

Научная статья
УДК 574.55: 551.464.32 (268.53)
doi:10.37614/2949-1185.2023.2.3.010

ОЦЕНКА СОСТАВА ВОДНЫХ МАСС ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ДАННЫХ О ПАРАМЕТРАХ $\delta^{18}\text{O}$ И $\delta^2\text{H}$

Иван Александрович Пастухов¹, Алексей Анатольевич Намятов²

^{1,2}Мурманский морской биологический институт Российской академии наук, г. Мурманск, Россия
¹pastuhovi@mmbi.info, ²alexey.namyatov.a@gmail.com

Аннотация

Представлены результаты изучения стабильных изотопов $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ в водах Баренцева моря, которые были проведены в марте–апреле 2021 г. На основе этих данных получено соотношения содержания базовых вод – атлантических (f_a), речных (f_r) и талых вод (f_i), а также объемов вод, изъятых на ледообразование на исследуемой акватории. Сравнительная оценка содержания вод рассчитана по значениям “ $\delta^{18}\text{O}$ –соленость” и “ $\delta^2\text{H}$ –соленость”, и результаты не выходят за границы среднего значения $\pm\text{СКО}$. Однако средние величины содержания атлантических и ледовых вод, полученные при использовании параметра $\delta^2\text{H}$ выше, чем с помощью $\delta^{18}\text{O}$, а содержание речных вод ниже. Использование параметров $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ в океанографических исследованиях при расчете балансовых характеристик предпочтительнее, чем температура и соленость, так как они обладают свойствами большей консервативности.

Ключевые слова:

стабильные изотопы, арктические моря, базовые воды, ледообразование, ледотаяние, атлантические воды, речные воды

Original article

ASSESSMENT OF THE COMPOSITION OF WATER MASSES IN THE EASTERN PART OF THE BARENTS SEA USING MODERN DATA OF $\delta^{18}\text{O}$ AND $\delta^2\text{H}$ PARAMETERS

Ivan A. Pastukhov¹, Alexey A. Namyatov²

^{1,2}Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russia
¹pastuhovi@mmbi.info, ²alexey.namyatov.a@gmail.com

Abstract

This paper presents the results of measurements of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ stable isotope values in the waters of the Barents Sea, which were carried out in March–April 2021. Based on the data presented, the ratio of base water content – atlantic (f_a), river (f_r) and melt water (f_i), as well as the volume of water withdrawn for ice formation in the studied water area was assessed. The comparative estimation of base water content, calculated on values “ $\delta^{18}\text{O}$ –salinity” and “ $\delta^2\text{H}$ –salinity” is presented and obtained values do not exceed limits of mean value $\pm\text{sd}$. However, average values of Atlantic and ice water content calculated using $\delta^2\text{H}$ parameter are higher than those using $\delta^{18}\text{O}$, and river water content is lower. The use of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ parameters in oceanographic studies in the calculation of balance characteristics is preferable to temperature and salinity because of their greater conservativity.

Keywords:

Stable isotopes, Arctic seas, basic waters, ice formation, ice melting, Atlantic water, river water

Введение

Средний изотопный состав вод океана остается постоянным на протяжении длительного геологического времени, поэтому изучение распределения изотопных соотношений водорода и кислорода океанической воды существенно дополняет данные по распределению ее солености, и создает более надежную основу для изучения динамики вод океана в глобальном масштабе.

До настоящего времени водные массы выделялись в основном по двум параметрам – температуре и солености, однако применение изотопных параметров $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ в океанографических исследованиях при проведении балансовых расчетов имеет большое преимущество в виду того, что эти параметры обладают большими консервативными свойствами. В последнее время большей популярностью пользуется параметр $\delta^{18}\text{O}$. Существует открытая база данных NASA, содержащая показатели температуры, солености и $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ для вод Мирового океана (Schmidt et al., 1999),

также эти данные доступны на сайте NODC (World ..., 2019). Для Баренцева моря последние общедоступные данные по этим параметрам датируются 2014 г. (Dissolved ..., 2019). В целом для Баренцева моря исследования, подобные нашим, проводились с 1972 по 2014 гг. (примерно 350 станций, для анализа доступны 2200 проб) (рис. 1). Большинство станций выполнено или в районе архипелага Шпицберген, или в юго-восточной части моря, так называемом Печорском море. Центральная часть моря исследованиями практически не охвачена или таких данных нет в открытом доступе. Более того, практически все работы выполнены в летний период, кроме исследований в водах архипелага Шпицберген. Величины изотопных параметров в арктических морях в зимнее время в настоящее время фактически не представлены.

