Научная статья

УДК 551.465
EDN: RFHCOE

Исследование изменчивости верхнего квазиоднородного слоя в Баренцевом и Карском морях

А. А. Букатов, Е. А. Павленко ✉, Н. М. Соловей

Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия
✉ *ekk.pavlenko@yandex.ru*

Поступила в редакцию10.09.2024; одобрена после рецензирования 17.10.2024;
принята к публикации 29.01.2025.

Аннотация

Цель. Исследование пространственно-временной изменчивости верхнего квазиоднородного слоя в Баренцевом и Карском морях на климатическом масштабе – цель настоящей работы.

Методы и результаты. На основе данных реанализа *ORAS*5 о среднемесячных значениях потенциальной температуры и солености в узлах ~ 10-километровой сетки с неравномерным шагом по глубине до ~ 400 м за период 1958–2022 гг. была рассчитана потенциальная плотность вод. На основе сформированного массива плотности найдена толщина верхнего квазиоднородного слоя Баренцева и Карского морей. Для оценки этого слоя использовался пороговый критерий $\Delta\sigma = 0{,}03$ кг/м^3. Полученные результаты позволили выделить районы со значительной изменчивостью толщины верхнего квазиоднородного слоя.

Выводы. Анализ показал, что максимального развития верхний квазиоднородный слой достигает в феврале, марте, минимального – в июне, июле. Таким образом, наибольшие значения толщины этого слоя в рассматриваемых морях наблюдаются в период усиления осенне-зимней конвекции. В холодное полугодие (ноябрь – апрель) толщина верхнего квазиоднородного слоя в среднем по акватории Баренцева моря составляет 105 м, Карского – 23 м. Анализ межгодовой изменчивости среднегодовых значений толщины этого слоя показал наличие положительного климатического тренда за период 1958–2022 гг. в Баренцевом и Карском морях (рост толщины верхнего квазиоднородного слоя). Тенденция увеличения прослеживается как в холодное, так и в теплое полугодие. Тренд среднегодовой толщины верхнего квазиоднородного слоя в среднем для Баренцева моря составил 1,3 м/10 лет, для Карского 1,2 м/10 лет.

Ключевые слова: Баренцево море, Карское море, толщина верхнего квазиоднородного слоя, вертикальное перемешивание, линейный тренд, межгодовая изменчивость

Благодарности: работа выполнена в рамках темы государственного задания ФГБУН ФИЦ МГИ FNNN-2024-0001.

Для цитирования: *Букатов А. А.*, *Павленко Е. А*., *Соловей Н. М.* Исследование изменчивости верхнего квазиоднородного слоя в Баренцевом и Карском морях // Морской гидрофизический журнал. 2025. Т. 41, № 2. С. 160–170. EDN RFHCOE.

© Букатов А. А., Павленко Е. А., Соловей Н. М., 2025

Original article

Investigation of the Upper Mixed Layer Variability in the Barents and Kara Seas

A. A. Bukatov, E. A. Pavlenko ✉, N. M. Solovei

Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia
✉ *ekk*.pavlenko@yandex.ru

Abstract
Purpose. The study is purposed at analyzing spatial and temporal climatic variability of the upper mixed layer in the Barents and Kara seas on a climatic scale.
Methods and Results. The potential water density is calculated based on the *ORAS*5 reanalysis data on the average monthly values of potential temperature and salinity at the nodes of a 10-km grid with an irregular step over vertical up to the 400 m depth for the period 1958–2022. The formed density array makes it possible to determine the upper mixed layer thickness in the Barents and Kara seas. A threshold criterion $\Delta\sigma = 0.03$ kg/m^3 is used for its evaluating. The obtained results permit to identify the areas notable for significant variability of the upper mixed layer thickness.
Conclusions. The analysis shows that the upper mixed layer maximum development falls on February and March, whereas the minimum one – on June and July. Thus, in the seas under consideration, the highest values of the upper mixed layer thickness are observed during the increased autumn-winter convection. In the cold half of a year (November – April), the upper mixed layer thickness averages 105 m in the Barents Sea, and 23 m – in the Kara Sea. The analysis of interannual variability of the average annual thickness values of these layers shows the presence of a positive climatic trend, i. e. a thickness increase in the upper mixed layers in the Barents and Kara seas in 1958–2022. The upward trend is observed both in the cold and warm halves of a year. The values of average annual thickness trends of the upper mixed layers in the Barents and Kara seas constitute 1.3 m/10 years and 1.2 m/10 years, respectively.

Keywords: Barents Sea, Kara Sea, upper mixed layer thickness, vertical mixing, linear trend, interannual variability

Acknowledgements: The study was carried out within the framework of theme of state assignment of FSBSI FRC MHI FNNN-2024-0001.

For citation: Bukatov, A.A., Pavlenko, E.A. and Solovei, N.M., 2025. Investigation of the Upper Mixed Layer Variability in the Barents and Kara Seas. *Physical Oceanography*, 32(2), pp. 187-196.

