной части шельфа. Между тем даже предварительный анализ имеющихся данных наблюдений показал [подробнее: Коломейцев, Горин, в печати], что у западного берега Камчатки существует выраженная зона смешения морских и речных вод (рис. 3), очень динамичная в пространстве и времени. Очевидно, что динамика зоны смешения должна оказывать существенное влияние на все гидрологические характеристики в той части шельфа ЗК, на которую она распространяется, и этот вопрос нуждается в специальном исследовании.

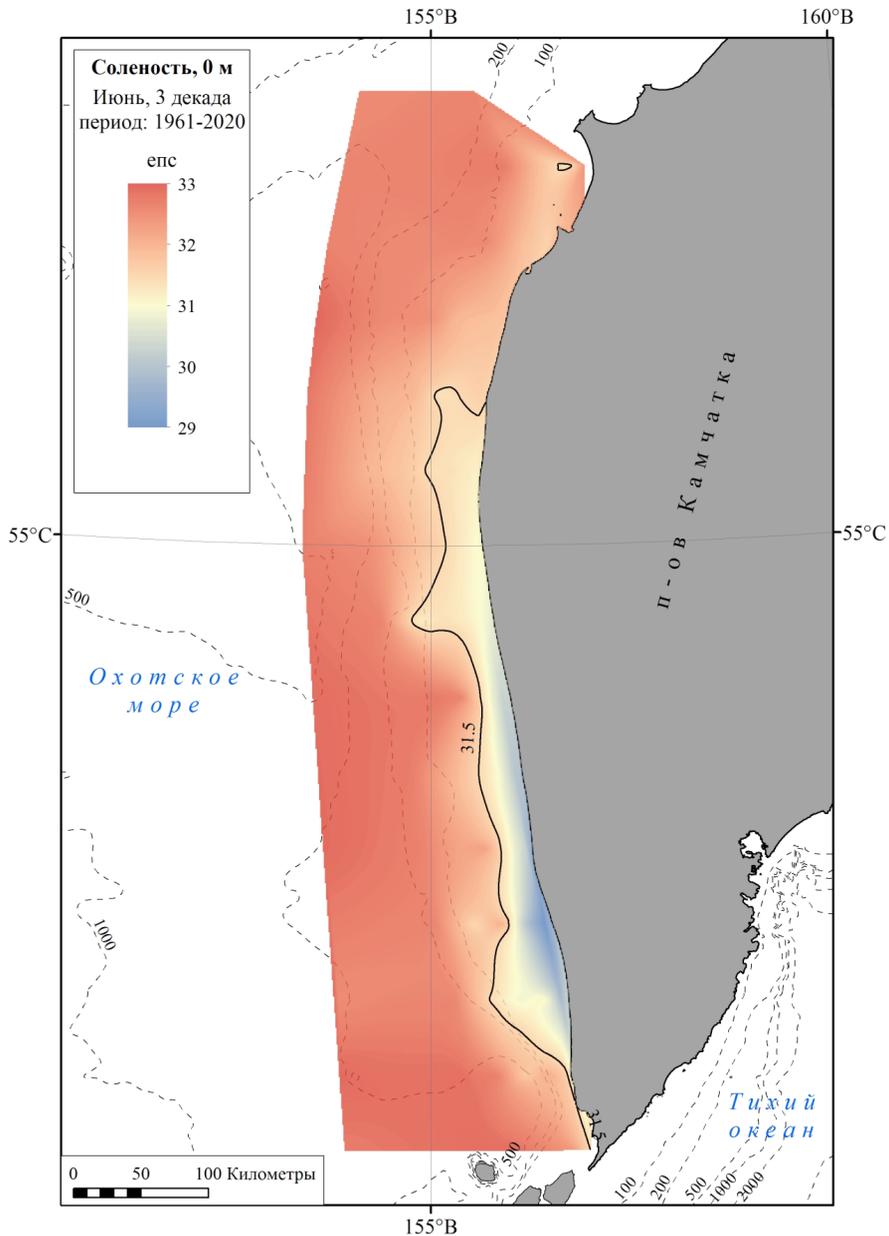


Рис. 3. Распределение солености на поверхности в третьей декаде июня в среднем за период 1961–2020 гг. [подробнее: Коломейцев, Горин, в печати]

