

Э. А. ОСТРОУМОВ

**РЕДКИЕ ЗЕМЛИ В ГЛУБОКОВОДНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ
ЧЕРНОГО МОРЯ**

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 17 III 1953)

Группа элементов, объединенная общим названием редкоземельных, распространена в природе довольно широко, но преимущественно в рассеянном состоянии. Источником редких земель являются изверженные горные породы. По данным, приводимым А. Е. Ферсманом (1), редкие земли при геохимической кристаллизации магмы попадают в последнюю стадию кристаллизации, а также в остаточный расплав. В гранитных пегматитах находится большинство редких земель с преобладанием иттриевой группы, тогда как редкие земли с преобладанием цериевой группы чаще приурочены к более бедным кремнекислотой нефелино-сиенитовым пегматитам.

Сведения о содержании редких земель в горных породах мы находим у В. И. Вернадского (2), в апатитах в работе И. Д. Борнеман-Старынкевич (3, 4). По данным А. П. Виноградова (5) среднее содержание суммы окислов редких земель в гранитах и в земной коре составляет 0,02%. Из изверженных пород редкие земли попадают в почвы и осадочные породы. По данным И. Д. Борнеман-Старынкевич (6) содержание редких земель в почвах в среднем составляет 0,02%.

Для осадочных пород, как например для глинистых сланцев, среднее содержание суммы редких земель по данным Минами (7) равно 0,018%, т. е. является величиной порядка среднего содержания их в гранитах и почвах. А. П. Виноградов (5) указывает, что фосфориты осадочного происхождения нередко богаты редкими землями. С. А. Боровик и Т. А. Бурова (8) по некоторым фосфоритам указывают для суммы редких земель величину, равную 0,13%.

В некоторых глинах иногда встречаются относительно повышенные концентрации редких земель. По исследованию И. Д. Борнеман-Старынкевич (6) секванская глина содержит 0,011% редких земель, а по анализу П. А. Земятченского (9) в левигите из часов-ярских глин содержание суммы окислов редких земель достигает 1,70%.

В связи с содержанием редких земель в осадочных породах морского происхождения, весьма интересны данные по содержанию редких земель в море.

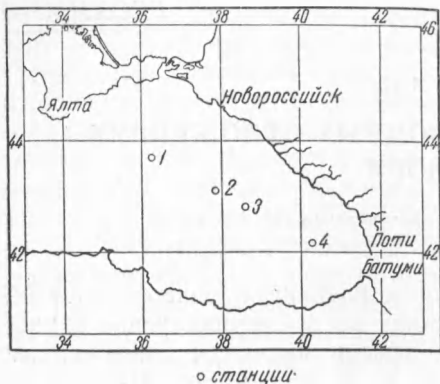
Для морской воды А. П. Виноградов (10) приводит следующие величины содержания отдельных металлов редких земель в %: церий $3 \cdot 10^{-8}$; иттрий $3 \cdot 10^{-8}$; лантан $3 \cdot 10^{-8}$; кроме того он указывает на содержание самария, неодима и празеодима, которые были обнаружены качественно.

Для морских водорослей А. П. Виноградов (11) указывает на нахождение редких земель (празеодима, неодима и самария) в Lithothamnium

um calcareum, в которой содержание суммы окислов редкоземельных металлов установлено порядка $5 \cdot 10^{-6}$ %; кроме того есть указание на нахождение редких земель в костях рыб.

Для морских иловых отложений Калле (12) приводит только количественные данные по иттрию, 0,001%, считая на окись. Сведений о содержании суммы редкоземельных металлов, а также об их распределении в морских отложениях мы в литературе не нашли.

Занимаясь геохимическим изучением морских осадков, мы исследовали на содержание редких земель пробы глубоководных отложений восточной части Черного моря, добытые нами в 1948 г. на разрезе Ялта — Батуми на станциях, приведенных на рис. 1.



о станции

Рис. 1

Для исследования мы отобрали от проб отложений отдельные слои глинистого и глинисто-алевритового ила, а также известкового ила, богатого карбонатом кальция. Кроме того, мы исследовали пробу песка, взятую нами на пляже Кавказского побережья в районе Гагры. Так как при предварительном исследовании песка редкие земли были обнаружены в весьма малых количествах (0,005%), то проба песка была разделена на фракции по удельному весу в жидкости Туле. Легкая фракция

песка состояла в основном из обломков раковин и кварцевых зерен и содержала ничтожные количества редких земель порядка 0,001%. Фракция уд. в. $> 2,9$ составляла 8,96%. При петрографическом исследовании было установлено, что она в основном состоит из моноклинного пироксена (авгита).

Химическое исследование материала было выполнено по несколько видоизмененному методу И. Д. Борнеман-Старынкевич (6), основанному на выделении малых количеств редкоземельных металлов щавелевой кислотой с применением кальция в качестве соосадителя. Определение было проведено весовым путем, кроме того, после расшифровки состава суммы редких земель рентгено-спектральным анализом, на основании данных

Таблица 1

Станция и характер пробы	%ΣTR вес. опред.	%ΣTR рентгено-спектр.	Состав редких земель (содержание окислов в % от суммы)						
			La ₂ O ₃	CeO ₂	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	Dy ₂ O ₃
Ст. 1, ил глинисто-известковый	0,020	0,020	24,5	43,1	5,4	18,4	4,0	3,0	1,9
Ст. 2, ил известковый	0,013	0,014	21,7	43,6	4,0	19,5	5,5	2,7	—
Ст. 2, ил глинистый	0,040	0,034	25,2	47,4	5,0	16,7	4,1	1,6	—
Ст. 3, ил известковый	0,013	0,015	21,8	45,8	4,8	19,3	6,0	2,3	—
Ст. 3, ил глинистый	0,040	0,035	22,4	39,0	5,0	24,6	4,2	3,7	1,1
Ст. 3, ил глинисто-алевритовый	0,020	0,025	23,0	42,3	4,7	18,7	6,7	3,3	1,3
Ст. 4, ил глинисто-алевритовый	0,02	0,02	22,9	44,1	4,7	19,1	3,7	3,7	1,8
Кавказское побережье, песок (тяжелая фракция)	0,06	0,07	19,7	41,3	4,9	24,5	4,8	4,8	—

последнего, для контроля была рассчитана сумма. Полученные данные приведены в табл. 1.

