

К ПРОБЛЕМЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ И ДИАГРАММ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВУЛКАНОГЕННО-ОБЛОМОЧНЫХ ПОРОД

Фазлиахметов А.М., Зайнуллин Р.И.

ИГ УНЦ РАН, Уфа, famrb@mail.ru

В практике литологических и петрографических исследований часто используются геохимические индексы (коэффициенты, модули и др.) и диаграммы. Область их применения, как правило, ограничивается небольшим количеством строго определенных генетических типов (например, только эффузивов или только песчаников). Многие переходные разности при этом не вынесены на поля диаграмм или не рассматриваются при характеристике индексов.

Вулканогенно-обломочные породы занимают положение между собственно осадочными и собственно вулканогенными породами, но применение к ним диаграмм и индексов, принятых в литологии и петрографии часто дает противоречивые результаты [Фазлиахметов, 2012]. Одной из причин этого является недостаток наших знаний о процессах формирования состава вулканогенно-обломочных пород. Для того, чтобы в некоторой мере его устранить, нами были изучены девонские тефровые и вулканомиктовые турбидиты ирендыкской, улутауской и биягодинской свит Западно-Магнитогорской зоны Южного Урала.

В ходе полевых работ было опробовано 29 слоев средне- и грубозернистых турбидитов (в терминологии [Стоу, 1990]). Отбор образцов осуществлялся из верхней, средней (в большинстве случаев) и нижней частей циклитов. Содержание петрогенных элементов определялось методами РФА; малых элементов — методом ИСП-МС. Таким образом, каждый слой турбидита был охарактеризован двумя или тремя образцами песчаников, отличающихся по гранулометрическому составу.

По полученным аналитическим данным были рассчитаны значения индексов, наиболее часто применяемых как поодиночке, так и в составе диаграмм. Их значения существенно варьируют внутри одного и того же турбидита (таблица).

Таблица. Вариации некоторых геохимических индексов внутри циклитов тефровых и вулканотерригенных турбидитов

Индекс	Максимальные отклонения	Среднее по 29 слоям	Индекс	Максимальные отклонения	Среднее по 29 слоям
F1	6	0,89	Cu/Th	2,03	0,3
F2	6,95	2,2	La/Co	0,816	0,21
F3	1,98	0,76	La/Cr	0,308	0,091
F4	6,18	2,28	La/Sc	0,242	0,092
CIA	13,38	3,84	La/Th	2,71	0,98
PIA	13,39	3,95	La/Y	0,25	0,071
ГМ	0,28	0,08	La/Yb	2,23	0,71
ТМ	0,014	0,04	Ni/Co	3,81	1,03
АМ	0,18	0,05	Rb/Ba	0,069	0,031
ЖМ	0,22	0,08	Rb/Sr	0,082	0,027
НКМ	0,22	0,05	Sc/Cr	1,63	0,45
ЦМ	52,08	7,2	Sc/Th	952,61	223,43
ФМ	0,15	0,05	Th/Co	0,246	0,052
log(SiO ₂ /Al ₂ O ₃)	0,24	0,08	Th/Sc	0,088	0,027
lg((CaO+Na ₂ O)/K ₂ O)	0,84	0,27	Th/U	0,922	0,333
log(Fe ₂ O ₃ /K ₂ O)	0,68	0,16	Ti/Zr	0,0037	0,0019

log(Na ₂ O/K ₂ O)	0,95	0,26	V/Ni	19,71	8,24
Co/Th	36,09	9,62	Y/Ni	15,04	2,45
Cr/Th	175,58	42,48	Yb/Th	1,18	0,34
Cr/V	1,08	0,34	Zr/Hf	4,74	2,36
Cr/Zr	4,17	1,02	Zr/Th	31,72	8,9

