

УДК 551.35

СИСТЕМАТИКА Co, Hf, Ce, Cr, Th И РЗЭ В СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ ОСАДКАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Член-корреспондент РАН А. В. Маслов^{1,*}, Н. В. Политова², В. П. Шевченко²,
Н. В. Козина², А. Н. Новигатский², М. Д. Кравчишина²

Поступило 08.06.2018 г.

Проанализирована систематика Co, Hf, Ce, Cr, Th, РЗЭ в пробах современных донных осадков, отобранных в 67-м, 68-м рейсах нис “Академик Мстислав Келдыш” в губах и заливах Баренцева моря. Полученные результаты позволяют считать, что преобладающая часть современных донных осадков Баренцева моря сложена тонкой силикокластикой, поступавшей со взвесью Нордкапского течения, размывающего западный берег Скандинавии за счёт эрозии дна в ряде районов моря и размыва комплексов пород Кольского п-ва, Новой Земли и Земли Франца-Иосифа, выноса р. Печора (локальные источники). Определённую роль играл, вероятно, и материал со Шпицбергена.

Ключевые слова: систематика Co, Hf, Ce, Cr, Th и РЗЭ, современные донные осадки, Баренцево море.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524852207-211>

Баренцево море — сравнительно мелководный эпиконтинентальный водоём Северного Ледовитого океана, имеющий хорошие связи с окружающими морями и Атлантическим океаном. Дно моря характеризуется сочетанием изометричных или вытянутых подводных возвышений и разделяющих их желобов, впадин [1]. Основные типы современных донных осадков Баренцева моря — пелитовые илы, занимающие >50% его площади, а также песчаные алевриты, алевритовые пески, алевритовые пелиты, распространённые суммарно на 30–32% дна [2]. Литогенный материал в его акваторию поступает в результате размыва подводных поднятий, береговой солифлюкции, абразии, ледниковой экзарации [3, 4]. Источники его — также твёрдый сток рек, льды, выпадения из атмосферы [5–7].

В Баренцевом море существует сложная система поверхностных течений [8]. Наиболее мощное из них — Нордкапское, входящее со стороны Атлантики вдоль Скандинавского п-ва и разделяющееся восточнее на несколько ветвей. Воды Арктического бассейна направлены к югу от архипелага Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) и вдоль востока Шпицбергена. На северо-востоке в Баренцево море входит течение Макарова, а через Карские Ворота — течение Литке. Движение “тяжёлых” придонных рассолов, обогащённых взвесью и возникающих при

отжиме солей во время образования на поверхности моря льдов (явление каскадинга), имеет иную конфигурацию [9].

Водосбор Баренцева моря гетерогенен. Кольский п-ов сложен в основном гранито-гнейсами архея (Балтийский щит), присутствуют здесь также габбро, габбро-нориты, габбро-диабазы [10]. В Тимано-Канинской складчатой системе распространены габброиды, граносиениты, щелочные магматические породы [10]. На архипелаге Шпицберген известны гранитные массивы, сходные с гранитоидами Кольского п-ва, вулканиты среднего, кислого составов, граниты-рапакиви, долериты, габброиды, субщелочные массивы, траппы. На ЗФИ присутствуют юрские, меловые базальты, долериты (траппы) [11]. На Новой Земле, являющейся продолжением Урала, можно видеть долериты, габбро, габбро-диабазы, покриты, пикродиабазы, массивы гранитоидов [10].

В нашей публикации проанализирована систематика Co, Hf, Ce, Cr, Th, РЗЭ — элементов, позволяющих в той или иной мере судить о составе пород — источников тонкозернистого обломочного материала [12] в пробах современных донных осадков (пелитовые, алеврито-пелитовые, песчано-алеврито-пелитовые илы, всего 58 проб), отобранных дночерпателем в 67-м, 68-м рейсах нис “Академик Мстислав Келдыш” [13], и пробах, отобранных в губах и заливах Кольского п-ва, Северного острова Новой Земли, Чёшской губы (рис. 1). Определение содержаний редких и рассеянных элементов проведено методом ICP-MS в ИГГ УрО РАН (аналитики Д.В. Киселева, Н.В. Чердниченко, Л.К. Дерюгина).