Введение

Верхний квазиоднородный слой (ВКС) формируется в результате термического и динамического взаимодействия на границе океана и атмосферы: поверхностного прогрева, охлаждения, ветро-волнового перемешивания, внутриводного обмена и т. д. [1]. Его состояние оказывает влияние на поток тепла от океана в атмосферу через ледяной покров и во многом определяет тепловой баланс поверхности Северного Ледовитого океана. Именно с толщиной ВКС, термохалинными параметрами и характеристиками подстилающего галоклина связывают образование и устойчивость ледяного покрова [2–5].

Значительное сокращение площади ледяного покрова в начале текущего столетия [5–10] явилось причиной того, что поверхностный слой стал более доступным для непосредственного воздействия ветра и солнечной радиации. Такое изменение условий окружающей среды не могло не сказаться на термо-

халинной структуре поверхностного слоя, которая в последние годы действительно претерпела значительные изменения. Исследование происхождения вод арктического поверхностного слоя и изменчивости его характеристик рассматривалось в ряде работ [5, 11–15]. Согласно современным представлениям, поверхностный слой формируется из вод речного стока, атмосферных осадков и вод атлантического и тихоокеанского происхождения [5, 7, 8, 16]. В работе [13] на основе анализа пространственно-временной изменчивости характеристик ВКС за 1979–2012 гг. сделан вывод об уменьшении его толщины за 30-летний период в шести регионах Арктики. В работе [5] на основе массива океанологических данных проведен расчет толщины и солености верхнего перемешанного слоя Арктического бассейна за зимний период 1950–2013 гг. Оценки пространственного распределения толщины ВКС в Карском море в августе – ноябре 2007 и 2008 гг., полученные по экспедиционным данным, приведены в работе [14].

Цель настоящей работы – изучить пространственно-временную изменчивость толщины ВКС в Баренцевом и Карском морях с использованием наиболее полного современного климатического массива океанографических данных.

Материалы и методика

В качестве исходных гидрологических данных использовались массивы реанализа среднемесячных значений потенциальной температуры и солености *ORAS*5 в узлах ~ 10-километровой сетки с неравномерным шагом по глубине до ~ 400 м за 1958–2022 гг. На их основе были сформированы массивы потенциальной плотности для Баренцева и Карского морей, с помощью которых рассчитывалась толщина ВКС. Область исследования ограничена координатами 65–80° с. ш., 16–102° в. д.

Существуют три основные группы методов расчета толщины ВКС: методы порогового критерия, градиентные методы и методы анализа кривизны профиля [13, 17]. В данной работе для оценки ВКС после нескольких тестовых расчетов был принят пороговый критерий, определяющий, на какой глубине потенциальная плотность воды больше ее поверхностной потенциальной плотности на величину $\Delta\sigma = 0{,}03$ кг/м^3, где

$$\Delta\sigma = \sigma(z) - \sigma(z_{\min}), \qquad (1)$$

$\sigma(z)$ – потенциальная плотность на данной глубине z, $\sigma(z_{\min})$ – потенциальная плотность на поверхности [18, 19].

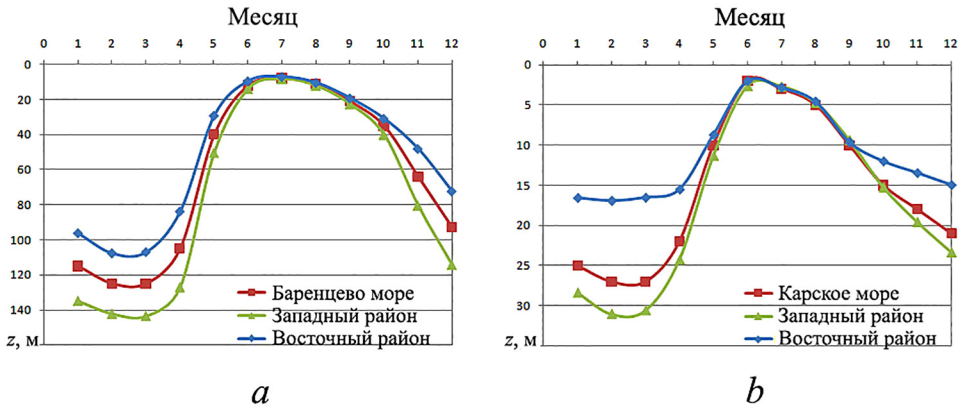
Для анализа межгодовой изменчивости перемешанного слоя были рассчитаны средние значения толщины ВКС в Баренцевом и Карском морях за холодное (ноябрь – апрель) и теплое (май – октябрь) полугодия. Найдены значения толщины этого слоя для западного (65–80° с. ш.; 16–36° в. д.) и восточного (65–80° с. ш.; 36–56° в. д.) районов Баренцева моря, а также для западного (65–80° с. ш.; 56–80° в. д.) и восточного (65–80° с. ш.; 80–103° в. д.) районов Карского моря.