Fig. 3. Mean sea surface salinity in the third 10-day period of June for 1961–2020, psu. [Kolomeytsev, Gorin, in press]

Также выше было показано, что в литературе недостаточно изучен вопрос об изменчивости температуры воды на шельфе ЗК. Речь идет о тех работах, которые основаны на данных прямых наблюдений. Между тем из публикаций, базирующихся на результатах дистанционного зондирования Земли и реанализов, известно о сильной изменчивости этой характеристики. В качестве примера рассмотрим многолетний масштаб времени. В работе О.А. Шкаберды [2014] с использованием массива среднемесячных значений температуры поверхности моря (ТПМ) за 1950–2010 гг. (COBE-SST, Japan Meteorological Agency) выявлен многолетний рост ТПМ на шельфе ЗК: в апреле (для этого месяца получена наибольшая величина) он составил $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}^*$. По оценкам И.Д. Ростова с соавторами [2020], полученным на основе данных спутникового мониторинга NOAA уровня обработки L4 (NOAA OI SST V2) за период с 1981 по 2017 г., на большей части шельфа ЗК коэффициенты линейного тренда ТПМ для лета составили $0,8\text{--}1,0\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ и оказались одними из самых высоких не только в Охотском море, но и во всех дальневосточных морях. В среднем за год этот показатель был ниже и изменялся от $0,1$ до $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$. В работе Г.В. Хена с соавторами [2022] на основе наборов спутниковых данных по ТПМ и данных *in situ* (COBE-SST) как во всем Охотском море, так и в его отдельных районах, включая шельф ЗК, выявлен ярко выраженный положительный тренд температуры воды зимой, весной и осенью и слабовыраженный — летом. Таким образом, на повестке дня как минимум стоит вопрос о подтверждении выявленных климатических изменений на основе имеющихся данных прямых наблюдений.

Заключение

За более чем столетнюю историю исследований на шельфе ЗК собрано большое количество океанографических данных по температуре и солёности воды — до 40 тыс. станций. Но, как показано в настоящей статье, столь большой объем исходных материалов осмыслен далеко не полностью. В первую очередь это касается данных за последние десятилетия. Вопрос о термохалинных условиях на шельфе ЗК в той или иной мере затрагивался в 48 публикациях, из них только в 20 работах он рассматривался предметно. При этом лишь в 10 публикациях использовались относительно современные сведения (после 1990 г.).

К настоящему времени в публикациях, основанных на данных прямых наблюдений, сложились следующие представления.

На шельфе ЗК существуют как минимум две водные массы — поверхностная, которая формируется в теплый период года и зимой при конвективном перемешивании исчезает, и охотоморская. В ряде работ показано, что около берега (в зоне непосредственного контакта пресных вод суши и соленых вод океана) водная масса заметно отличается от водных масс открытой части моря. Ее предлагали рассматривать или в качестве отдельной водной массы, или как модификацию поверхностной. Но рассуждения об этом были достаточно неопределенными, поскольку специальные исследования не проводились.

Для сезонной изменчивости термохалинных условий на шельфе ЗК характерно следующее. Минимум температуры и максимум солёности на поверхности приходится на февраль-март. Наибольший прогрев наблюдается в августе, минимум солёности наступает в июне-июле. С глубиной амплитуда сезонных колебаний характеристик значительно уменьшается. В прибрежных водах оценка сезонных колебаний проведена по данным береговых гидрометеостанций и в основном по температуре. Здесь было

* В этой работе для осреднения данных использовался участок акватории, ограниченный 52 и 57° с.ш. 153 и 156° в.д. Он является одним из «репрезентативных районов» для изучения изменчивости и современного состояния климата Охотского моря, которые были определены сотрудниками лаборатории промысловой океанографии ТИНРО [Хен и др., 2012].

установлено сильное влияние рек, которое проявляется не только в соответствующей изменчивости солености, но и в температуре. Однако пространственные характеристики зоны смешения речных и морских вод на шельфе ЗК практически не изучены.