Применение величины солености и изотопного параметра, в частности $\delta^{18}\text{O}$, позволяет построить трехкомпонентную систему уравнений, результатом решения которой является оценка содержания базовых вод – атлантических, речных и талых вод, а также относительных объемов воды, затраченных на ледообразование (Isotope ..., 2017; World ..., 2019; Dissolved ..., 2019; Namyatov, 2021).

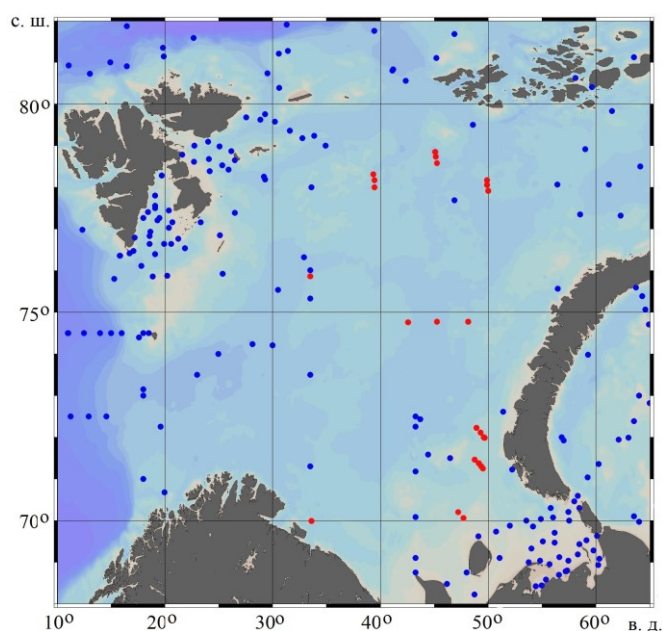


Рис. 1. Схема расположения станций измерения изотопных параметров $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ в 1972–2014 гг. (синие точки) и в ходе экспедиции НИС “Дальние Зеленцы” в марте–апреле 2021 г. (красные точки)

Fig. 1. Scheme of stations of measuring $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ isotopic parameters in 1972–2014 (blue dots) and performed during the expedition of the R/V “Dalnie Zelentsy” in March–April 2021 (red dots)

Цель работы – оценка состава водных масс восточной части Баренцева моря в период окончания гидрологической зимы с использованием значений “соленость– $\delta^{18}\text{O}$ ” и “соленость– $\delta^2\text{H}$ ”, в также сравнение полученных соотношений с литературными данными.

Материал и методы

Отбор проб для определения изотопных параметров $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ был проведен в марте–апреле 2021 г. на НИС “Дальние Зеленцы” ММБИ РАН (Научный ..., 2022). Всего отобрано и проанализировано 107 проб воды на 27 станциях (рис. 1). Также было отобрано 6 пар проб (лед и подледный слой воды) для оценки величин фракционирования стабильных изотопов в процессе ледообразования.

Температуру и соленость (ошибка ± 0.01 епс) воды определяли с помощью СТД-зонда SEACAT SBE 19 plus V2 (Sea-Bird Scientific, США), содержание стабильных изотопов $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ – лазерного анализатора Picarro L2130-i (выпуск 2021 г.) в ресурсном центре “Рентгенодифракционные

методы исследования” научного парка СПбГУ. Использованы стандарты USGS50 ($\delta^{18}\text{O} = +4.95\text{‰}$ и $\delta^2\text{H} = +32.8\text{‰}$), USGS45 ($\delta^{18}\text{O} = -2.238\text{‰}$ и $\delta^2\text{H} = -10.3\text{‰}$), USGS46 ($\delta^{18}\text{O} = -29.80\text{‰}$ и $\delta^2\text{H} = -235.8\text{‰}$). Ошибка измерений составляла $\pm 0.07\text{‰}$ для $\delta^{18}\text{O}$ и $\pm 0.2\text{‰}$ для $\delta^2\text{H}$.