Анализ результатов

Верхний квазиоднородный слой Баренцева и Карского морей формируется в результате перемешивания вод, поступающих из прилегающих бассейнов Атлантического и Северного Ледовитого океанов, а также вод материкового стока. Пространственное распределение толщины ВКС зависит от процессов образования и таяния льда, развития осенне-зимней конвекции, а также в значительной степени определяется рельефом дна [1].

На рис. 1 показан климатический внутригодовой ход осредненной по акваториям Баренцева и Карского морей толщины ВКС. Анализ показал, что максимального развития этот слой достигает в феврале, марте, минимального – в июне, июле. Увеличение толщины ВКС происходит с востока на запад. Таким образом, ее наибольшие значения в рассматриваемых морях наблюдаются в период развития осенне-зимней конвекции, возникающей вследствие увеличения плотности в поверхностном слое при понижении температуры воды и осолонении за счет ледообразования в верхних слоях моря.

В этот период ВКС рассматривается как слой воды, вовлеченный в процессы интенсивной осенне-зимней конвекции, который составляет в среднем по акватории Баренцева моря 105 м (от 65 м в ноябре до 125 м в феврале) (рис. 1, *a*). Полученные оценки для Баренцева моря меньше приведенных в работе [13], по результатам которой толщина ВКС в этом море в зимний период составляет 170 м.