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

² Институт океанологии им. П.П. Ширшова
Российской Академии наук, Москва

*E-mail: amas2004@mail.ru

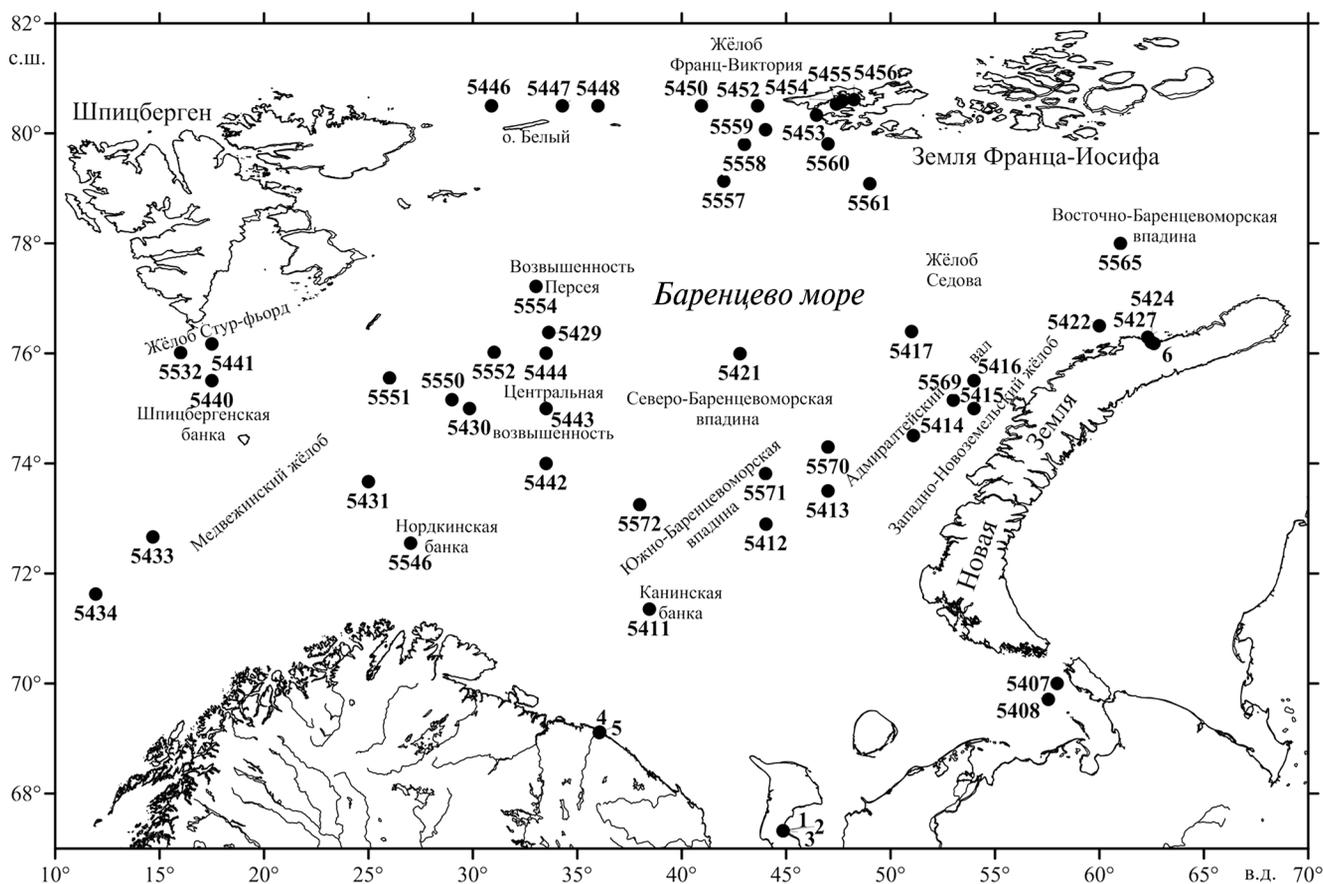


Рис. 1. Схема расположения ст. 67-го, 68-го рейсов нис “Академик Мстислав Келдыш” и точек отбора ряда индивидуальных проб современных донных осадков.