Из результатов исследования видно, что состав редких земель глубоководных отложений восточной части Черного моря довольно постоянен. Преобладающей группой является цериевая.

Содержание редких земель в пробе песка показало, что редкие земли приурочены к тяжелой фракции песка — авгиту и состав суммы редких земель близок к составу редких земель глубоководных отложений. Из данных табл. 1 видно также, что редкие земли в большей степени тяготеют к глинистым илам, прослой же, богатые алевритом и особенно карбонатами (известковый ил), относительно обеднены редкими землями. Можно было предположить, что в алевритовых и карбонатных прослоях глубоководных отложений пониженное содержание редких земель зависит от разбавления носителя редких земель — глинистого вещества — карбонатом кальция и кварцем. Для выяснения этого мы пересчитали полученные величины содержания редких земель в глубоководных отложениях на бескарбонатное глинистое вещество (фракцию $< 0,01$ мм), учитывая данные карбонатности и данные механического анализа. Отношение общей карбонатности к фракции $< 0,01$ мм не составляет значительной ошибки, так как величина частиц аутигенного карбоната кальция — дрюита глубоководных илов Черного моря близка в основном к этой величине. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Станция и характер пробы	CaCO ₃ , %	Механический анализ % частиц по размеру, мм				%ΣTR вес. опред.	%ΣTR в пересчете на бескар- бонатную фракцию <0,01 мм
		>0,10	0,10— 0,05	0,05— 0,01	<0,01		
Ст. 1, ил глинисто-известковый	51,73	0,04	0,37	6,70	92,89	0,020	0,048
Ст. 2, ил известковый	66,25	0,08	0,11	7,91	91,90	0,013	0,050
Ст. 2, ил глинистый	10,21	0,05	0,22	6,72	93,01	0,040	0,048
Ст. 3, ил известковый	64,50	0,31	0,41	7,06	92,22	0,013	0,047
Ст. 3, ил глинистый	8,32	0,10	0,06	7,72	92,12	0,040	0,048
Ст. 3, ил глинисто-алевритовый	6,23	5,80	1,61	42,52	50,07	0,020	0,046
Ст. 4, ил глинисто-алевритовый	7,56	0,85	6,11	45,01	48,03	0,020	0,049
						Среднее	0,048

Из приведенных результатов видно, что в расчете на глинистое вещество средняя величина содержания редких земель 0,05 достаточно устойчива.

Таким образом, в глинистой части глубоководных отложений восточной части Черного моря содержание редких земель — повышенное по сравнению со средним содержанием их в осадочных породах. В изверженных породах Кавказа редкие земли могут быть приурочены не только к авгиту, но также и к другим минералам, помимо этого частного случая. Очевидно, что источником редких земель являются изверженные породы, и редкие земли поступают в море, сносимые с терригенной взвесью реками в результате размыва пород Кавказского хребта. В процессе разложения минералов происходит перераспределение редких земель, и в глубоководных отложениях моря редкие земли, сорбируясь минералами глин, тяготеют к пелитовой фракции.

Надо думать, что редкие земли ведут себя подобно другим микроэлементам моря, для которых по Н. М. Страхову (13) основным факто-

ром осаждения, вероятно, является адсорбция их гелями железа, алюминия и марганца, а также коагулировавшей терригенной силикатной мутью.

Институт океанологии
Академии наук СССР

Поступило
13 III 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Е. Ферсман, *Геохимия*, 4, 1939, стр. 235. ² В. И. Вернадский, Докл. АН СССР (сер. А), 35 (1929). ³ И. Д. Борнеман-Старынкевич, Сborn. Хибинские апатиты, 3, 318 (1931). ⁴ И. Д. Борнеман-Старынкевич, Докл. АН СССР (сер. А), 39 (1924). ⁵ А. П. Виноградов, *Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах*, Изд. АН СССР, 132, 1950. ⁶ И. Д. Борнеман-Старынкевич, С. А. Боровик, И. Б. Боровский, ДАН, 30, № 3, 227 (1941). ⁷ E. Mipami, *Nachr. Ges. Wiss. Göttingen*, 1, Nr. 14, 155 (1935). ⁸ С. А. Боровик, Т. А. Бурова, ДАН, 20, 369 (1938). ⁹ П. А. Земятченский, Сborn. в честь акад. В. И. Вернадского, 2, 713, 1936. ¹⁰ А. П. Виноградов, *Усп. хим.*, 13, в. 1, 1 (1944). ¹¹ А. П. Виноградов, *Тр. Биогеохим. лабор.*, 6, 37 (1944). ¹² K. Kalle, *Der Stoffhaushalt des Meeres*, 1943. ¹³ Н. М. Страхов, *Изв. АН СССР, сер. геол.*, № 4, 103 (1950).