Примечания к таблице. **F1** = $30.638 \times \text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 - 12.541 \times \text{Fe}_2\text{O}_{3\text{общ.}}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 7.329 \times \text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 12.031 \times \text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 35.402 \times \text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 - 6.382$; **F2** = $56.5 \times \text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 - 10.879 \times \text{Fe}_2\text{O}_{3\text{общ.}}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 30.875 \times \text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 - 5.404 \times \text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 11.112 \times \text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 - 3.89$; **F3** = $0.303 - 0.0447 \times \text{SiO}_2 - 0.972 \times \text{TiO}_2 + 0.008 \times \text{Al}_2\text{O}_3 - 0.267 \times \text{Fe}_2\text{O}_3 + 0.208 \times \text{FeO} - 3.082 \times \text{MnO} + 0.14 \times \text{MgO} + 0.195 \times \text{CaO} + 0.719 \times \text{Na}_2\text{O} - 0.032 \times \text{K}_2\text{O} + 7.51 \times \text{P}_2\text{O}_5$; **F4** = $43.57 - 0.421 \times \text{SiO}_2 + 1.988 \times \text{TiO}_2 - 0.526 \times \text{Al}_2\text{O}_3 - 0.551 \times \text{Fe}_2\text{O}_3 - 1.61 \times \text{FeO} + 2.72 \times \text{MnO} + 0.881 \times \text{MgO} - 0.907 \times \text{CaO} - 0.177 \times \text{Na}_2\text{O} - 1.84 \times \text{K}_2\text{O} + 7.244 \times \text{P}_2\text{O}_5$ [Roser, Korsch, 1988]; **CIA** = $100 \times \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (рассчитывается по молекулярным количествам) [Nesbitt, Young, 1982]; **PIA** = $100 \times (\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O}) / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (рассчитывается по молекулярным количествам) [Fedo et al., 1995]; **ГМ** = $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}_2) / \text{SiO}_2$; **ТМ** = $\text{TiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$; **АМ** = $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2$; **ЖМ** = $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}) / (\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$; **НКМ** = $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3$; **ФМ** = $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}_2 + \text{MgO}) / \text{SiO}_2$; **ЩМ** = $\text{Na}_2\text{O} / \text{K}_2\text{O}$ [Юдович, Кетрис, 2000].

Микроскопические исследования и расчет нормативного состава в программе PetroExplorer 2.4 (автор Е.В. Кориневский) показали, что соответствие минералогическо-петрографического и литогеохимического составов становится полнее в ряду от тонкозернистых разностей к грубозернистым. По всей видимости, это обусловлено двумя основными причинами. Первая — постседиментационные преобразования, степень которых увеличивается с уменьшением размера зерен. Вторая причина — сортировка зерен по размеру и плотности в водотоках. Известно [Кураленко, 1989], что кристаллокластическая андезитовая тефры накапливается в псаммитовой фракции, тогда как в алевропелитовых осадках концентрируется витрокластическая. Это позволяет предположить, что грубозернистые песчаники и гравелиты, в зернах которых порфиروبласты и стекло составляют единое целое, наиболее полно отражают состав вулканогенных пород питающей провинции. Породы этих гранулометрических групп целесообразнее опробовать для определения элементного состава, расчета геохимических индексов и восстановления особенностей источника сноса.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ. Проект № 12-05-31505.

Литература:

- Кураленко Н.П. Влияние вулканизма на формирование вещественного состава аллювия р. Камчатки и ее притоков // Литология и полезные ископаемые.—1989.— №3.—С. 27—38.
- Стоу Д.А.В. Морские глубоководные терригенные отложения // Обстановки осадконакопления и фации. М.—1990.— Т.2.—С.141—194.
- Фазлиахметов А.М. К методике интерпретации состава вулканогенно-обломочных пород / Новое в познании процессов рудообразования // Материалы молодежной школы по рудной геологии. Москва: ИГЕМ.— 2012.—С. 191—192.
- Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука.— 2000.—479 с.
- Fedo C.M., Nesbitt H.W., Young G.M. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications of paleowethering conditions and provenance // Geology.—1995.—V. 23.—P. 921-924.
- Nesbitt H.W., Young G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature.—1982.—V. 299.—P. 715-717.
- Roser B.D., Korsch R.J. Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data // Chem. Geol.—1988.—V. 67.—P.119-139.