Перед исследованиями пробы не подвергались обработке.

Среднее содержание Со в современных донных осадках Баренцева моря $14,33 \pm 8,41$ г/т ($0,62 \pm 0,37$ PAAS (постархейский средний австралийский сланец) [14]; минимум $0,17$ PAAS, проба 5, песчано-алеврито-пелитовые илы, Дальнезеленецкая губа; максимум $1,65$ PAAS, ст. 5456, пелитовые, алеврито-пелитовые илы, прол. Кембридж, где PAAS — содержание элементов в постархейском среднем австралийском сланце [14]. Минимальное содержание Hf ($1,2$ г/т) в оливково-серых песчано-алеврито-пелитовых илах Центральной возвышенности (ст. 5443), максимальное ($4,85$ г/т) свойственно тёмно-коричневому наилку с пятнами окисления (ст. 5560, северная часть жёлоба Седова). Содержание Се в регионе от $18,1$ ($0,23$ PAAS, ст. 5571, алеврито-пелитовый, пелитовый ил, Северо-Баренцевоморская впадина) до 54 г/т ($0,68$ PAAS, ст. 5446, песчано-алеврито-пелитовый ил, район к северу от о. Белый). Величина $Se_{\text{среднее}} = 34,88 \pm 10,27$ г/т ($0,44 \pm 0,13$ PAAS). Среднее содержание Cr в исследованной нами выборке проб современных донных

осадков $75,4 \pm 23,3$ г/т ($0,68 \pm 0,21$ PAAS). Максимальное содержание Cr (123 г/т) в алевритовых/алеврито-пелитовых илах ст. 5569 (Адмиралтейский вал), минимальное ($19,7$ г/т) — в песчано-алеврито-пелитовых илах (проба 4, Ярнышная губа). Среднее содержание Th в исследованной выборке $4,7 \pm 1,53$ г/т ($0,32 \pm 0,1$ PAAS). Максимальная концентрация его ($8,69$ г/т) в песчано-алеврито-пелитовых илах ст. 5446 (район к северу от о. Белый), минимальная ($1,78$ г/т) присуща песчано-алеврито-пелитовым илам (проба 5, Дальнезеленецкая губа).

Среднее содержание РЗЭ в исследованных пробах $85,3 \pm 23$ г/т ($0,46 \pm 0,12$ PAAS). Максимальная величина Σ РЗЭ ($125,3$ г/т) в пелитовых илах, отобранных на ст. 5452 (жёлоб Франц-Виктория), минимальная ($42,8$ г/т) — в песчано-алеврито-пелитовых илах из Ярнышной губы. Среднее значение $(La/Yb)_{\text{PAAS}} = 1,01 \pm 0,16$ (минимум $0,65$, прол. Кембридж; максимум $1,29$, район к северу от о. Белый). Величина $(Gd/Yb)_{\text{PAAS}}_{\text{среднее}} = 1,4 \pm 0,18$. Значения $(Eu/Eu^*)_{\text{PAAS}}$ от $1,08$ (жёлоб Стур-Фьорд) до $1,31$ (Печорское море). В средних палеозойских андезитах, мезозойско-кайнозойских базальтах и архейских

гранитах [15] величина $(La/Yb)_{PAAS}$ соответственно 0,66; 0,30 и 1,85; а параметр $(Eu/Eu^*)_{PAAS}$ равен 1,01; 1,65 и 0,74. Распределение нормированных на хондрит [14] РЗЭ в современных донных осадках ряда районов Баренцева моря на рис. 2.