Многолетняя изменчивость термохалинных условий исследована только в отношении температуры воды. На фоне положительных трендов выявлены существенные изменения температурных характеристик. По результатам оценки цикличности в межгодовой изменчивости температуры воды получен широкий набор возможных периодичностей. В работах, основанных на данных прямых наблюдений, не охвачено последнее десятилетие, в течение которого могли происходить существенные климатические изменения. Несмотря на то что соленость играет важную роль при анализе термохалинных условий на шельфе ЗК, ее межгодовая изменчивость не освещена ни в одной работе.

В качестве первоочередных вопросов для дальнейших исследований мы бы выделили динамику солености в зоне смешения речных и морских вод (в разных масштабах пространства и времени), а также сезонную и многолетнюю изменчивость температуры воды в различных частях шельфа (с учетом наличия ЗС и различий в широтном направлении).

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают благодарность всем специалистам, принимавшим участие в сборе, анализе, обобщении и публикации информации о термохалинной структуре вод на шельфе западной Камчатки.

The authors are grateful to colleagues who collected, analyzed and published the data on thermohaline structure of water on the shelf of West Kamchatka.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.
This study did not receive any special funding.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional principles for the care and use of animals have been observed. The authors declare no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

В.В. Коломейцев — анализ содержания литературных источников и написание статьи, составление таблиц и построение диаграмм и карт; С.Л. Горин — анализ содержания литературных источников и написание статьи.

Vladimir V. Kolomeytsev — analysis of literature sources, writing the text, compiling the tables, and constructing the diagrams and charts; Sergey L. Gorin — analysis of literature sources and writing the text.

Список литературы

Бобков А.А., Мичурин А.Н., Старицын Д.К. Гидрологические особенности шельфовой зоны западной Камчатки // Вестн. СПбГУ. Сер. 7. Геогр. — 1996. — Вып. 2. — С. 27–33.

Веселова Л.Е. Временная изменчивость температуры воды в северной и центральной частях Охотского моря // Вопросы океанографии дальневосточных морей и прилегающей части Тихого океана : Тр. ДВНИГМИ. — Л. : Гидрометеиздат, 1975а. — Вып. 021. — С. 103–138.

Веселова Л.Е. О вертикальной термической стратификации вод в районах Охотского моря // Вопросы океанографии дальневосточных морей и прилегающей части Тихого океана : Тр. ДВНИГМИ. — Л. : Гидрометеиздат, 1975б. — Вып. 021. — С. 139–155.

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.

Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Раздел 4. Температура, соленость и плотность морской воды. Т. 9. Охотское море / под ред. Т.И. Супранович и Л.П. Якунина : Тр. ДВНИГМИ. — Владивосток, 1984. — Вып. 033. — 67 с.

Горин С.Л. Гидролого-морфологические процессы в эстуариях Камчатки : дис. ... канд. геогр. наук. — М., 2009. — 193 с.

Горин С.Л., Коваль М.В. Гидрологические процессы в эстуариях рек Ича и Крутогорова и в прилегающих водах Охотского моря в летний период // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2019. — Вып. 55. — С. 146–173. DOI: 10.15853/2072-8212.2019.55.146-173.

Горин С.Л., Попрядухин А.А., Коваль М.В. Гидрологические процессы в лагунно-русловом эстуарии в теплый период года (на примере устья реки Большой, западная Камчатка) // Водные ресурсы. — 2019. — Т. 46, № 1. — С. 2–13. DOI: 10.31857/S0321-05964612-13.

Давыдов И.В. Режим вод западнокамчатского шельфа и некоторые особенности поведения и воспроизводства промысловых рыб // Изв. ТИНРО. — 1975. — Т. 97. — С. 63–81.

Дерюгин К.М. Японские гидрологические исследования в Японском и Охотском морях // Записки по гидрографии. — 1930. — Т. 59. — С. 35–51.

Думанская И.О. Изменение климатических ледовых характеристик Охотского моря в конце XX — начале XXI века // Тр. Гидрометцентра России. — 2015. — Вып. 354. — С. 112–137.

Жигалов И.А. Особенности формирования аномалий температуры придонных вод в районе западной Камчатки // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 142. — С. 196–202.

Жигалов И.А. Сезонная и межгодовая изменчивость термического состояния вод Охотского моря : дис. ... канд. геогр. наук. — Владивосток, 2004. — 168 с.

