

УДК 550.423:551.352:550.849

## ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ Nd, Pb И Sr СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Член-корреспондент РАН А. В. Маслов<sup>1,\*</sup>, член-корреспондент РАН А. Б. Кузнецов<sup>2</sup>,  
Н. В. Политова<sup>3</sup>, Н. В. Козина<sup>3</sup>, А. Н. Новигатский<sup>3</sup>, В. П. Шевченко<sup>3</sup>

Поступило 15.06.2018 г.

Рассмотрены изотопные характеристики ( $\epsilon\text{Nd}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) проб современных донных осадков Баренцева моря, отобранных в 67-м рейсе нис “Академик Мстислав Келдыш”. Показано, что основной вклад в формирование донных осадков центральных областей Баренцева моря вносят породы Северо-Европейской континентальной окраины, находящейся в зоне влияния Нордкапского течения. Значения  $\epsilon\text{Nd}$  и  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в донных осадках этой части моря ниже, чем соответствующие характеристики инкорпорированного во льды осадочного материала, переносимого Трансполярным дрейфом. Это позволяет считать, что вклад такого материала в формирование донных осадков Баренцева моря невелик.

**Ключевые слова:** Баренцево море, современные донные осадки, изотопный состав Nd, Pb и Sr.

**DOI:** <https://doi.org/10.31857/S0869-5652485171-75>

Тонкозернистый взвешенный материал, выносимый крупными речными артериями на континентальные шельфы Северного Ледовитого океана (СЛО), отлагается преимущественно в их пределах, однако часть его перераспределяется по всему Арктическому бассейну морскими течениями (Трансполярный дрейф, круговорот Бофорта и др.) во взвешенном состоянии или в составе дрейфующего льда. Для идентификации источников тонкозернистого взвешенного материала используются минералогический, литологический, геохимический методы и анализ биомаркёров. В последние годы для реконструкции состава пород в областях размыва начали применять анализ изотопного состава Sr, Pb, Nd донных осадков [1]. В настоящее время опубликованы данные об изотопной систематике донных осадков примерно в 110 точках акватории СЛО [2]. Максимальная информативность в установлении источников силикокластики достигается при использовании данных по изотопным Rb–Sr-, Sm–Nd-системам донных осадков. Однако многое зависит от локальных особенностей. Так, взвесь р. Маккензи имеет достаточно хорошо распознаваемый “радио-генный сигнал” и идентифицируется по всей акватории моря Бофорта. Изотопные характеристики

взвеси крупных российских рек не столь отчётливы, а интенсивное смешение материала на шельфах Евразийской части СЛО как следствие ледового разноса и локальных течений также затрудняет расшифровку его источников [2].

Нами определён изотопный состав Nd, Pb, Sr в 17 пробах современных донных осадков (пелитовые, алевроито-пелитовые и песчано-алеврито-пелитовые илы), отобранных в 67-м рейсе нис “Академик Мстислав Келдыш” [3] в акватории Баренцева моря (рис. 1, табл. 1). Полученные данные заполняют значительный пробел в изотопной характеристике современных донных осадков этого крупного эпиконтинентального бассейна.

Проанализированные пробы донных осадков характеризуют центральные и периферийные районы Баренцева моря. Подготовка образцов для определения изотопного состава Sr, Pb, Nd проведена в соответствии с методикой, описанной в [4, 5]. Изотопный анализ выполнен на многоколлекторном масс-спектрометре Triton TI в ИГГД РАН (г. Санкт-Петербург). Точность определения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ( $\pm 0,002\%$ ),  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  ( $\pm 0,004\%$ ),  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  ( $\pm 0,1\%$ ) контролировали путём многократного измерения соответствующих стандартов SRM-987, JNdi-1, BCR-1.