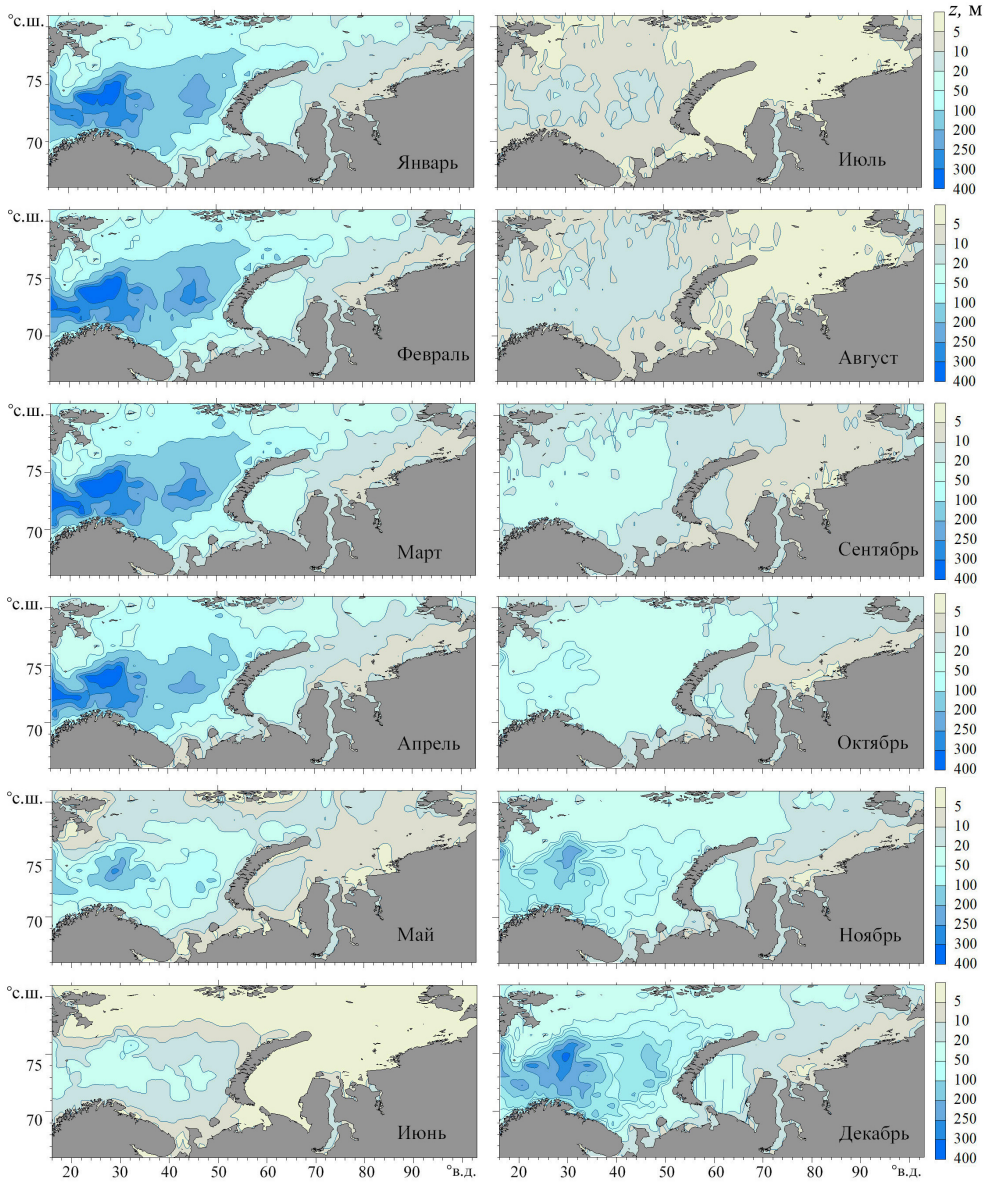
a *b*

Р и с. 1. Климатический внутригодовой ход толщины ВКС в Баренцевом (*a*) и Карском (*b*) морях
F i g. 1. Climatic intra-annual variation of UML thickness in the Barents (*a*) and Kara (*b*) seas

В холодное полугодие (ноябрь – апрель) наибольшая толщина ВКС (360–390 м) отмечается в наиболее глубоководных районах Баренцева моря (Западный желоб, Центральная котловина) с максимумом в феврале и марте (рис. 2). Это район распространения незамерзающих атлантических вод, где ветер и температура воздуха являются наиболее важными факторами, определяющими интенсивность стратификации. Зимой сильные ветры и низкие температуры могут вызвать перемешивание до глубин более 200 м [20].

[1] *Добровольский А. Д., Залогин Б. С.* Моря СССР. Москва : изд. МГУ, 1982. 192 с.

В мелководных районах Баренцева моря (Центральная банка, Гусиная банка, Северная Канинская банка, Мурманское поднятие) конвекция достигает дна раньше (ноябрь), чем в прилегающих глубоководных районах. В северной части моря конвективное перемешивание, обусловленное в основном осолонением при ледообразовании, проникает относительно неглубоко, толщина ВКС составляет 50–100 м (рис. 2).



Р и с. 2. Толщина (м) ВКС в Баренцевом и Карском морях
F i g. 2. UML thickness (m) in the Barents and Kara seas

В Карском море в холодный период года средняя толщина ВКС составляет 23 м (от 18 м в ноябре до 27 м в феврале и марте) (рис. 1, *b*). Ее максимум достигает ~ 130 м в марте в районе восточного берега арх. Новая Земля (рис. 2), куда проникают более теплые однородные воды Баренцева моря, которые выравнивают плотность по вертикали. Наименьшая толщина ВКС (до 10 м) наблюдается на Обь-Енисейском мелководье в области распространения речного плюма (рис. 2).

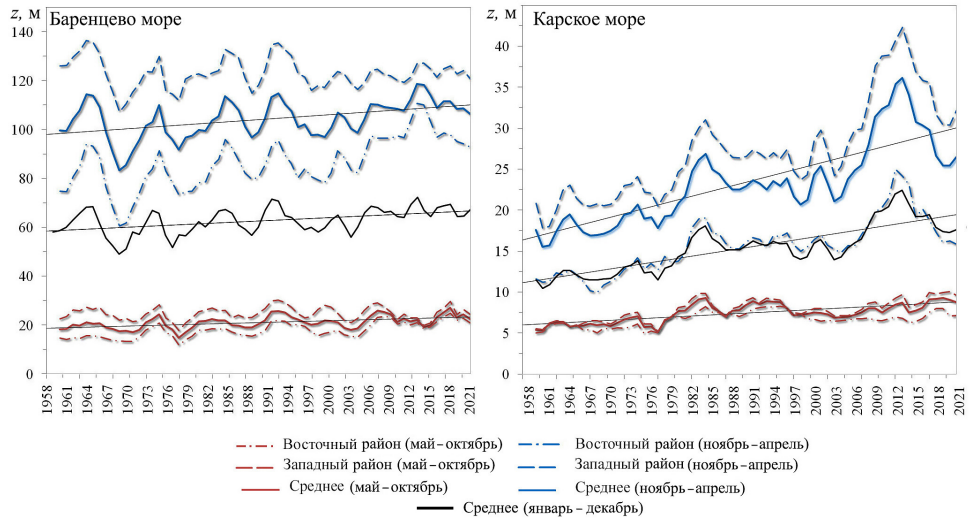
В теплый период года (май – октябрь) во время максимального распространения речных вод, таяния льдов и поверхностного прогрева плотность верхнего слоя значительно понижена. Наблюдается устойчивая стратификация, слой с максимальными значениями частоты плавучести поднимается к поверхности [21]. Для Карского моря осредненная по всей акватории толщина ВКС составляет 8 м (от 2 м в июне до 15 м в октябре) (рис. 1, *b*), для Баренцева моря – 21 м (от 8 м в июле до 40 м в октябре) (рис. 1, *a*). Полученные оценки для Баренцева моря выше приведенных в работе [13], согласно которой толщина ВКС в летний период в этом море составляет 18 м.

В теплый и холодный периоды года в Баренцевом море наибольшая толщина ВКС отмечена в глубоководных районах. В холодное полугодие в феврале – марте она достигает 270 м, в теплое к июлю по всему морю не превышает 23 м (рис. 2).