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

Зуенко Ю.И., Юрасов Г.И. Структура водных масс прибрежных районов Охотского моря // Метеорол. и гидрол. — 1997. — № 3. — С. 50–58.

Карманов Г.Е. Некоторые особенности динамики западнокамчатских вод в период воспроизводства минтая // Экология и условия воспроизводства рыб и беспозвоночных дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана. — Владивосток : ТИНРО, 1982. — С. 3–10.

Коломейцев В.В. История океанографических исследований КамчатНИРО в восточной части Охотского моря (район Западной Камчатки) // Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление : сб. мат-лов 2-й Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию Камчат. науч.-исслед. ин-та рыб. хоз-ва и океаногр. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2022. — С. 108–119.

Коломейцев В.В., Горин С.Л. База данных по океанографии восточной части Охотского моря // Изв. ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 1. — С. 200–213. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-200-213. EDN: PRSPLJ.

Коломейцев В.В., Горин С.Л. Зона смешения морских и речных вод в восточной части Охотского моря (на шельфе Западной Камчатки): первые оценки пространственно-временной изменчивости ее границ // Морские исследования и образование — MARESEDU 2024 : сб. тр. 13-й Междунар. науч.-практ. конф. (в печати).

Круц А.А., Лучин В.А. Вертикальная структура толщи вод Охотского моря // Изв. ТИНРО. — 2013. — Т. 175. — С. 234–253.

Леонов А.К. Общая циркуляция вод и элементы водного баланса. Термика, соленость и плотность // Гидрологический справочник морей СССР. — Т. 9 : Охотское море; вып. 2 : Гидрологический режим моря. — Л. ; М. : Гидрометеиздат, 1941. — С. 5–128.

Леонов А.К. Региональная океанография. Ч. 1. Берингово, Охотское, Японское, Каспийское, Черное моря : моногр. — Л. : Гидрометеиздат, 1960. — 766 с.

Лучин В.А. Внутригодовая изменчивость параметров верхнего квазиоднородного слоя Охотского моря // Изв. ТИНРО. — 2018. — Т. 195. — С. 170–183.

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., Круз А.А. Характеристики ядер водных масс Охотского моря // Изв. ТИНРО. — 2016. — Т. 184. — С. 204–218. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-184-204-218.

Лучин В.А., Лаврентьев В.М. Водные массы Охотского моря // Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 9 : Охотское море; вып. 1 : Гидрометеорологические условия. — СПб. : Гидрометеоиздат, 1998. — С. 166–174.

Лучин В.А., Лаврентьев В.М. Особенности межгодовых изменений температуры воды на шельфе и материковом склоне Западной Камчатки и возможности их прогнозирования // Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. — М. : ВНИРО, 1997. — С. 52–56.

Лучин В.А., Лаврентьев В.М., Яричин В.Г. Гидрологический режим // Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 9 : Охотское море; вып. 1 : Гидрометеорологические условия. — СПб. : Гидрометеоиздат, 1998. — С. 92–166.

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.

Макаров С.О. «Витязь» и Тихий океан. — СПб., 1894. — Т. 1. — 337 с.

Мороз И.Ф. Особенности океанологических условий Охотского моря в годы экстремальной ледовитости: современное состояние вопроса // Изв. ТИНРО. — 2003. — Т. 132. — С. 339–347.

Мороз И.Ф. Термохалинная структура и динамика вод северной части Охотского моря летом 1997 г. // Изв. ТИНРО. — 1998. — Т. 124. — С. 667–680.

Морошкин К.В. Водные массы Охотского моря. — М. : Наука, 1966. — 67 с.

Павлычев В.П. Некоторые особенности гидрометеорологических условий в Западно-Камчатском районе в январе–апреле 1994 г. // Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. — М. : ВНИРО, 1997. — С. 56–64.

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.

Петров А.Г., Плотников В.В., Якунин Л.П. Ледовые условия и методы их прогнозирования // Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 9 : Охотское море; вып. 1 : Гидрометеорологические условия. — СПб. : Гидрометеоиздат, 1998. — С. 291–340.

Ростов И.Д., Дмитриева Е.В., Воронцов А.А. Тенденции климатических изменений термических условий прибрежных районов Охотского моря за последние десятилетия // Изв. ТИНРО. — 2017. — Т. 191. — С. 176–195. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-191-176-195.