Лито-генный материал поступает в акваторию Баренцева моря в результате размыва материковых, островных и подводных поднятий, береговой солифлюкции и абразии, а также при участии ледниковой экзарации и атмосферных осадков [6–10]. Водосбор Баренцева моря в существенной степени

<sup>1</sup> Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого  
Уральского отделения Российской Академии наук,  
Екатеринбург

<sup>2</sup> Институт геологии и геохронологии докембрия  
Российской Академии наук, Санкт-Петербург

<sup>3</sup> Институт океанологии им. П.П. Шишова  
Российской Академии наук, Москва

\*E-mail: [amas2004@mail.ru](mailto:amas2004@mail.ru)

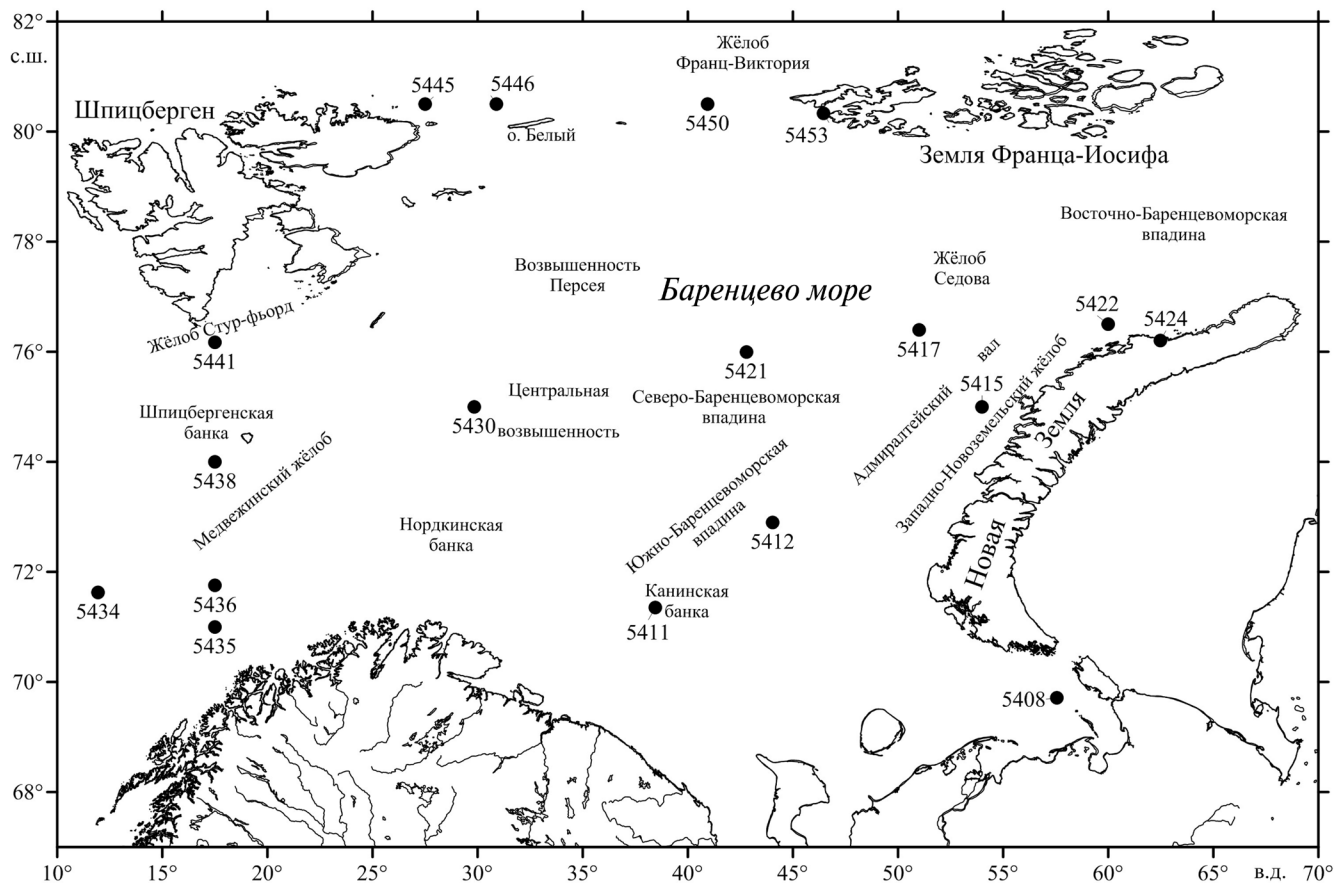


Рис. 1. Обзорная схема и положение станций, на которых отобраны пробы донных осадков Баренцева моря.