Для оценки величин относительных объемов атлантических, речных и ледовых вод (под этим термином понимается объем талых вод или объем вод, изъятых на ледообразование) использовалась трехкомпонентная система уравнений смешения:

$$\begin{aligned} f_a \times S_a + f_r \times S_r + f_i \times S_i &= S_{\text{meas}} \\ f_a \times I_a + f_r \times I_r + f_i \times I_i &= I_{\text{meas}} \\ f_a + f_r + f_i &= 1, \end{aligned} \quad (1)$$

где S_r (епс) и I_r (‰) – соленость и величина изотопного параметра для “чисто” речных вод ($S_r = 0$); S_i и I_i – для ледовых вод, ‰; S_a и I_a – для “чисто” атлантических вод; f_a , f_r и f_i – содержание атлантических, речных и ледовых вод, ‰; S_{meas} и I_{meas} – результирующая (измеренная) соленость и величина изотопного параметра $\delta^{18}\text{O}$ или δ^2 , полученные по результатам представляемых исследований. Данную систему уравнений можно использовать только в условиях преобладания процесса ледотаяния ($f_i > 0$). Если преобладают воды, изъятые на ледообразование ($f_i < 0$), то система уравнений (1) дополняется еще двумя (Namyatov, 2021):

$$f_a^w = f_a - \frac{kx|f_i|}{1+k} \quad (2)$$

$$f_r^w = f_r - |f_i| + \frac{kx|f_i|}{1+k} \quad (3)$$

$$\frac{f_a}{f_r} = k.$$

В этом случае f_a^w и f_r^w – содержание атлантических и речных вод в подледном слое воды (Namyatov, 2021); f_a и f_r – величины содержания атлантических и речных вод, рассчитанные по системе уравнений (1). Значения S_a , I_a , S_i , I_i и I_r представлены в работе (Namyatov, 2021).

Результаты и обсуждение

По материалам исследований 2021 г., соотношение “ $\delta^{18}\text{O}$ –соленость” имеет коэффициент детерминации равный 0.31, однако по результатам других исследований [полный список представлен в работе А. А. Намятова (Namyatov, 2021)] этот коэффициент для Баренцева моря значительно выше и составляет 0.92 при количестве определений равным ~2200 и диапазоне солености от ~0 до 35.3 епс. Такой низкий коэффициент детерминации объясняется в первую очередь небольшим диапазоном изменения солености воды (33.8–34.9 епс). Это согласуется с аналогичными исследованиями, проведенными в Карском море в 2014 г. (Изотопные ..., 2017). Если для всего ряда наблюдений при диапазоне изменения солености от 0 до 34.8 епс коэффициент детерминации соотношения “ $\delta^{18}\text{O}$ –соленость” был равен 0.962, то для солености 33.0–34.8 епс он составлял 0.316. По результатам всех известных наблюдений для Баренцева моря (~2300 проб), включая настоящее исследование 2021 г., коэффициент детерминации соотношения “ $\delta^{18}\text{O}$ –соленость” для Баренцева моря равен 0.927. Что касается соотношения “ $\delta^2\text{H}$ –соленость”, то коэффициент детерминации по результатам 2021 г. составляет 0.425. Другие данные по Баренцеву морю в открытом доступе отсутствуют. Коэффициент детерминации такого соотношения по результатам вышеупомянутых исследований в Карском море для солености 33.0–34.8 епс составил 0.328. Что касается соотношения “ $\delta^{18}\text{O}$ – $\delta^2\text{H}$ ”, то коэффициент детерминации составляет 0.839, что вполне соответствует коэффициенту 0.884, полученному в рамках других исследований для подобного диапазона значений солености (Изотопный ..., 2017). Однако, если рассматривать весь диапазон изменения солености, то коэффициент детерминации этого соотношения очень высок и равен 0.997 (Изотопный ..., 2017).