Ростов И.Д., Дмитриева Е.В., Рудых Н.И., Воронцов А.А. Климатические изменения термических условий окраинных морей западной части Тихого океана // Метеорол. и гидрол. — 2020. — № 3. — С. 44–57.

Устинова Е.И., Сорокин Ю.Д., Хен Г.В. Межгодовая изменчивость термических условий Охотского моря // Изв. ТИНРО. — 2002. — Т. 130. — С. 44–51.

Ушаков П.В. Система вертикальных зон Охотского моря // ДАН СССР. — 1949. — Т. 68, № 4. — С. 769–772.

Фигуркин А.Л. Изменчивость термохалинного состояния придонных вод северной части Охотского моря // Изв. ТИНРО. — 2011. — Т. 166. — С. 255–274.

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. Океанологические условия шельфа и склона Охотского моря в холодную половину года и их влияние на нерест минтая : дис. ... канд. геогр. наук. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2003. — 157 с.

Фигуркин А.Л. Развитие океанологических условий западной Камчатки по данным мониторинговых наблюдений 1997 и 2000 гг. // Изв. ТИНРО. — 2002. — Т. 130. — С. 103–116.

Хен Г.В., Басюк Е.О., Устинова Е.И., Фигуркин А.Л. Изменчивость и современное состояние климата дальневосточных морей // Мат-лы Всерос. науч. конф., посвящ. 80-летию юбилею ФГУП «КамчатНИРО». — Петропавловск-Камчатский, 2012. — С. 498–508.

Хен Г.В., Ванин Н.С., Фигуркин А.Л. Особенности гидрологических условий в северной части Охотского моря во второй половине 90-х гг. // Изв. ТИНРО. — 2002. — Т. 130. — С. 24–43.

Хен Г.В., Устинова Е.И., Сорокин Ю.Д. Многолетние изменения термических условий на поверхности дальневосточных морей и СЗТО и их связь с крупномасштабными климатиче-

скими процессами // Изв. ТИНРО. — 2022. — Т. 202, вып. 1. — С. 187–207. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-187-207.

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 : ТИНРО, 1992. — С. 104–113.

Чернявский В.И. Термические характеристики северо-восточной части Охотского моря как основа для определения типа теплового состояния акватории // Изв. ТИНРО. — 1984. — Т. 109. — С. 94–103.

Шкаберда О.А. Современные тенденции изменения климата Камчатки : дис. ... канд. геогр. наук. — Владивосток, 2014. — 235 с.

Шунтов В.П. Биологические ресурсы Охотского моря : моногр. — М. : Агропромиздат, 1985. — 224 с.

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2001. — Т. 1. — 580 с.

Шунтов В.П., Дулепова Е.П. Биологический баланс, современное состояние био- и рыбопродуктивности экосистемы Охотского моря и элементы ее функционирования // Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 9 : Охотское море; вып. 2 : Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. — СПб. : Гидрометеоиздат, 1998. — С. 81–93.

Kitani K. An oceanographic study of the Okhotsk Sea — particularly in regard to cold waters // Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. — 1973. — № 9. — P. 45–76.

Luchin V., Kruts A., Sokolov O. et al. Climatic Atlas of the North Pacific Seas 2009: Bering Sea, Sea of Okhotsk, and Sea of Japan / V. Akulichev, Yu. Volkov, V. Sapozhnikov, S. Levitus (eds) : NOAA Atlas NESDIS 67, U.S. Gov. Printing Office, Wash., D.C., 2009. — 329 p. (DVD Disc).

References

Bobkov A.A., Michurin A.N., and Staritsyn D.K., Hydrological features of the shelf zone of Western Kamchatka, *Vestn. S.-Peterb. Univ., Ser. 7. Geogr.*, 1996, № 2, pp. 27–33.

Veselova, L.E., Temporal variability of water temperature in the northern and central parts of the Sea of Okhotsk, *Tr. Dal'nevost. Regional. Nauchno-Issled. Gidrometeorol. Inst.*, Leningrad: Gidrometeoizdat, 1975, no. 021, pp. 103–138.

Veselova, L.E., On the vertical thermal stratification of waters in the regions of the Sea of Okhotsk, *Tr. Dal'nevost. Regional. Nauchno-Issled. Gidrometeorol. Inst.*, Leningrad: Gidrometeoizdat, 1975, no. 021, pp. 139–155.