гетерогенен. Так, Кольский п-ов сложен в основном гранито-гнейсами, габбро и другими магматическими породами основного состава [11, 12]. В Тимано-Печорской области распространены

габброиды, граносиениты, а также щелочные породы [12]. На архипелаге Шпицберген известны сходные с гранитоидами Кольского п-ва массивы, вулканы среднего и кислого составов, граниты-

Таблица 1. Изотопный состав Nd, Pb, Sr современных донных осадков Баренцева моря, отобранных в 67-м рейсе нис "Академик Мстислав Келдыш"

Станция	Sm, г/г	Nd, г/г	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon\text{Nd}(t)$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
5408	3,2	15,6	0,1229	0,51204	-11,8	0,7137	0,8445
5411	4,6	24,9	0,1245	0,51195	-13,5	0,7176	0,8364
5412	3,7	19,9	0,1138	0,51202	-12,1	0,7169	0,8421
5415	5,3	26,8	0,1190	0,51215	-9,6	0,7152	0,8300
5417	5,2	26,3	0,1142	0,51197	-13,1	0,7167	0,8345
5421	5,1	27,1	0,1136	0,51198	-12,9	0,7158	0,8346
5422	4,8	25,1	0,1166	0,51219	-8,7	0,7150	0,8365
5424	5,9	28,9	0,1226	0,51225	-7,5	0,7139	0,8346
5430	4,9	25,8	0,1139	0,51203	-11,9	0,7171	0,8055
5434	4,4	22,8	0,1186	0,51200	-12,5	0,7112	0,8382
5435	3,9	20,9	0,1154	0,51195	-13,5	0,7111	0,8391
5436	2,4	12,1	0,1174	0,51199	-12,6	0,7107	0,8438
5438	3,4	18,2	0,1131	0,51181	-16,2	0,7108	0,8381
5441	5,6	30,5	0,1107	0,51242	-4,3	0,7165	0,8386
5445	7,3	40,0	0,1105	0,51206	-11,4	0,7248	0,8271
5450	5,0	25,4	0,1182	0,51218	-8,9	0,7160	0,8340
5453	6,3	29,1	0,1307	0,51239	-4,8	0,7110	0,8874

