

УДК 552.5

РЕДКИЕ И РАССЕЯННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПРОДУКТАХ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

© 2020 г. Член-корреспондент РАН А. В. Маслов^{1,2,*}, В. П. Шевченко³Поступило 22.07.2019 г.
После доработки 20.08.2019 г.
Принято к публикации 22.08.2019 г.

Сравнение особенностей распределения редких и рассеянных элементов в продуктах грязевых вулканов Северо-Западного Кавказа, Джунгарского бассейна и Андаманских островов позволило сделать вывод о геохимической неоднородности этих продуктов не только в разных в геодинамическом отношении регионах, но и в грязевулканических провинциях, что предполагает гетерогенность состава питающих их очагов.

Ключевые слова: продукты грязевых вулканов, распределение редких и рассеянных элементов, Северо-Западный Кавказ

DOI: 10.31857/S2686739720020085

Грязевые вулканы (ГВ) Северо-Западного Кавказа являются геологическим феноменом, изучением которого занимались многие специалисты [3–7 и др.]. По представлениям многих авторов, корни ГВ не опускаются ниже майкопской серии олигоцена – нижнего миоцена (мощность в пределах Индоло-Кубанского прогиба не менее 4–4.5 км). Грязевые вулканы широко распространены и в акватории Чёрного и Азовского морей [7].

В литературе имеются немногочисленные данные о распределении в продуктах ГВ редких и рассеянных, в том числе редкоземельных (РЗЭ) элементов. Указывается, что они постоянно заражены В и Мо, концентрации которых не зависят от геохимической специализации пород фундамента ГВ [7]. Отмечается также наличие в продуктах ГВ повышенных концентраций В, Hg, As и Li [3, 7 и др.]. По [4], для продуктов ГВ Таманского п-ова (западная часть Северо-Западного Кавказа) свойственны повышенные концентрации В, Li, Na, Sr, Mo, Sn и Ta, а вблизи Большого Кавказа также В, Li, Be, K, Zr, Ga, Rb, Sr, Cs, Ba и Th. Предполагается, что интенсивное взаимодей-

ствие вода–порода–газ в грязевулканическом канале унифицирует состав сопочных брекчий [1].

Нами рассмотрено полученное методом ICP–MS (методику см. в [5]) распределение редких и рассеянных элементов в валовых пробах (по данным исследования смерслайдов в них преобладали пелитовые частицы с примесью алевритовых зерен) сопочного ила ГВ Миска, Гефест, Разнокольский, Школьный, Семигорский, Шууго и Тиздар (рис. 1). Для сравнения привлечены сведения по геохимии продуктов ГВ Джунгарского бассейна, Северо-Западный Китай [11, 15], и Андаманских островов Малайи [14].



Рис. 1. Положение исследованных грязевых вулканов Северо-Западного Кавказа. Грязевые вулканы: 1 – Семигорский; 2 – Школьный; 3 – Шууго; 4 – Разнокольский; 5 – Гефест; 6 – Миска; 7 – Тиздар.