Так как величины соотношения “ $\delta^{18}\text{O}$ –соленость” и “ $\delta^2\text{H}$ –соленость” имеют некоторый разброс, а угловой коэффициент соотношения “ $\delta^{18}\text{O}$ – $\delta^2\text{H}$ ” также указывает на смешение, то представляет интерес исследовать возможные различия расчетных параметров, вычисленных по формулам (1)–(3) с использованием значений солености и изотопных параметров $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$. Полученные результаты сравнения величин содержания базовых вод не выходят за границы среднего значения $\pm\text{СКО}$. Тем не менее, средние величины содержания атлантических и ледовых вод, рассчитанные с использованием изотопного параметра $\delta^2\text{H}$, несколько выше, чем рассчитанные по $\delta^{18}\text{O}$, а содержание речных вод несколько ниже.

В литературных источниках расчетные величины содержания базовых вод получены с использованием параметра $\delta^{18}\text{O}$ [формулы (1)–(3)], поэтому и в настоящем исследовании также будут представлены подобные оценки с использованием этого изотопного соотношения. Результаты позволяют оценить изменение содержания базовых вод с юга на север от 70° до 79° с. ш. в восточной части Баренцева моря (рис. 2). Южные станции выполнены фактически на границе юго-восточной части моря, воды которой находятся под влиянием стока р. Печора. Здесь, в слое 0–50 м, наблюдались самые низкие значения солености (до 33.8 епс) при температуре воды (до -1.81°C) близкой к температуре замерзания.

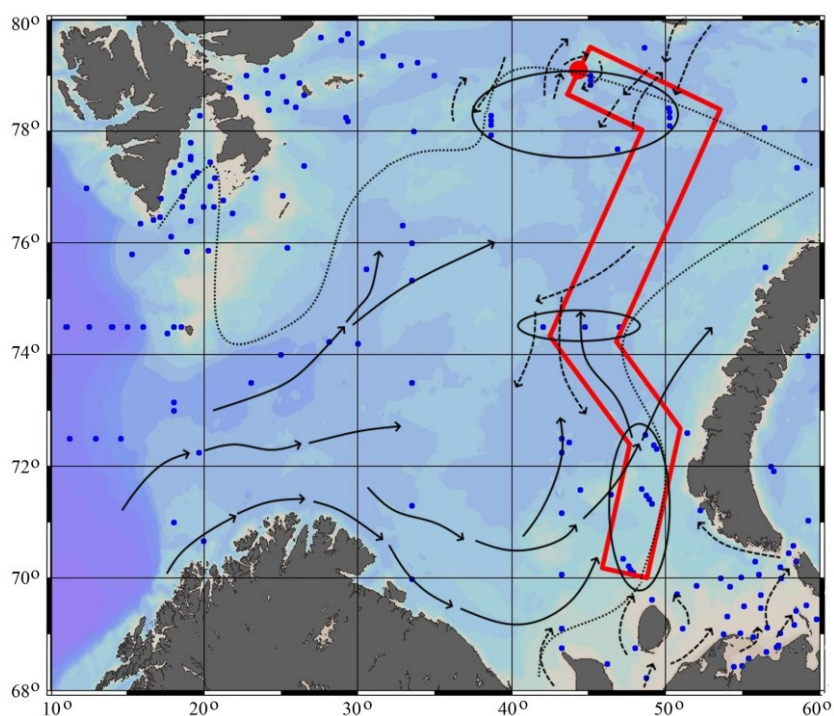


Рис. 2. Схема расположения станций, выполненных в марте–апреле 2021 г. (НИС “Дальние Зеленцы”), используемых для построения вертикальных профилей

Fig. 2. Scheme of stations of the expedition in March–April 2021 (R/V “Dalnii Zelentsy”), used for the construction of vertical profiles

На северной границе моря, где наблюдается заток холодных вод с севера и северо-востока, в слое 0–150 м также отмечены низкие значения температуры воды (до -1.82°C) при солености около 34.7 епс (рис. 3). Между этими очагами холодных вод наблюдались более теплые трансформированные атлантические воды Новоземельского течения с температурой до 1.4°C и соленостью до 34.9 епс. Кроме того, восточные станции, приближенные к архипелагу Новая Земля, а также северные станции (северная граница моря), находятся в непосредственной близости от кромки льда. На рисунке 4 представлено распределение содержания атлантических, речных и ледовых вод на генерализованном разрезе, показанном на рис. 2. В его центральной части, в трансформированных

атлантических водах Новоземельского течения, фракция атлантических вод составляла 99.0–99.3 %. При этом наблюдались наименьшие значения содержания речных вод – 0.3–1.0 %. Доля талых вод в ядре этой водной массы (на горизонте 100 м) достигала 0.6–0.7 %.