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.

Gidrometeorologicheskkiye usloviya shel'fovoy zony moray SSSR. Razdel 4. Temperatura, solednost' i osveshcheniye morskoy vody. T. 9. Okhotskoye more (Hydrometeorological conditions of the Morai shelf zone of the USSR. Section 4. Temperature, salinity and illumination of sea water. Vol. 9. Sea of Okhotsk), Supranovich, T.I. and Yakunina, L.P., Ed., Vladivostok, 1984, no. 033.

Gorin, S.L., Hydrological and morphological processes in the estuaries of Kamchatka, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*, Moscow, 2009.

Gorin, S.L. and Koval, M.V., Summer hydrological processes in the estuaries of the Rivers Icha and Krutogorova and adjacent waters of the Sea of Okhotsk, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2019, vol. 55, pp. 146–173. doi 10.15853/2072-8212.2019.55.146-173

Gorin, S.L., Popryadukhin, A.A., and Koval', M.V., Hydrological processes in a lagoon-channel estuary in the warm season: case study of the mouth of the Bol'shaya R., Western Kamchatka, *Water Resour.*, 2019, vol. 46, no. 1, pp. 2–13. doi 10.31857/S0321-05964612-13

Davydov, I.V., The regime of the waters of the Western Kamchatka shelf and some features of the behavior and reproduction of commercial fish, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1975, vol. 97, pp. 63–81.

Deryugin, K.M., Japanese hydrological research in the Sea of Japan and the Sea of Okhotsk, *Zapiski po gidrografii*, 1930, vol. 59, pp. 35–51.

Dumanskaya, I.O., Changes in the climatic ice characteristics of the Sea of Okhotsk in the late 20th — early 21st centuries, *Tr. Gidrometeorol. Nauchno-Issled. Tsentra Ross. Fed.*, 2015, vol. 354. pp. 112–137.

Zhigalov, I.A., Some features of water temperature anomalies formation at sea bottom in the area of western Kamchatka, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2005, vol. 142, pp. 196–202.

Zhigalov, I.A., Seasonal and interannual variability of the thermal state of the waters of the Sea of Okhotsk, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*, Vladivostok, 2004.

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

Zuenko, Yu.I. and Yurasov, G.I., Structure of the coastal waters of the Sea of Okhotsk, *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 1997, no. 3, pp. 32–37.

Karmanov, G.E., Some features of the dynamics of Western Kamchatka waters during the reproduction period of pollock, in *Ekologiya i usloviya vosпроизводства ryb i bespozvonochnykh dal'nevostochnykh morey i severo-zapadnoy chasti Tikhogo okeana* (Ecology and reproduction conditions of fish and invertebrates of the Far Eastern seas and the northwestern part of the Pacific Ocean), Vladivostok: TINRO, 1982, pp. 3–10.

Kolomeytshev, V.V., The history of oceanographic researches of KamchatNIRO in the eastern part of the Sea of Okhotsk, in *Sb. mater. 2-y Vseross. nauchn. konf. mezhdunar. uchastiem, posvyashch. 85-letiyu Kamchatskogo nauchno-issled. inst. rybn. khoz. okeanogr. "Vodnye biologicheskie resursy Rossii: sostoyanie, monitoring, upravlenie"* (Proc. All-Russ. Sci. Conf. Int. Participation, Commem. 85th Anniv. Kamchatka Res. Inst. Fish. Oceanogr. "Aquatic Biological Resources of Russia: State, Monitoring, and Management"), Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2022, pp. 108–119.

Kolomeytshev, V.V. and Gorin, S.L., The database on oceanography of the eastern Okhotsk Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 1, pp. 200–213. doi 10.26428/1606-9919-2023-203-200-213. EDN: PRSPLJ.

Kolomeytshev, V.V. and Gorin, S.L., Mixing zone of marine water and fresh water in the East Sea of Okhotsk (West Kamchatka shelf): first estimates of spatial-temporal variability, in *Sb. tr. 13-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Morskie issledovaniya i obrazovanie — MARESEDU 2024"* (13th Int. Sci. and Pract. Conf. «Marine Research and Education — MARESEDU 2024») (in press).