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

² Геологический институт Российской Академии наук, Москва, Россия

³ Институт океанологии им. П.П. Шишова Российской Академии наук, Москва, Россия

*E-mail: amas2004@mail.ru

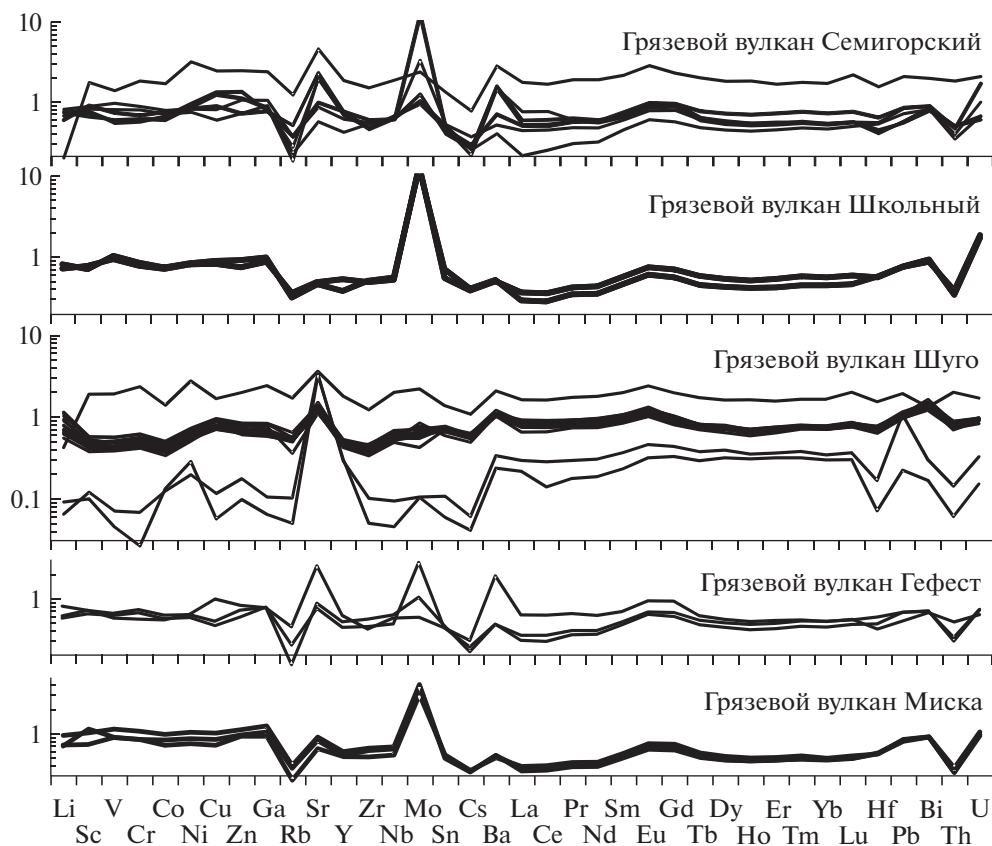


Рис. 2. Нормированное к PAAS распределение элементов в валовых пробах сопочного ила грязевых вулканов Северо-Западного Кавказа.

Сравнение содержаний элементов в постаршейском среднем австралийском сланце (PAAS) [13] и сопочном иле показывает, что в продуктах большинства ГВ Северо-Западного Кавказа в заметно меньших (<0.5 PAAS) концентрациях присутствуют Rb и Cs. Средние содержания легких и тяжелых лантаноидов во многих случаях также меньше, чем 0.5 PAAS (рис. 2). Наиболее близки к PAAS по средним содержаниям элементов продукты ГВ Семигорский и Тиздар. $Mo_{\text{среднее}}$ в сопочном иле ГВ Миска, Семигорский, Гефест, Школьный и Разнокольский варьируются от 1.5 до 13.1 PAAS, тогда как для ГВ Тиздар и Шуго $Mo_{\text{среднее}}$ сопоставимы с PAAS (0.9 и 0.7 PAAS). Распределение РЗЭ в большинстве случаев близко к PAAS, характеризуясь небольшой положительной Eu-аномалией. В некоторых образцах присутствуют отрицательные Ce-аномалии (в сопочном иле ГВ Шуго и Разнокольский $Ce/Ce^* \sim 0.7$), наблюдается дефицит ЛРЗЭ (ГВ Семигорский, $(La/Yb)_{\text{PAAS}} = 0.5 \dots 0.7$). По сравнению с верхнемайкопскими глинами [12] в продуктах ГВ в существенно повышенных концентрациях присутствуют Mo, Sr, Y, Nb и Ba. Многие элементы, напротив, содержатся в заметно меньших концентрациях, чем в глинах верхнего майкопа.

Например, для сопочного ила ГВ Школьный – это Sc, Cr, Zn, Rb, Y, La...Eu, Tb, Dy, Hf и Th.

Сопоставление содержаний элементов в валовых пробах сопочного ила ГВ Семигорский, Шуго и Миска и пелитовых фракциях (по [4]) показало, что в пелитовой фракции ГВ Семигорский и Шуго содержание Li больше, чем в валовых пробах, а содержания Co, Mo, Th и U меньше. Для ГВ Миска характерен более широкий разброс содержаний элементов (в пелитовой фракции концентрации Li, Sc, Cr, Zn, Zr, Cs, Tm, Yb, Lu, Hf и Bi выше, чем в валовых пробах, а Y, La...Ho, Pb, Th и U – ниже).

Продукты ГВ Джунгарского бассейна, возникшего в результате наложения предгорного бассейна на надрифтовую впадину [11, 15] имеют дифференцированный характер: в сопочных илах одних ГВ преобладают продукты разрушения кислых магматических образований, тогда как другие демонстрируют смешение продуктов разрушения пород кислого и основного составов. Примерно в половине проб содержания Sc, Nb и Cs составляют <0.5 PAAS [15], а Sr > 1.5 PAAS. Однако в целом большинство других элементов находятся в пределах $0.5 < \text{PAAS} < 1.5$. Следовательно