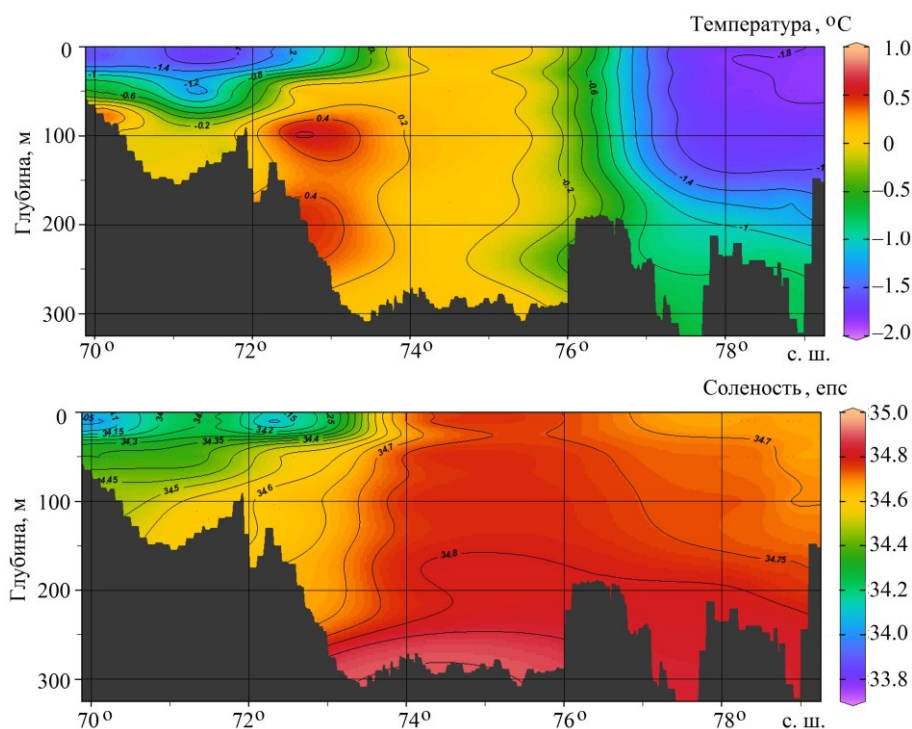


Рис. 3. Распределение температуры и солености
Fig. 3. Temperature and salinity distributions

В водах, которые примыкают к юго-восточной части моря и находятся под некоторым воздействием стока р. Печора, фракция атлантических вод составляла около 96.7 %. В этом районе наблюдались максимальные значения содержания фракции речных вод – до 3.5–4.0 % (слой 0–25 м), а также фракции талых вод – до 1.0 %. С увеличением температуры воды в придонном слое фракция талых вод увеличивалась до 1.3 %, что, очевидно, связано с поступлением атлантических вод, имеющих более высокие значения этого параметра. Между этими районами (с преобладанием талых вод) наблюдались воды, в которых процессы ледообразования преобладали над процессами ледотаяния ($f_i < 0$). В придонном слое этого района величина изъятия вод на процесс ледообразования достигала – 1.2 % при расчетах по $\delta^{18}\text{O}$ и – 0.33 % – по $\delta^2\text{H}$.

В поверхностном слое северной части моря при температурах воды близких к точке замерзания доля атлантических вод, по сравнению с водами Новоземельского течения, была меньше примерно на 1 % и составляла 98.0–98.2 %. При этом доля речных возросла до 2.6 %. В этой части моря воды, преобразованные процессами ледообразования, наблюдались от поверхности до дна. В поверхностном слое величина изъятия проб на ледообразование составляла 1.6 % (по $\delta^{18}\text{O}$) и 0.85 % (по $\delta^2\text{H}$), в придонном слое – 0.96 и 0.54 % соответственно.