Для реконструкции состава пород — источников тонкой алюмосиликокластики мы провели сопоставление присущих современным донным осадкам Баренцева моря величин ряда индикаторных отношений редких и рассеянных элементов с их значениями в таких референтных объектах, как граниты архея (предполагаемые источники — Кольский п-ов, Шпицберген), палеозойские андезиты (источники — Урал, Новая Земля), мезозойские—кайнозойские базальты (источник — ЗФИ) (всё по [15]). Кроме того, привлечены данные [11] о распределении Co, Hf, Ce, Cr, Th, РЗЭ в вулканических породах ЗФИ.

На диаграмме Co/Hf—Ce/Cr большинство точек осадков Баренцева моря тяготеют к референтным точкам состава PAAS и палеозойских андезитов (рис. 3). В области составов, характерных для архейской силикокластики, присутствует ряд точек осадков Восточно-, Северо- и Южно-Баренцевоморских впадин и Медвежинского жёлоба. К области составов основных вулканитов ЗФИ тяготеют точки осадков, отобранных в зал. Русская Гавань, прол. Кембридж и районе к северу от о. Белый.

На диаграмме Hf—La/Th практически все фигуративные точки современных донных осадков расположены между областями составов, формирующихся за счёт размыта зрелой континентальной коры и андезитовых (островодужных) источников. Образованное ими поле тяготеет также к расположению референтных точек палеозойских андезитов и мезокайнозойских базальтов.

Несколько по-иному распределены точки баренцевоморских современных донных осадков на графике Eu/Eu^* —Cr/Th. Здесь ни одна из них не попадает в поле основных вулканитов ЗФИ; а в целом образованное ими поле расположено между референтными точками мезозойско-кайнозойских базальтов, с одной стороны, и палеозойских андезитов и PAAS, с другой, ближе к последним.

На диаграмме $\Sigma РЗЭ$ — $(La/Yb)_N$ примерно две трети точек осадков локализовано в области составов, типичных для осадочных образований, тогда как остальные расположены в области перекрытия составов осадочных пород и базальтов. Здесь же присутствуют точки составов PAAS и палеозойских андезитов. Следует отметить, что ни одна из точек осадков, отобранных в 67-м, 68-м рейсах нис “Академик Мстислав Келдыш”, не попала на данном графике в область составов, образующихся за счёт размыта гранитов, в том числе и архейских. Это, как