Толщина ВКС в Карском море весной составляет 20 м, максимум отмечен на юго-западе, у восточного берега арх. Новая Земля. К июню толщина ВКС практически во всех районах Карского моря не превышает 5 м. Исключением является Обская губа, для которой на протяжении всего летнего периода вследствие повышенного стока характерно выравнивание плотности по вертикали до глубин 20 м. Осенью толщина ВКС увеличивается по всей акватории рассматриваемых морей. Особенно это заметно в юго-западной части Баренцева моря, где проходят воды Нордкапского течения, имеющие высокую соленость и температуру. При своем движении на восток эти воды сравнительно быстро охлаждаются и опускаются вниз, что приводит к сглаживанию разницы в плотности между слоями [21–23].

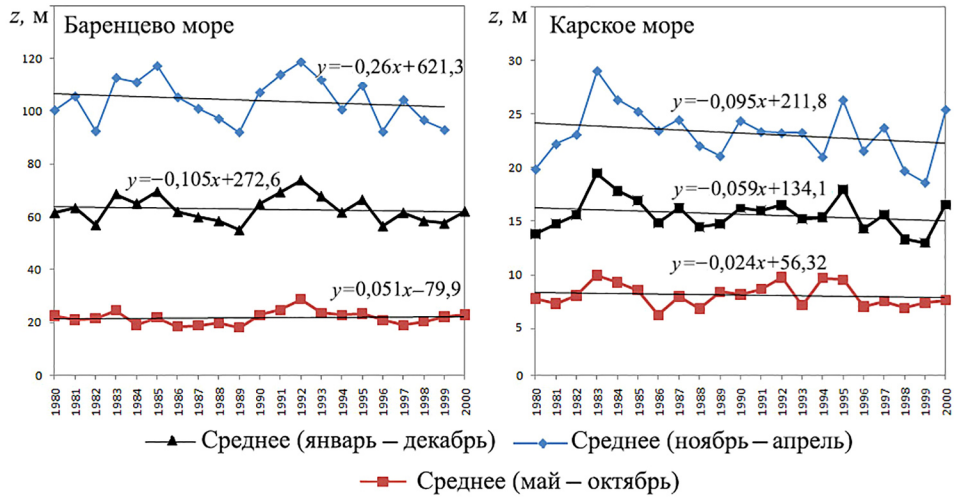
Межгодовая изменчивость толщины ВКС в Баренцевом и Карском морях в холодное и теплое полугодия показана на рис. 3. В указанных морях толщина этого слоя изменяется синхронно, коэффициент корреляции между среднегодовыми значениями толщины составляет 0,62. Тренд среднегодовой толщины ВКС для Баренцева моря составил 1,3 м/10 лет, для Карского 1,2 м/10 лет. Тренд толщины ВКС для Баренцева и Карского морей в холодное полугодие составил 1,9 м/10 лет и 2,1 м/10 лет, в теплое полугодие 0,7 м/10 лет и 0,4 м/10 лет соответственно.

Анализ результатов показал, что в середине 60-х гг. прошлого века наблюдалось увеличение толщины ВКС до 72 м в Баренцевом море и до 14 м в Карском (рис. 3). Известно, что в 50-е – начале 60-х гг. в Арктике отмечены большие положительные аномалии температуры воздуха, которые сопровождались усиленным таянием снега и льда и увеличением материкового стока [24]. Это способствовало накоплению пресных вод и увеличению толщины ВКС в данный период.