Как уже отмечалось (Namyatov, 2021), отрицательные величины f_i являются уникальной характеристикой “памяти”, описывающей процессы ледообразования/ледотаяния. В районе с отрицательными значениями f_i – к югу от “ядра” Новоземельского течения, среднее взвешенное значение этого параметра от поверхности до дна составляло – 1.11 %, что при глубине моря в 120 м соответствует толщине образовавшегося льда – 1.33 м. На самых северных станциях (глубина 106–146 м) средняя взвешенная величина f_i по всему слою воды от поверхности до дна составила – 1.2...–1.4 %. Такая трансформация морской воды обусловлена образованием льда толщиной

1.20–1.40 м. Полученные величины вполне согласуются с таковыми средней толщины льда, наблюдаемого в этих районах. Так отмечено, что средняя толщина однолетнего льда в Баренцевом море составляет 100 см, а толстого однолетнего льда – 135 см (Гидрометеорология ..., 1990).

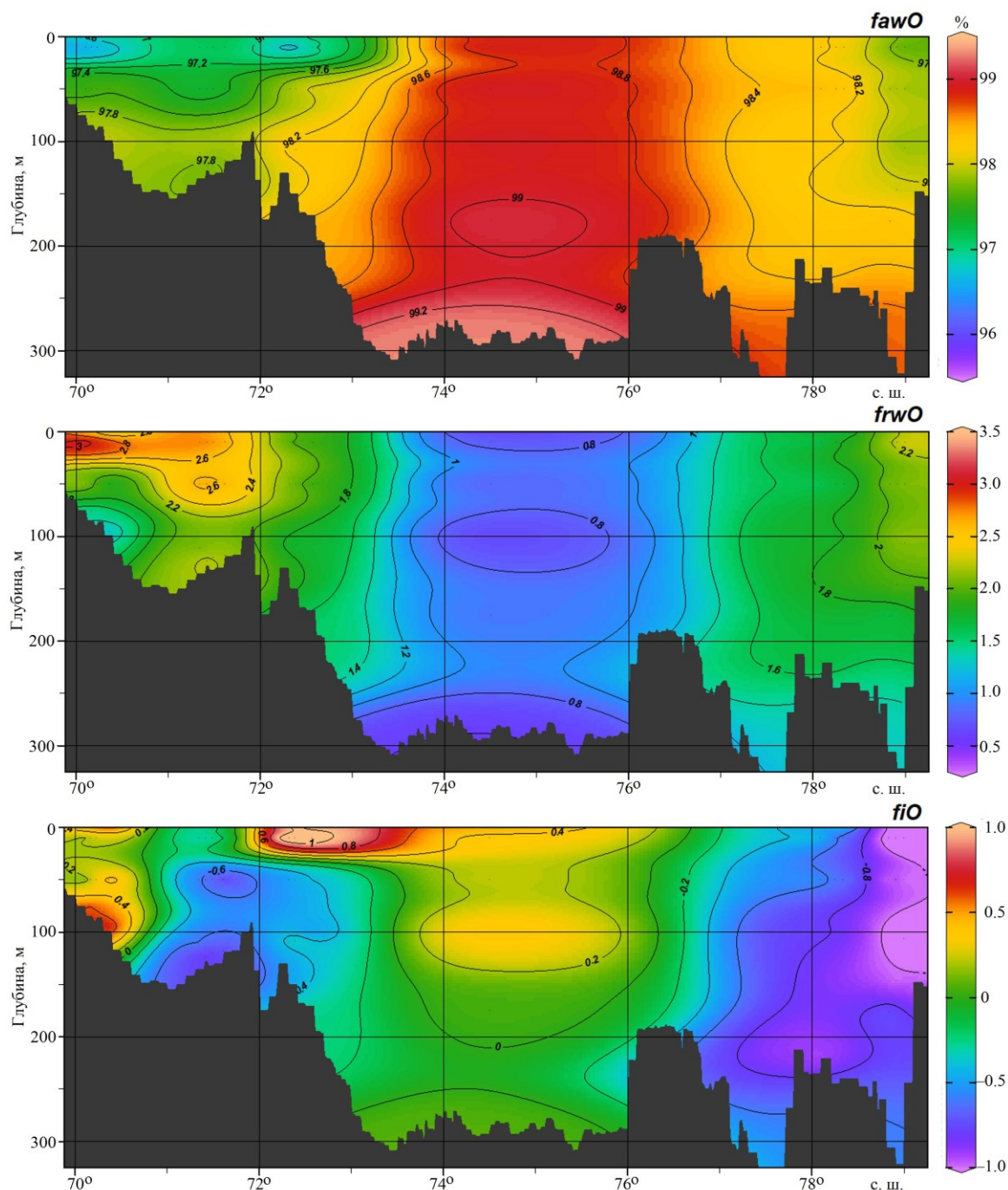


Рис. 4. Доля атлантических (f_{awO}), речных (f_{rwO}) и ледовых (f_{iO}) вод, рассчитанная по $\delta^{18}O$ и их распределение
Fig. 4. Fraction of Atlantic (f_{awO}), river (f_{rwO}) and ice (f_{iO}) waters content calculated of $\delta^{18}O$ and their distribution

Аналогичный анализ для районов с положительными значениями f_i позволяет получить данные о толщине льда, растаявшего в этом районе или толщине слоя талой воды, которая далее была перемешана с морской водой. Надо отметить, что в связи с тем, что поступающие атлантические воды имеют

положительную температуру, то таяние происходит в течение всего года. Максимальные средние взвешенные значения f_i от поверхности до дна в южной части разреза (при глубинах около 100 м) составляют 0.93–1.20 %. Это означает, что слой талой воды равен 93–120 см. В водах Новоземельского течения слой талой воды, перемешанный с атлантическими водами, соответствует 56–94 см.

Выводы

Исследования, проведенные в марте–апреле 2021 г. на НИС “Дальние Зеленцы”, дополнили общую базу данных значений стабильных изотопов $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ в морских водах Баренцева моря. Сравнительная оценка содержания базовых вод, рассчитанная по соотношениям “ $\delta^{18}\text{O}$ –соленость” и “ $\delta^2\text{H}$ –соленость”, показывает, что полученные значения не выходят за границы среднего значения $\pm\text{СКО}$. Тем не менее, средние величины содержания атлантических и ледовых вод, рассчитанные с использованием изотопного параметра $\delta^2\text{H}$ несколько выше, чем рассчитанные по $\delta^{18}\text{O}$, а содержание речных вод несколько ниже.