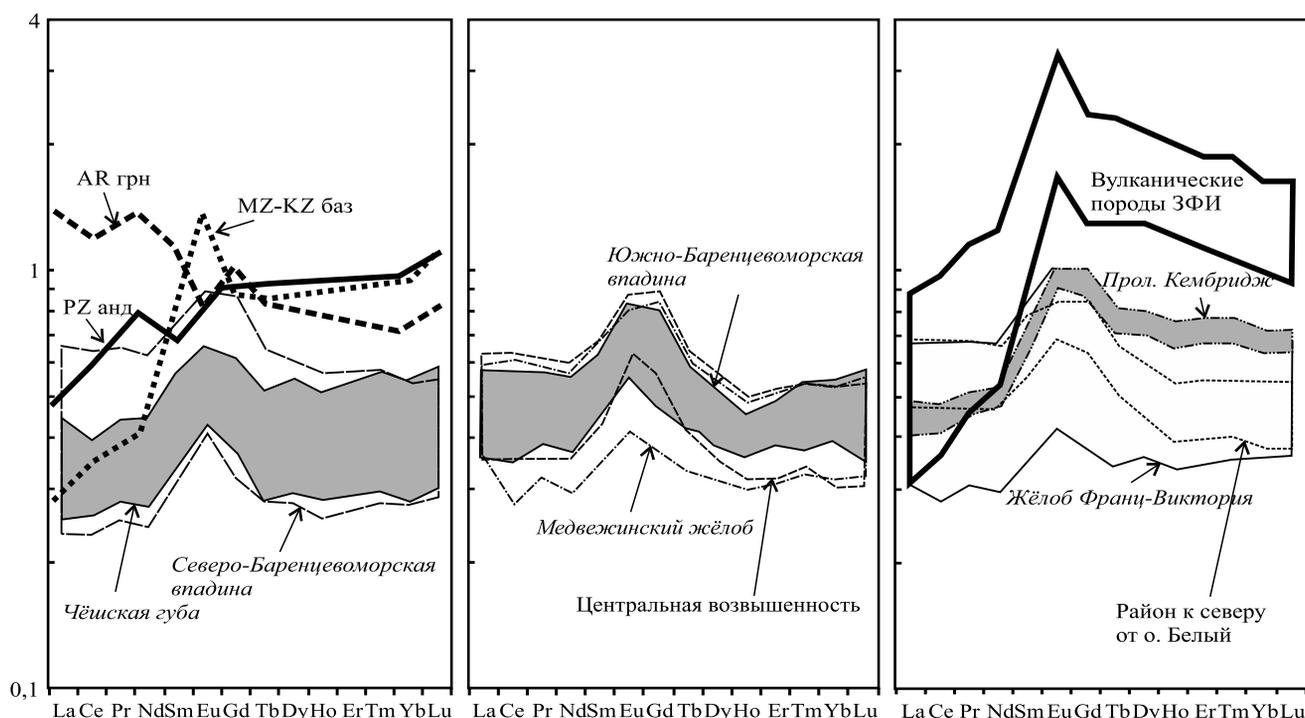


Рис. 2. Распределение нормированных на хондрит РЗЭ в современных донных осадках ряда районов Баренцева моря, референтных объектах и вулканитах ЗФИ. AR грн — архейские граниты; MZ-KZ баз — мезозойские—кайнозойские базальты; PZ анд — палеозойские андезиты, всё по [15].