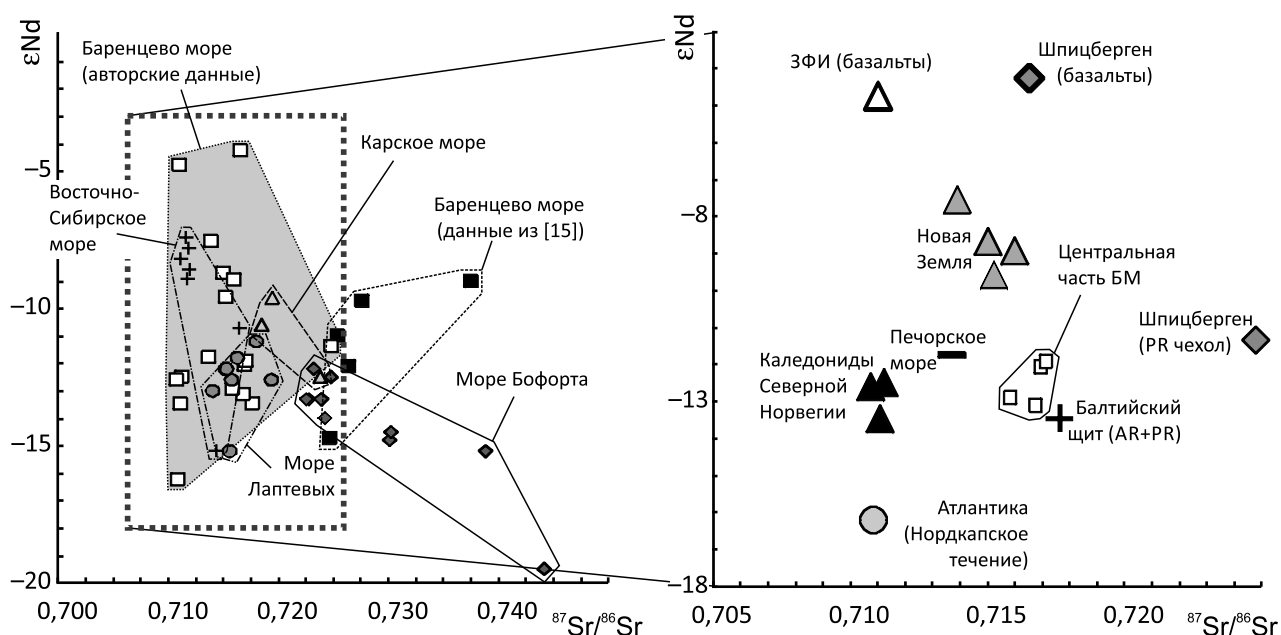


Рис. 2. Диаграмма  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ – $\epsilon\text{Nd}$  для современных отложений ряда морей Евразийской части СЛО и моря Бофорта [2] (а) и проб донных осадков, отобранных в Баренцевом море в 67-м рейсе нис “Академик Мстислав Келдыш” (б).

рапакиви, траппы. На архипелаге Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) присутствуют юрские, меловые траппы [13]. На Новой Земле можно видеть долериты, габбро, габбро-диабазы, массивы гранитоидов [12].

Количество изученного нами материала вдвое превышает данные в [2]. На диаграмме  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ – $\epsilon\text{Nd}$ , построенной по материалам [2] для осадков морей Российской Арктики и моря Бофорта с привлечением наших оригинальных данных, хорошо видно практически полное совпадение изотопных Sr-, Nd-характеристик осадков Карского, Восточно-Сибирского, Баренцева (авторские данные) морей, а также моря Лаптевых и отсутствие такового для осадков моря Бофорта и Баренцева моря (рис. 2а).

На этой же диаграмме (рис. 2б) пробы донных осадков из различных районов Баренцева моря образуют компактные области, отражающие петрографический состав пород, размываемых вблизи мест их отбора. Наиболее высокие значения  $\epsilon\text{Nd}$  (от –9,6 до –4,8) демонстрируют пробы из окрестностей ЗФИ и Новой Земли. Это указывает на присутствие в них большой доли мантийного материала и предполагает размыв магматических пород преимущественно основного состава. Отношение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в этих осадках 0,7110–0,7160 и строго зависит от значения  $\epsilon\text{Nd}$ , демонстрируя обогащение мантийного материала коровой компонентой.

Вторую группу (–13,5 <  $\epsilon\text{Nd}$  < –11,8) образуют пробы, отобранные в зоне Нордкапского течения,

входящего в Баренцево море со стороны Атлантики и влияющего на состав донных осадков в его южной части. Пробы данной группы отобраны вблизи каледонид Северной Норвегии, палеозойских осадочных образований Тимана и кристаллических пород Балтийского щита. Отношение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в пробах здесь не зависит от значений  $\epsilon\text{Nd}$ . Наиболее низкие величины  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0,7107–0,7112) присущи пробам, взятым вблизи побережья Норвегии. В пробе, отобранной на ст. 5408 (Печорское море вблизи устья р. Печора),  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  увеличивается до 0,7137. В пробе со ст. 5411 (Канинская банка, траверс Балтийского щита)  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  = 0,7176. Указанный рост  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  внутри данной группы достаточно хорошо согласуется с петрографическим составом пород предполагаемых питающих провинций: он пропорционален снижению доли карбонатных пород и увеличению доли кристаллических комплексов. Исключение из сказанного составляют лишь пробы, отобранные к югу (ст. 5441, жёлоб Стур-фьорд) и северу (ст. 5445) от берегов Шпицбергена. Первая на диаграмме  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ – $\epsilon\text{Nd}$  попадает в область смешения древних пород чехла и фундамента, вторая отвечает области основных пород, близких по составу раннемеловым базальтам ЗФИ.

Проба донных осадков, отобранная на южном склоне Шпицбергенской банки в зоне влияния Нордкапского течения (ст. 5438, граница Баренцева моря и Атлантического океана), демонстрирует самое низкое значение  $\epsilon\text{Nd}$  (–16,2) при относительно невысоком  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0,7108). Это даёт основание

предполагать, что современные донные осадки указанного района сложены продуктами размыва коровых пород, но пониженная величина  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в них отражает, вероятно, присутствие биохемогенного карбонатного материала.