Использование стабильных изотопов может стать эффективным способом проведения мониторинга изменения состава водных масс, а также процессов ледообразования/ледотаяния, в том числе и в рамках исследования климатической изменчивости гидрологических процессов благодаря своеобразным характеристикам “памяти”.

Работа выполнена по теме “Планктонные сообщества арктических морей в условиях современных климатических изменений и антропогенного воздействия” (№ госрегистрации 121091600105-4) в рамках государственного задания ММБИ РАН.

Список литературы

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 1. Баренцево море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / Ред. Ф. М. Терзиев. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 280 с.
2. Изотопные (δD , $\delta^{18}\text{O}$) параметры и источники опресненных вод Карского моря / Е. О. Дубинина, С. А. Коссова, А. Ю. Мирошников, Р. В. Фяйзуллина // Океанология. 2017. Т. 57, № 1. С. 38–48.
3. Научный отчет комплексной экспедиции на НИС “Дальние Зеленцы” в Баренцево море с 10 марта по 14 апреля 2021 г. / А. А. Дерябин, Т. М. Максимовская, И. А. Пастухов, А. Н. Гурба, О. П. Калинка, О. В. Човган / Отв. ред. Д. В. Моисеев. Мурманск: Изд. ММБИ РАН, 2022. 110 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49370684>
4. Dissolved neodymium (Nd) isotope compositions and rare earth element (REE) concentrations along with stable oxygen isotope compositions measured on water bottle samples collected during PU2014 to the Barents Sea in 2014 / G. Laukert, M. Makhotin, M. V. Petrova, A. Vesman, M. Frank, E. C. Hathorne, D. Bauch, P. Böning, H. Kassens, V. Ivanov // Chemical Geology. 20 April 2019. Vol. 511. P. 416–430. URL: <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2018.10.002>
5. Namyatov A. A. $\delta^{18}\text{O}$ as a tracer of the main regularities of water mass mixing and transformation in the Barents, Kara and Laptev seas // J. Hydrology. 2021. Vol. 593. Article 125813. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125813>
6. Schmidt G. A., Bigg G. R., Rohling E. J. Global Seawater Oxygen-18. Database-v1.22. 1999. URL: <https://data.giss.nasa.gov/o18data>
7. World Ocean Database 2018 / T. P. Boyer, O. K. Baranova, C. Coleman, H. E. Garcia, A. Grodsky, R. A. Locarnini, A. V. Mishonov, C. R. Paver, J. R. Reagan, D. Seidov, I. V. Smolyar, K. Weathers, M. M. Zweng / A.V. Mishonov (Tech. Ed.) // NOAA Atlas NESDIS. 2019. 87 p. DOI: 10.13140/RG.2.2.34758.01602