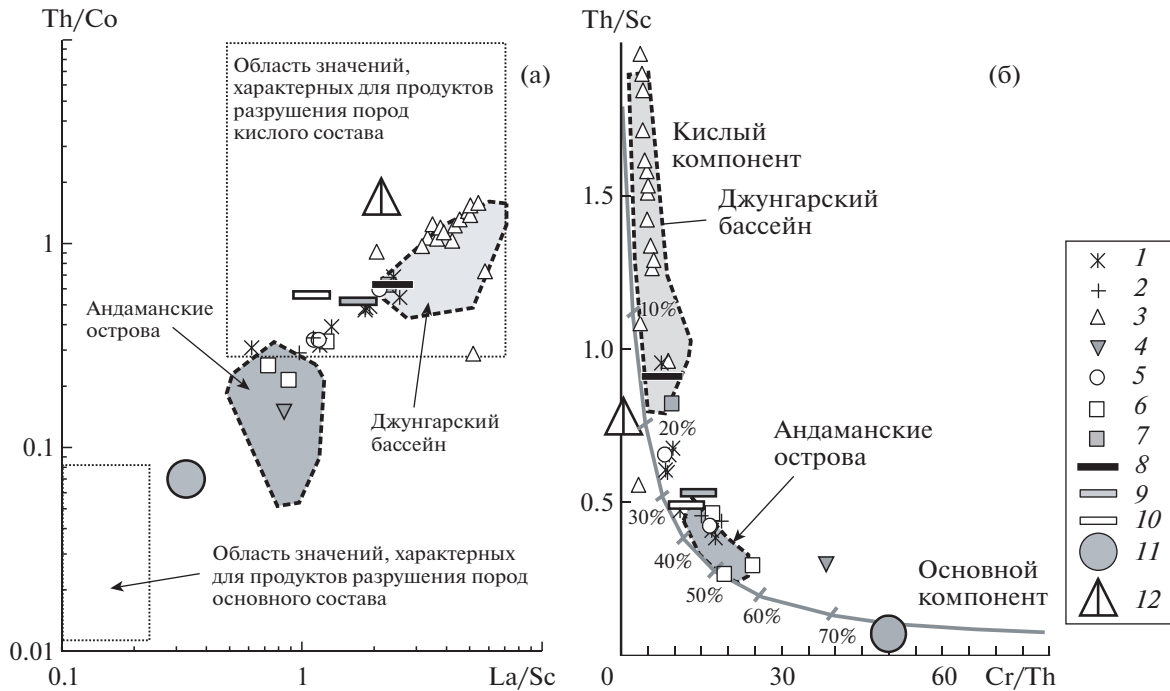


Рис. 3. Положение фигуративных точек состава валовых проб сопочного или грязевых вулканов на дискриминантных диаграммах. 1–7 – пробы ГВ: 1 – Семигорский; 2 – Школьный; 3 – Шууго; 4 – Разнокольский; 5 – Гефест; 6 – Миска; 7 – Тиздар; 8 – PAAS [13]; 9 – глинистые породы среднего майкопа [12]; 10 – то же, верхнего майкопа [12]; 11 – известково-щелочные базальты мезозоя и кайнозоя; 12 – кислые вулканиды мезозоя и кайнозоя, все по [9].

но, в составе продуктов джунгарских ГВ велика доля геохимически зрелого материала, значительная часть которого заимствована из многократно рециклированных осадочных толщ.

На Андаманских островах ГВ расположены в пределах аккреционной призмы [14]. Нормирование содержаний элементов в продуктах ГВ этого региона на PAAS показывает, что в подавляющем большинстве проб концентрации Co и Ni (элементы, типичные по [2], для ультраосновных пород) заметно, а Cr (также типичный для ультраосновных пород элемент) и Sc (элемент, характерный для основных магматических пород) несколько выше, чем в PAAS. Содержание Mo почти во всех пробах ~ 2.0 PAAS, тогда как другие элементы, характерные для кислых магматических пород (Rb, Sn, Cs, Ba, La и Th), присутствуют в основном в концентрациях < 0.5 PAAS. Это позволяет считать, что в составе продуктов ГВ здесь присутствует существенная доля геохимически незрелого материала.

На диаграмме La/Sc–Th/Co [10] большинство точек проб продуктов ГВ Северо-Западного Кавказа тяготеет к области значений, характерной для продуктов разрушения пород кислого состава (рис. 3а). Распределение их позволяет предполагать заметную геохимическую гетерогенность состава продуктов извержений разных ГВ. Например, в пробах, отобранных на ГВ Разнокольском,

Гефест и Миска, доля “кислого компонента” меньше, чем в сопочном иле ГВ Шууго. Это подтверждается и положением точек проб на диаграмме Cr/Th–Th/Sc в модификации [8] (рис. 3б).