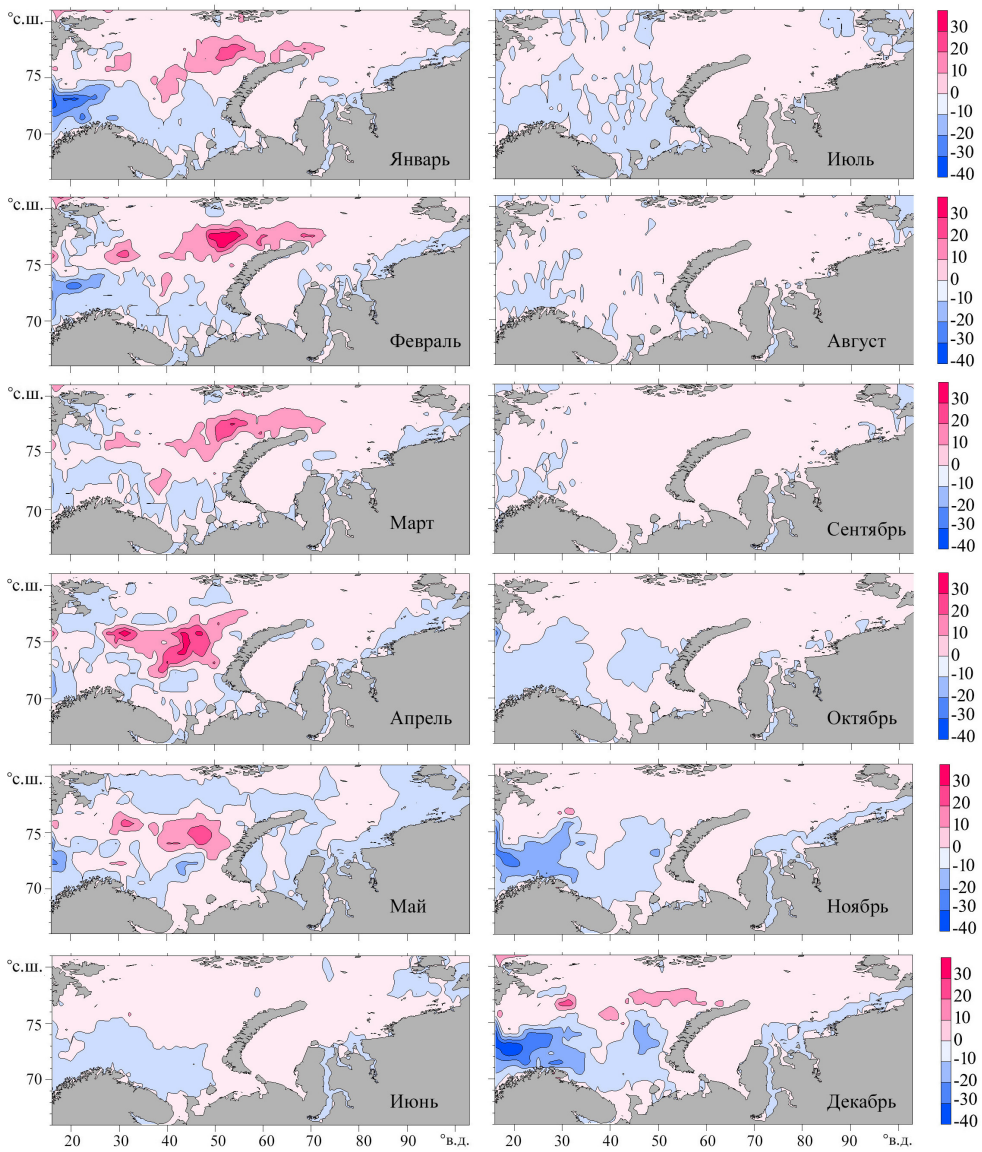
Р и с. 3. Межгодовая изменчивость толщины ВКС, трехлетнее скользящее среднее и линейный тренд за 1958–2022 гг. для Баренцева и Карского морей
F i g. 3. Interannual variability of UML thickness, three-year moving average and linear trend for the Barents and Kara seas in 1958–2022

Наименьшая за весь период исследования толщина поверхностного слоя отмечена в конце 60-х – начале 70-х гг., она составляет 45 и 10 м в Баренцевом и Карском морях соответственно. Этот период совпадает по времени с великой соленостной аномалией в Северной Атлантике, которая в основном является результатом выноса через пролив Фрама морских льдов и пресной воды из Арктического бассейна [24].



Р и с. 4. Межгодовая изменчивость толщины ВКС и линейный тренд за 1980–2000 гг. для Баренцева и Карского морей
F i g. 4. Interannual variability of UML thickness and linear trend for the Barents and Kara seas in 1980–2000

Период с конца 70-х до начала 2000-х гг. характеризуется отрицательными трендами толщины ВКС (рис. 4), что согласуется с выводами, полученными в работе [13]. С начала 2000-х гг. отмечается рост толщины перемешанного слоя в Арктическом бассейне вследствие ослабления атлантической термохалинной циркуляции и интенсивных летних потеплений в Арктике в 1990–2000-е гг. [5, 24].



Р и с. 5. Распределение коэффициентов линейного тренда (м/10 лет) толщины ВКС за 1958–2022 гг.

F i g. 5. Distribution of the linear trend coefficients (m/10 years) of UML thickness for 1958–2022

Сезонные изменения трендов толщины ВКС в Баренцевом и Карском морях имеют региональные особенности (рис. 5). В наиболее динамически активном западном районе Баренцева моря, куда поступает устойчивый поток атлантических вод, наблюдаются наибольшие отрицательные тренды изменения толщины ВКС, ее уменьшение прослеживается во все месяцы года. В январе оценки линейного тренда достигают –32 м/10 лет.

Наибольшие положительные тренды (42 м/10 лет, февраль) отмечены в центральном и северо-восточном районах Баренцева моря в холодное полугодие. В Карском море на фоне общей устойчивой тенденции к увеличению толщины ВКС в районе шельфовой зоны отмечены отрицательные значения трендов.

Заключение

На основе современного массива океанографических данных *ORAS*5 за длительный период 1958–2022 гг. исследована климатическая изменчивость толщины ВКС в Баренцевом и Карском морях.