References

1. *Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morej SSSR. Tom 1. Barencevo more. Vypusk 1. Gidrometeorologicheskie usloviya* [Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas of the USSR. Vol. 1. Barents Sea. Issue 1. Hydrometeorological conditions]. Leningrad, Hydrometeoizdat, 1990, 280 p. (In Russ.).
2. Dubinina E. O., Kossova S. A., Miroshnikov A. Yu., Fyaizullina R. V. Izotopnye (δD , $\delta^{18}\text{O}$) parametry i istochniki opresnennykh vod Karskogo morya [Isotope (δD , $\delta^{18}\text{O}$) Composition and the Freshwater Input to the Kara Sea]. *Okeanologiya* [Oceanology], 2017, Vol. 1, No. 57. pp. 38–48. (In Russ.).
3. Deryabin A.A., Maksimovskaya T.M., Pastukhov I.A., Gurba A.N., Kalinka O.P., Chovgan O.V. *Nauchnyy otchet kompleksnoj ekspedicii na NIS “Dal’nie Zelency” v Barencevo more s 10 marta po 14 aprelya 2021 g.* [Scientific

- report of the complex expedition on the R/V "Dalnie Zelentsy" to the Barents Sea from 10 March to 14 April 2021]. Murmansk, Publ. MMBI RAS, 2022. 110 p. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49370684>
4. Laukert G., Makhotin M., Petrova M. V., Vesman A., Frank M., Hathorne E. C., Bauch D., Böning P., Kassens H., Ivanov V. Dissolved neodymium (Nd) isotope compositions and rare earth element (REE) concentrations along with stable oxygen isotope compositions measured on water bottle samples collected during PU2014 to the Barents Sea in 2014. *Chemical Geology*. 20 April 2019. Vol. 511. pp. 416–430. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2018.10.002>
 5. Namyatov A. A. $\delta^{18}\text{O}$ as a tracer of the main regularities of water mass mixing and transformation in the Barents, Kara and Laptev seas. *J. Hydrology*. 2021. Vol. 593. Article 125813. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125813>
 6. Schmidt G. A., Bigg G. R., Rohling E. J. Global Seawater Oxygen-18. Database-v1.22. 1999. Available at: <https://data.giss.nasa.gov/o18data>
 7. Boyer T. P., Baranova O. K., Coleman C., Garcia H. E., Grodsky A., Locarnini R. A., Mishonov A. V., Paver C. R., Reagan J. R., Seidov D., Smolyar I. V., Weathers K., Zweng M. M. World Ocean Database 2018. NOAA Atlas NESDIS. 2019. 87 p. DOI: 10.13140/RG.2.2.34758.01602

Информация об авторе

Иван Александрович Пастухов – младший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-2090-0287>

Алексей Анатольевич Намятов – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-9276-3632>

Information about the author

Ivan A. Pastukhov – Junior Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-2090-0287>

Alexey A. Namyatov – PhD (Geography), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-9276-3632>

Статья поступила в редакцию 04.04.2023; одобрена после рецензирования 12.04.2023; принята к публикации 17.04.2023.

The article was submitted 04.04.2023; approved after reviewing 12.04.2023; accepted for publication 17.04.2023.