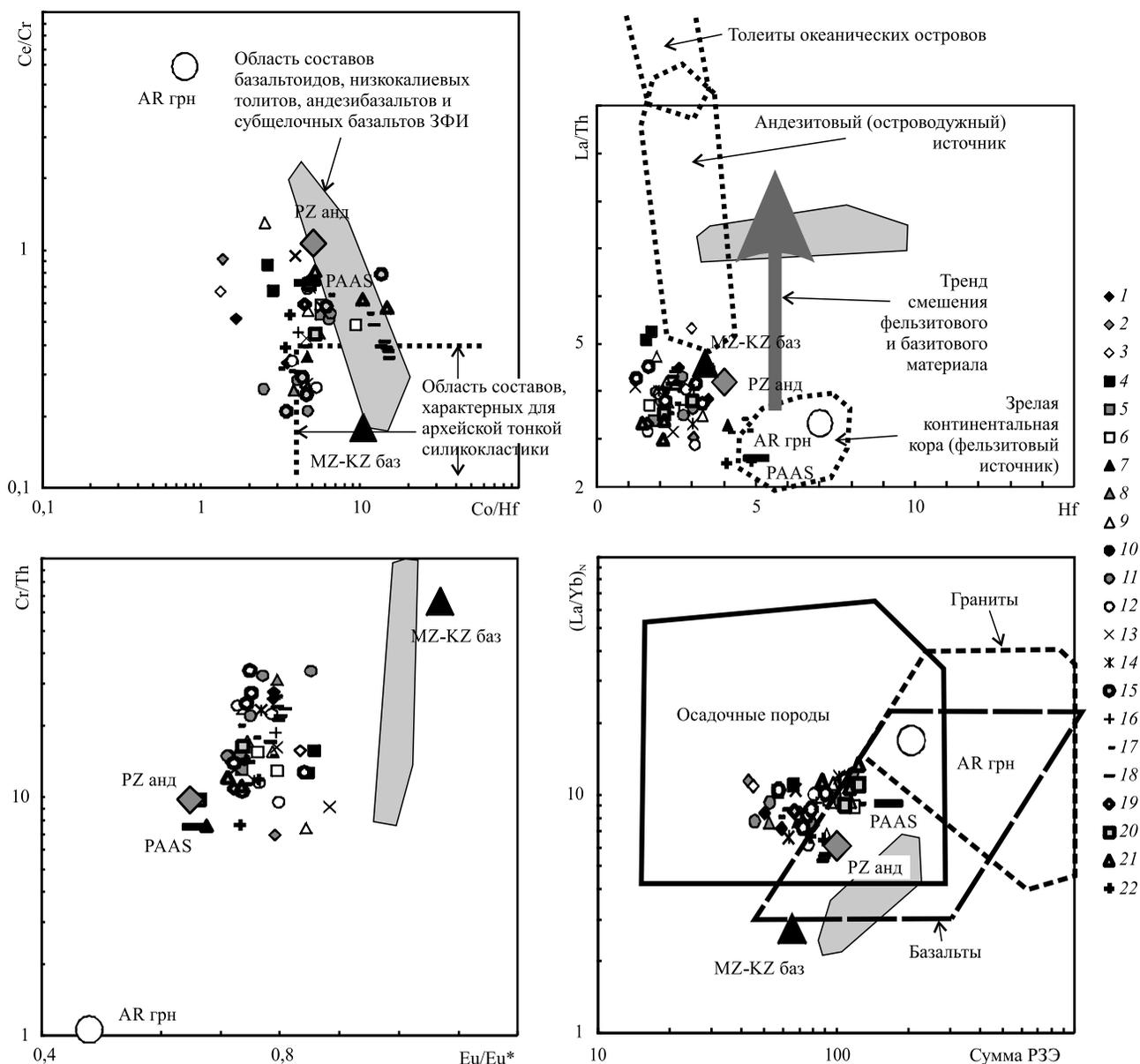


Рис. 3. Распределение точек состава современных донных осадков Баренцева моря на некоторых дискриминантных диаграммах. Районы отбора проб современных донных осадков: 1 – Чёшская губа; 2 – Ярнышная губа; 3 – Дальнезеленецкая губа; 4 – Печорское море; 5 – Канинская банка; 6 – зал. Русская Гавань; 7 – Восточно-Баренцево-морская впадина; 8 – Западно-Новоземельский жёлоб; 9 – Адмиралтейский вал; 10 – жёлоб Седова; 11 – Северо-Баренцево-морская впадина; 12 – Южно-Баренцево-морская впадина; 13 – Центральная возвышенность; 14 – возвышенность Персея; 15 – Медвежинский жёлоб; 16 – Нордкинская банка; 17 – жёлоб Франц-Виктория; 18 – прол. Кембридж; 19 – Шпицбергенская банка; 20 – жёлоб Стур-Фьорд; 21 – район к северу от о. Белый; 22 – северная часть жёлоба Седова. Остальные условные обозначения на рис. 2.

и распределение точек осадков на других диаграммах, даёт основание предполагать, что комплексы пород, слагающие Кольский п-ов, не являются основными источниками тонкой силикокластики для Баренцева моря. На диаграмме $\Sigma P3Э - (La/Yb)_N$, как и на графиках $Hf - La/Th$ и $Eu/Eu^* - Cr/Th$, не наблюдается тяготения поля составов современных донных осадков Баренцева моря и к области базальтов, и андезибазальтов ЗФИ, что также, по всей ви-

димости, исключает существенное влияние последних на формирование Co-, Hf-, Ce-, Cr-, Th-, P3Э-систематики современных донных отложений. Это подтверждается и характером распределения нормированных на хондрит спектров P3Э в современных донных осадках подавляющего большинства районов Баренцева моря. Только пелитовые илы прол. Кембридж, расположенного в непосредственной близости к ЗФИ, характеризуются спект-

рами РЗЭ, сходными со спектрами основных магматических пород, присутствующих на островах этого архипелага.