Анализ построенных средних многолетних полей толщины ВКС для акваторий рассматриваемых морей позволил установить, что максимального вертикального развития ВКС достигает в феврале, марте, минимального – в июне, июле. Таким образом, наибольшие значения толщины ВКС в рассматриваемых морях наблюдаются в период развития осенне-зимней конвекции. В холодное полугодие (ноябрь – апрель) толщина ВКС в среднем по акватории Баренцева моря составляет 105 м, Карского моря – 23 м.

В теплый период года (май – октябрь) во время максимального распространения речных вод, таяния льдов и поверхностного прогрева водная толща хорошо стратифицирована по глубине, слой максимальных значений частоты плавучести поднимается к поверхности. Осредненная по всем акваториям толщина ВКС составляет 21 м для Баренцева моря, 8 м – для Карского.

Отличие значений толщины ВКС и их географического распределения в рассматриваемых морях можно объяснить различием основных воздействующих гидрологических и атмосферных факторов, формирующих пространственно-временную структуру ВКС: водообмена с соседними океанами, ледовых процессов, колебаний речного стока, атмосферных процессов, поверхностного прогрева и охлаждения, ветро-волнового перемешивания.

Тенденции увеличения толщины ВКС в евразийской части Арктического бассейна отмечены с начала 1970-х гг. В период 1950–1970 гг., когда отмечались минимальные значения толщины поверхностного слоя, наблюдались экстремально низкие значения арктической и североатлантической осцилляций, отрицательные аномалии величины речного стока в моря российской Арктики. В то же время начиная с 1990-х гг. наблюдаются увеличение положительных значений индекса арктической осцилляции с одновременным увеличением положительных аномалий величины речного стока, а также существенные отрицательные аномалии площади ледяного покрова Арктики.

Анализ межгодовой изменчивости среднегодовых значений толщины ВКС в Баренцевом и Карском морях показал также наличие положительного климатического тренда в 1958–2022 гг., т. е. рост толщины ВКС. Тенденция

увеличения толщины ВКС прослеживается как в холодное, так и в теплое полугодие. Величина тренда среднегодовой толщины ВКС для Баренцева моря составил 1,3 м/10 лет, для Карского 1,2 м/10 лет. В холодное полугодие скорость роста толщины ВКС для Баренцева и Карского морей составила 1,9 м/10 лет и 2,1 м/10 лет, в теплое полугодие 0,7 м/10 лет и 0,4 м/10 лет соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Luchin V. A.* Intra-annual variability of the mixed layer parameters in the Okhotsk Sea // Izvestiya TINRO. 2018. Vol. 195, iss. 4. P. 170–183. https://doi.org/10.26428/1606-9919-2018-195-170-183
2. *Aagaard K., Coachman L. K.* Toward an ice-free Arctic Ocean // Eos, Transactions American Geophysical Union. 1975. Vol. 56, iss. 7. P. 484–486. https://doi.org/10.1029/EO056i007p00484
3. *Rudels B., Anderson L. G., Jones E. P.* Formation and evolution of the surface mixed layer and halocline of the Arctic Ocean // Journal of Geophysical Research: Oceans. 1996. Vol. 101, iss. C4. P. 8807–8821. https://doi.org/10.1029/96JC00143
4. *Захаров В. Ф.* Морские льды в климатической системе. Санкт-Петербург : Гидрометеоиздат, 1996. 213 с.
5. Interannual variability of parameters of the Arctic Ocean surface layer and halocline / E. Cherniavskaia [et al.] // Arctic and Antarctic Research. 2020. Vol. 66, iss. 4. P. 404–426. https://doi.org/10.30758/0555-2648-2020-66-4-404-426
6. Научные исследования в Арктике. Т. 2. Климатические изменения ледяного покрова морей Евразийского шельфа / И. Е. Фролов [и др.]. Санкт-Петербург : Наука, 2007. 135 с.
7. Arctic sea ice decline: Faster than forecast / J. Stroeve [et al.] // Geophysical Research Letters. 2007. Vol. 34, iss. 9. L09501. https://doi.org/10.1029/2007GL029703
8. *Kwok R., Rothrock D. A.* Decline in Arctic sea ice thickness from submarine and ICESat records: 1958–2008 // Geophysical Research Letters. 2009. Vol. 36, iss. 15. L15501. https://doi.org/10.1029/2009gl039035
9. Климатические изменения термических условий Карского моря за последние 40 лет / И. Д. Ростов [и др.] // Проблемы Арктики и Антарктики. 2019. Т. 65, № 2. С. 125–147. https://doi.org/10.30758/0555-2648-2019-65-2-125-147
10. Моря российской Арктики в современных климатических условиях. Санкт-Петербург : ААНИИ, 2021. 360 с.
11. *Macdonald R. W., Harner T., Fyfe J.* Recent climate change in the Arctic and its impact on contaminant pathways and interpretation of temporal trend data // Science of the Total Environment. 2005. Vol. 342, iss. 1–3. P. 5–86. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.12.059
12. Аномальные изменения термохалинной структуры Северного Ледовитого океана / И. Е. Фролов [и др.] // Доклады Академии наук. 2009. Т. 429, № 5. С. 688–690. EDN KYGOOB.
13. *Peralta-Ferriz C., Woodgate R. A.* Seasonal and interannual variability of pan-Arctic surface mixed layer properties from 1979 to 2012 from hydrographic data, and the dominance of stratification for multiyear mixed layer depth shoaling // Progress in Oceanography. 2015. Vol. 134. P. 19–53. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2014.12.005
14. *Власенков Р. Е., Смирнов А. В., Макштас А. П.* Оценка потенциального прогрева поверхностного слоя морей Карского и Лаптевых в 2007 и 2008 гг. // Проблемы Арктики и Антарктики. 2010. № 2 (85). С. 35–39. EDN NAVNPR.
15. Mixing, heat fluxes and heat content evolution of the Arctic Ocean mixed layer / A. Sirevaag [et al.] // Ocean Science. 2011. Vol. 7, iss. 3. P. 335–349. https://doi.org/10.5194/os-7-335-2011