Kruts, A.A. and Luchin, V.A., Vertical water structure in the Okhotsk Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2013, vol. 175, pp. 234–253.

Leonov, A.K., General circulation of waters and elements of water balance. Temperature, salinity and density, in *Gidrologicheskiy spravochnik morey SSSR. T. 9: Okhotskoye more* (Hydrological directory of the seas of the USSR, vol. 9: Sea of Okhotsk), Leningrad, Moscow: Gidrometeoizdat, 1941, issue 2, pp. 5–128.

Leonov, A.K., *Regional'naya okeanografiya. Ch. 1. Beringovo, Okhotskoe, Yaponskoe, Kaspiiskoe, Chernoe morya* (Regional Oceanography, part 1: Bering Sea, Sea of Okhotsk, Sea of Japan, Caspian Sea, and Black Sea), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1960.

Luchin, V.A., Intra-annual variability of the mixed layer parameters in the Okhotsk Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2018, vol. 195, pp. 170–183.

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 Kruts, A.A., Properties of cores of the water masses in the Okhotsk Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2016, vol. 184, pp. 204–218. doi 10.26428/1606-9919-2016-184-204-218

Luchin, V.A. and Lavrentyev, V.M., Water masses of the Sea of Okhotsk, in *Gidrometeorologiya i gidrokimiya morei. T. 9: Okhotskoye more* (Hydrometeorology and Hydrochemistry of Seas, vol. 9: Sea of Okhotsk), St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1998, issue 1, pp. 166–174.

Luchin, V.A. and Lavrentiev, V.M., Peculiarities of interannual changes in water temperature on the shelf and continental slope of Western Kamchatka and the possibilities of their forecasting, in *Kompleksnye issledovaniya ekosistemy Okhotskogo morya* (Complex Studies of Ecosystem of the Sea of Okhotsk), Moscow: VNIRO, 1997, pp. 52–56.

Luchin, V.A., Lavrentiev, V.M., and Yarichin, V.G., Hydrological regime, in *Gidrometeorologiya i gidrokimiya morei. T. 9: Okhotskoye more* (Hydrometeorology and Hydrochemistry of Seas, vol. 9: Sea of Okhotsk), St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1998, issue 1, pp. 92–166.

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, pp. 205–216. doi 10.26428/1606-9919-2016-187-205-216

Makarov, S.O., “Vityaz” i Tikhyy okean (“Vityaz” and the Pacific Ocean), St. Petersburg, 1894, vol. 1.

Moroz, I.F., Oceanological conditions in the Okhotsk Sea in the years of the extreme ice conditions: modern state of a problem, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2003, vol. 132, pp. 339–347.

Moroz, I.F., Thermohaline structure and dynamics of the north Okhotsk Sea waters in summer of 1997, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1998, vol. 124, pp. 667–680.

Moroshkin, K.V., *Vodnye massy Okhotskogo morya* (Water Masses of the Sea of Okhotsk), Moscow: Nauka, 1966.

Pavlychev, V.P., Particularities of the hydrometeorological conditions in the Western Kamchatka area in January–April, 1994, in *Kompleksnyye issledovaniya ekosistemy Okhotskogo morya* (Complex Studies of Ecosystem of the Sea of Okhotsk), Moscow: VNIRO, 1997, pp. 56–64.

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 rybopromysloвого прогнозированиya”* (Sat. scientific tr. VNIRO “Long-term variability of environmental conditions and some issues of fisheries forecasting”), Moscow: VNIRO, 1989, pp. 124–141.

Petrov, A.G., Plotnikov, V.V., and Yakunin L.P., Ice conditions and methods of their forecasting, in *Gidrometeorologiya i gidrokimiya morei. T. 9: Okhotskoye more* (Hydrometeorology and Hydrochemistry of Seas, vol. 9: Sea of Okhotsk), St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1998, issue 1, pp. 291–340.

Rostov, I.D., Dmitrieva, E.V., and Vorontsov, A.A., Tendencies of climatic changes for thermal conditions in the coastal areas of the Okhotsk Sea in last decades, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2017, vol. 191, pp. 176–195. doi 10.26428/1606-9919-2017-191-176-195

Rostov, I.D., Dmitrieva, E.V., Rudykh, N.I., and Vorontsov, A.A., Climatic changes in thermal conditions of marginal seas in the Western Pacific, *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2020, vol. 45, no. 3, pp. 169–178.