Приведённые материалы позволяют считать, что преобладающая часть современных донных осадков Баренцева моря сложена достаточно зрелым в геохимическом отношении материалом, представляющим собой, по всей видимости, смесь тонкой силикокластики, поступавшей как со взвесью Нордкапского течения, размывающего западный берег Скандинавии (норвежские каледониды), и за счёт эрозии дна в ряде районов моря, так и за счёт размыва комплексов пород Кольского п-ва, Новой Земли, ЗФИ, а также выноса р. Печорой (локальные источники сноса). Ранее на преимущественно гранитоидный состав питающих провинций Печорского моря обращали внимание авторы [4].

Благодарности. Авторы благодарны экипажу нис “Академик Мстислав Келдыш”, Д.В. Ерошенко, С.М. Исаченко, Г.В. Малафееву, А.В. Булохову за помощь в экспедиции, М.В. Митяеву, И.В. Мискевичу за предоставленные пробы донных осадков, Н.С. Глушковой за подготовку иллюстраций, В.Б. Ершовой за подбор ряда литературных источников и академику РАН 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сорохтин Н.О., Никифоров С.Л., Кошель С.М., Козлов Н.Е.* // Вестн. МГУ. 2016. Т. 19. № 1/1. С. 123–137.
2. *Гуревич В.И.* Современный седиментогенез и геоэкология западно-арктического шельфа Евразии. М.: Науч. мир, 2002. 135 с.
3. *Elverhoi A., Pfirman S.L., Solheim A., Larssen B.B.* // Marine Geol. 1989. V. 85. P. 225–250.
4. *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.
5. *Шевченко В.П., Виноградова А.А., Иванов Г.И., Лисицын А.П., Серова В.В.* // ДАН. 1997. Т. 355. № 5. С. 673–676.
6. *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.
7. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист Т-41–44 — мыс Желания. Объясн. зап. СПб.: Картофабрика ВСЕГЕИ, 2013. 200 с.
8. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. I / Под ред. Ф.С. Терзиева. Баренцево море. В. 1.
9. *Лисицын А.П.* В кн.: Опыт системных океанологических исследований в Арктике. М.: Науч. мир, 2001. С. 31–75.
10. *Верба М.Л., Кулаков Ю.Н., Виноградов В.А.* Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 9. Моря Советской Арктики. Л.: Недра, 1984. 280 с.
11. *Чернышева Е.А., Харин Г.С., Столбов Н.М.* // ДАН. 2003. Т. 390. № 2. С. 238–241.
12. Интерпретация геохимических данных / Под ред. Е.В. Склярова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
13. *Политова Н.В., Новигатский А.Н., Козина Н.В., Терпугова С.А.* // Океанология. 2018. Т. 58. № 3. С. 534–536.
14. *Taylor S.R., McLennan S.M.* The Continental Crust: Its Composition and Evolution; an Examination of the Geochemical Record Preserved in Sedimentary Rocks. Oxford: Blackwell, 1985. 312 p.
15. *Condie K.C.* // Chem. Geol. 1993. V. 104. P. 1–37.

Co, Hf, Ce, Cr, Th, AND REE SYSTEMATICS OF MODERN BOTTOM SEDIMENTS OF THE BARENTS SEA

Corresponding Member of the RAS A. V. Maslov, N. V. Politova, V. P. Shevchenko, N. V. Kozina, A. N. Novigatsky, M. D. Kravchishina

Received June 8, 2018

The Co, Hf, Ce, Cr, Th, and REE systematics are analyzed for modern sediments collected by a bottom grab during the 67th and 68th cruises of R/V “Akademik Mstislav Keldysh” and samples taken in the Barents Sea bays and inlets. Our results indicate that most modern bottom sediments are composed of fine silicoclastic material enhanced with a suspended matter of the North Cape current, which erodes the western coast of Scandinavia, and due to bottom erosion of some marine areas, as well as erosion of rock complexes of the Kola Peninsula, Novaya Zemlya, and Franz Josef Land (local provenances). Material from Spitsbergen also probably played a certain role. In the southern part of the Barents Sea, clastic material is supplied by the Pechora River.

Keywords: Co, Hf, Ce, Cr, Th, and REE systematics, modern bottom sediments, Barents Sea.