Анализ изотопного состава Nd, Sr в донных осадках центральной части Баренцева моря (ст. 5412, 5417, 5421, 5430) показывает, что значения  $\epsilon\text{Nd}$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в них заключены в узких пределах (соответственно от  $-13,1$  до  $-11,9$  и от  $0,7158$  до  $0,7171$ ). На диаграмме  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ – $\epsilon\text{Nd}$  точки указанных проб сгруппированы в поле, находящемся на пересечении изотопных Nd- и Sr-характеристик осадков из окружающих прибрежных провинций. При этом точки приближены к областям изотопных характеристик Балтийского щита и палеозойского чехла платформы. Это подчёркивает, что в составе осадков центральной части моря присутствует материал из всех окружающих районов, но максимальный вклад вносит континент.

На диаграмме  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ – $\epsilon\text{Nd}$  поля, образуемые пробами осадков Баренцева моря (наши данные и данные [2]), Восточно-Сибирского, Карского морей и моря Лаптевых, обладают почти 90%-м перекрытием (рис. 3). В этой же области расположена референтная точка “Норвежских каледонид” [14], тогда как такая же точка Балтийского щита, характеризующаяся существенно более низким значением  $\epsilon\text{Nd}$  ( $-18,0$  [14 и ссылки в ней]), занимает обосо-

бленное положение в нижней четверти рассматриваемого графика.

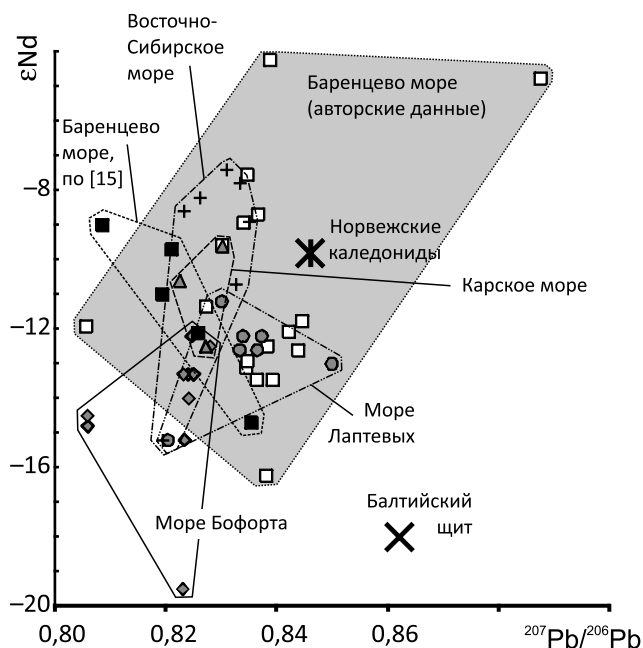
Исходя из всего сказанного выше можно предполагать, что основной вклад в формирование изотопного состава Nd, Sr донных осадков Баренцева моря вносят породы Северо-Европейской континентальной окраины. Материал с островных поднятий (ЗФИ, Новая Земля), сложенных в существенной части магматическими породами основного состава, вместе с арктическими течениями, несомненно, поступает в северную часть Баренцева моря, накапливаясь в пределах первых десятков километров от их берегов. Однако этот материал не оказывает заметного влияния на изотопные характеристики донных осадков центральных районов моря. Интересно также отметить, что значения  $\epsilon\text{Nd}$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в донных осадках центральной части Баренцева моря заметно ниже, чем соответствующие характеристики инкорпорированного во льды осадочного материала, переносимого Транспольным дрейфом [14, 15]. Это позволяет считать, что вклад ледового разноса в формирование донных осадков Баренцева моря невелик.

**Благодарности.** Авторы благодарны экипажу нис “Академик Мстислав Келдыш”, Г.В. Малафееву, А.В. Булохову за помощь в экспедиции, Н.С. Глушковой за подготовку иллюстраций и академику А.П. Лисицыну за ценные советы.