Ustinova, E.I., Sorokin, Yu.D., and Khen, G.V., Interannual variability of thermal conditions in the Okhotsk Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2002, vol. 130, pp. 44–51.

Ushakov, P.V., The system of vertical zones in the Sea of Okhotsk, *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 1949, vol. 68, no. 4, pp. 769–772.

Figurkin, A.L., Variability of temperature and salinity for bottom waters in the northern Okhotsk Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2011, vol. 166, pp. 255–274.

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., Oceanological conditions of the shelf and slope of the Sea of Okhotsk in the cold half of the year and their impact on pollock spawning, *Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*, Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2003.

Figurkin, A.L., Seasonal variability of oceanological conditions in the West-Kamchatka region based on the data of monitoring surveys in 1997 and 2000, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2002, vol. 130, pp. 103–116.

Khen, G.V., Basyuk, E.O., Ustinova, E.I., and Figurkin, A.L., Variability and current state of the climate of the Far Eastern seas, in *Mat-ly Vseros. nauch. konf., posvyashch. 80-letnemu yubileyu FGUP “KamchatNIRO”* (Materials of the All-Russian scientific conference dedicated to the 80th anniversary of the Federal State Unitary Enterprise “KamchatNIRO”), Petropavlovsk-Kamchatsky, 2012, pp. 498–508.

Khen, G.V., Vanin, N.S., and Figurkin, A.L., Peculiarity of the hydrological conditions in the northern part of the Okhotsk Sea in the second half of 90s, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2002, vol. 130, pp. 24–43.

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

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 *Okeanologicheskie osnovy biologicheskoi produktivnosti severo-*

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

Chernyavsky, V.I., The thermic characteristics of the northeastern part of the Okhotsk Sea as the definition of the region heat condition, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1984, vol. 109, pp. 94–103.

Shkaberda, V.I., Modern climate changes in Kamchatka, *Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*, Vladivostok, 2014.

Shuntov, V.P., *Biologicheskiye resursy Okhotskogo morya* (Biological Resources of the Sea of Okhotsk), Moscow: Agropromizdat, 1985.

Shuntov, V.P., *Biologiya dal'nevostochnykh morei Rossii* (Biology of the Far Eastern Seas of Russia), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2001, vol. 1.

Shuntov, V.P. and Dulepova, E.P., Biological balance, current state of bio- and fish productivity of the Sea of Okhotsk ecosystem and elements of its functioning, in *Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morei. T. 9: Okhotskoye more* (Hydrometeorology and Hydrochemistry of Seas, vol. 9: Sea of Okhotsk), St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1998, issue 2, pp. 81–93.

Kitani, K., An oceanographic study of the Okhotsk Sea — particularly in regard to cold waters, *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.*, 1973, no. 9, pp. 45–76.

Luchin, V., Kruts, A., Sokolov, O., Rostov, V., Rudykh, N., Perunova, T., Zolotukhin, E., Pischalnik, V., Romeiko, L., Hramushin, V., Shustin, V., Udens, Y., Baranova, O., Smolyar, I., and Yarosh, E., *Climatic Atlas of the North Pacific Seas 2009: Bering Sea, Sea of Okhotsk, and Sea of Japan*, NOAA Atlas NESDIS 67, Akulichev, V., Volkov, Yu., Sapozhnikov, V., and Levitus, S., Eds., U.S. Gov. Printing Office, Wash., D.C., 2009. DVD.

Issledovaniye prostranstvenno-vremennoy izmenchivosti gidrometeorologicheskikh usloviy vostochnoy chasti Okhotskogo morya (Zapadno-Kamchatskiy rayon) (Study of spatiotemporal variability of hydrometeorological conditions in the eastern part of the Sea of Okhotsk (West Kamchatka region)), report 07-01 of 19.01.2001, Vladivostok, 2001.

Поступила в редакцию 18.07.2024 г.

После доработки 8.10.2024 г.

Принята к публикации 10.12.2024 г.

*The article was submitted 18.07.2024; approved after reviewing 8.10.2024;
accepted for publication 10.12.2024*