Сравнение распределения фигуративных точек продуктов ГВ Северо-Западного Кавказа, Джунгарского бассейна и Андаманских островов на тех же диаграммах позволяет видеть, что в составе последних велика (до 40%?) доля геохимически незрелых компонентов, возможно, продуктов разрушения основных магматических пород. В Джунгарском бассейне продукты ГВ представлены геохимически более зрелым материалом, в составе которого велика доля продуктов разрушения осадочных образований и, вероятно, кислых магматических пород (в сумме их может быть $> 80\%$). Распределение точек сопочных илов ГВ Кавказа на диаграммах La/Sc–Th/Co и Cr/Th–Th/Sc демонстрирует более широкий спектр составов субстратов, примерно соответствующий линии смешения продуктов разрушения “кислого” и “основного” компонентов в соотношении от $\sim 100 : 1$ до $50 : 50$. Это хорошо соответствует реальной геологической ситуации, а именно приуроченности ГВ рассматриваемой территории к флангам Индоло-Кубанского предгорного прогиба, аккумулировавшему в процессе своего развития продукты размыва различных комплексов пород, слагающих Большой Кавказ.

Приведенные данные не подтверждают мнение об унификации состава сопочных брекчий в процессе прохождения ими каналов ГВ. Геохимическая разнородность продуктов ГВ разных в геодинамическом отношении регионов и разных грязевулканических провинций склоняет нас к выводу о заметной гетерогенности состава питающих их ГВ очагов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы признательны Г.И. Комарову, А.Г. Курилко, В.И. Русанову, Н.Н. Русановой и А.В. Шевченко за помощь в отборе проб, Н.С. Глушковой за выполнение иллюстраций.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Интерпретация результатов выполнена в рамках государственного задания ИО РАН № 0149–2019–0007.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ершов В.В., Перстнева Ю.А.* // Отечественная геология. 2018. № 4. С. 72–83.
2. Интерпретация геохимических данных / Отв. ред. Скляр Е.В. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
3. *Карасик М.А., Морозов В.И.* // Геохимия. 1966. № 6. С. 668–677.
4. *Лаврушин В.Ю.* Подземные флюиды Большого Кавказа и его обрамления. М.: ГЕОС, 2012. 348 с.
5. *Федоров Ю.Н., Маслов А.В., Ронкин Ю.Л.* // Литосфера. 2011. № 5. С. 117–123.
6. *Холодов В.Н.* // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2012. № 4. С. 5–27.
7. *Шнюков Е.Ф., Гнатенко Г.И., Нестеровский В.А., Гнатенко О.В.* Грязевой вулканизм Керченско-Таманского региона. Киев: Наукова думка, 1992. 200 с.
8. *Braccioli L., Marroni M., Pandolfi L., Rocchi S.* // Sedimentary Provenance and Petrogenesis: Perspectives from Petrography and Geochemistry. (Eds) Arribas J., Critelli S., Johnsson M.J. GSA Spec. Pap. 2007. № 420. P. 73–93.
9. *Condie K.C.* // Chem. Geol. 1993. V. 104. P. 1–37.
10. *Cullers R.L.* // Chem. Geol. 2002. V. 191. P. 305–327.
11. *Nakada R., Takahashi Y., Tsunogai U., Zheng G., Shimizu H., Hattori K.H.* // Applied Geochemistry. 2011. V. 26. P. 1065–1076.
12. *Sokol E., Kokh S., Kozmenko O., Novikova S., Khvorov P., Nigmatulina E., Belogub E., Kirillov M.* // Minerals. 2018. V. 8. 344.
13. *Taylor S.R., McLennan S.M.* The Continental Crust Its Composition and Evolution. Oxford: Blackwell, 1985. 312 p.
14. *Vignesh A., Ramanujam N., Rasool Q., Swapan K.B.* // Oil Gas Res. 2016. V. 2: 111.
15. *Wan Z., Shi Q., Yuan Y., Shi X., Xia B.* // J. Earth Sci. 2015. V. 27. P. 2–13.

TRACE ELEMENTS IN THE PRODUCTS OF MUD VOLCANOES OF THE NORTH-WEST CAUCASUS

Corresponding Member of the RAS **A. V. Maslov^{a,b,#}** and **V. P. Shevchenko^c**

^a *Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation*

^b *Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

^c *Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

[#] *E-mail: amas2004@mail.ru*

Comparison of the distribution of trace elements in the products of mud volcanoes of the North-Western Caucasus, Dzungarian Basin and Andaman Islands allowed to conclude that these products are geochemically heterogeneous not only in geodynamically different regions, but also in large mud volcano provinces. This implies the heterogeneity of their foci composition.

Keywords: products of mud volcanoes, distribution of trace elements, North-West Caucasus