**Источники финансирования.** Исследования проведены при поддержке РНФ (гранты 14–27–00114 и 14–27–00114-П, экспедиция, интерпретация результатов) и проекта УрО РАН 18–9–5–1 (№ госрегистрации АААА–А18–118053090043–4).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Goldstein S.L., Hemming S.R. In: Treatise on Geochemistry. Oxford: Pergamon, 2003. P. 453–489.
2. Maccali J., Hillaire-Marcel C., Not C. // Polar Res. 2018. V. 37. 1442982. <https://doi.org/10.1080/17518369.2018.1442982>
3. Политова Н.В., Новигатский А.Н., Козина Н.В., Терпугова С.А. // Океанология. 2018. Т. 58. № 3. С. 534–536.
4. Кузнецов А.Б., Овчинникова Г.В., Крупенин М.Т., Горохов И.М., Маслов А.В., Каурова О.К., Эльмис Р. // Литология и полез. ископаемые. 2005. № 3. С. 227–249.
5. Горохов И.М., Мельников Н.Н., Кузнецов А.Б., Константинова Г.В., Турченко Т.Л. // Литология и полез. ископаемые. 2007. № 5. С. 536–551.
6. Elverhoi A., Pfirman S.L., Solheim A., Larssen B.B. // Mar. Geol. 1989. V. 85. P. 225–250.



**Рис. 3.** Распределение точек донных осадков из морей Евразийской части СЛО и моря Бофорта (по [2] и авторским данным) на диаграмме  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ – $\epsilon\text{Nd}$ .



7. Шевченко В.П., Виноградова А.А., Иванов Г.И., Лисицын А.П., Серова В.В. // ДАН. 1997. Т. 355. № 5. С. 673–676.
8. Айбулатов Н.А., Матюшенко В.А., Шевченко В.П., Политова Н.В., Потехина Е.М. // Геоэкология. Инж. геология. Гидрогеология. Геокриология. 1999. № 6. С. 526–540.
9. Левитан М.А., Лаврушин Ю.А., Штайн Р. Очерки истории седиментации в Северном Ледовитом океане и морях Субарктики в течение последних 130 тыс. лет. М.: ГЕОС, 2007. 404 с.
10. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-6 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист Т-41–44 — мыс Желания. Объясн. зап. СПб.: Картофабрика ВСЕГЕИ, 2013. 200 с.
11. Геологическая карта Кольского региона 1:500 000 / Отв. ред. Ф.П. Митрофанова. Апатиты: МПР России, ГИ КНЦ РАН, 2001.
12. Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 9. Моря Советской Арктики. Л.: Недра, 1984. 280 с.
13. Чернышева Е.А., Харин Г.С., Столбов Н.М. // ДАН. 2003. Т. 390. № 2. С. 238–241.
14. Маслов А.В., Шевченко В.П., Кузнецов А.Б., Штайн Р. // Геохимия. 2018. № 8. С. 1–17.
15. Маслов А.В., Шевченко В.П., Кузнецов А.Б., Штайн Р., Герланд С. // ДАН. 2018. Т. 479. № 6. С. 682–687.

## ISOTOPIC COMPOSITION OF Nd, Pb, AND Sr IN MODERN BOTTOM SEDIMENTS OF THE BARENTS SEA

Corresponding Member of the RAS A. V. Maslov, Corresponding Member of the RAS A. B. Kuznetsov,  
N. V. Politova, N. V. Kozina, A. N. Novigatsky, V. P. Shevchenko

Received June 15, 2018

The isotopic characteristics ((Nd,  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) of the modern bottom sediments sampled in the Barents Sea during the 67th voyage of the R/V “Akademik Mstislav Keldysh” are considered. It is shown that the major contribution to the formation of the sediments in the central Barents Sea is made by rocks of the North European continental margin, which are found in the zone of influence of the North Cape Current. The values of (Nd, and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  are lower in the bottom sediments of this part of the sea than the corresponding characteristics of sedimentary material incorporated into ices and carried by the Transpolar Drift Stream. This allows one to conclude that such material has not contributed much to the sedimentation in the Barents Sea.

**Keywords:** Barents Sea, modern bottom sediments, isotopic composition of Nd, Pb, and Sr.