16. *Bukatov A. A., Pavlenko E. A., Solovei N. M.* River Runoff Influence on the Density Stratification of the Russian Arctic Seas // Processes in GeoMedia – Volume VI / Ed. T. Chaplina. Cham : Springer, 2023. P. 523–536. (Springer Geology Series). https://doi.org/10.1007/978-3-031-16575-7_47

17. *Смирнов А. В., Кораблев А. А.* Взаимосвязь между характеристиками перемешанного слоя и потоками тепла на границе раздела океан – атмосфера в Северо-Европейском бассейне // Проблемы Арктики и Антарктики. 2010. № 3 (86). С. 79–88. EDN NDLAGL.

18. Influences of the ocean surface mixed layer and thermohaline stratification on Arctic Sea ice in the central Canada Basin / J. M. Toole [et al.] // Journal of Geophysical Research: Oceans. 2010. Vol. 115, iss. C10. C10018. https://doi.org/10.1029/2009JC005660

19. *Jackson J. M., Williams W. J., Carmack E. C.* Winter sea-ice melt in the Canada Basin, Arctic Ocean // Geophysical Research Letters. 2012. Vol. 39, iss. 3. L03603. https://doi.org/10.1029/2011gl050219

20. Система Баренцева моря / Под ред. академика А. П. Лисицына. Москва : ГЕОС, 2021. 672 с. EDN NXXCXU.

21. *Букатов А. А., Павленко Е. А., Соловей Н. М.* Особенности пространственно-временной изменчивости частоты Вяйсяля – Брента в Баренцевом и Карском морях // Процессы в геосредах. 2018. № 3. С. 1004–1013. EDN YPOVXN.

22. *Букатов А. А., Соловей Н. М., Павленко Е. А.* Региональные особенности плотностной стратификации вод и характеристик внутренних волн в арктических морях // Морской гидрофизический журнал. 2023. Т. 39, № 6. С. 779–796. EDN WVSPOB.

23. *Ivanov V. V., Frolov I. E., Filchuk K. V.* Transformation of Atlantic Water in the north-eastern Barents Sea in winter // Arctic and Antarctic Research. 2020. Vol. 66, iss. 3. P. 246–266 (in Russian). https://doi.org/10.30758/0555-2648-2020-66-3-246-266

24. Влияние Арктики на формирование аномалий солености в Северо-Западной Атлантике и Северо-Европейском бассейне / А. Е. Вязилова [и др.] // Проблемы Арктики и Антарктики. 2015. № 3 (105). Р. 39–50. EDN VCYGQZ.

Об авторах:

Букатов Антон Алексеевич, ведущий научный сотрудник, отдел океанографии, ФГБУН ФИЦ МГИ (299011, Россия, г. Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), кандидат физико-математических наук, **ORCID ID: 0000-0002-1165-8428**, **ResearcherID: P-6733-2017**, **Scopus Author ID: 7004175272**, **SPIN-код: 7790-4651**, newisland@list.ru

Павленко Екатерина Анатольевна, младший научный сотрудник, отдел океанографии, ФГБУН ФИЦ МГИ (299011, Россия, г. Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), **ORCID ID: 0000-0001-9146-5708**, **Scopus Author ID: 57222031207**, **SPIN-код: 3047-6419**, ekk.pavlenko@yandex.ru

Соловей Неля Михайловна, младший научный сотрудник, отдел океанографии, ФГБУН ФИЦ МГИ (299011, Россия, г. Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), **ORCID ID: 0000-0003-3359-0345**, **Scopus Author ID: 14059043600**, **SPIN-код: 4078-4270**, nele7@mail.ru