

РЕКОНСТРУКЦИИ СОСТАВА ИСТОЧНИКОВ СНОСА ПО МАЛЫМ ЭЛЕМЕНТАМ: ОПЫТ СОПОСТАВЛЕНИЯ ДВУХ УРАЛЬСКИХ ОБЪЕКТОВ

© 2016 г. А. В. Маслов, Г. А. Мизенс

Одним из часто используемых приемов реконструкции состава пород на палеоводосборах при литогеохимических исследованиях является анализ отношений ряда индикаторных редких и рассеянных элементов (Th/Sc, La/Sc, La/Co, Th/Co, Th/Cr, V/Ni и др.) в глинистых породах. Детали подобного рода исследований можно найти во многих работах [1, 2, 5–8, 10, 12, 13 и др.]. Парные диаграммы, построенные на основе упомянутых отношений, были использованы также в целях уточнения состава размывавшихся комплексов пород во время формирования обломочных толщ машакской, зигазино-комаровской и авзянской свит юрматинской серии среднего рифея Башкирского мегантиклинория (Южный Урал) и глинистых пород татарского отдела верхней перми, имеющих широкое распространение на территории Бельской впадины Предуральского прогиба. В качестве модельных/эталонных объектов в этом исследовании будут фигурировать породы основного и кислого состава разного возраста, сведения о которых приведены в [6].

Проведенное ранее изучение тонкозернистых обломочных пород среднего рифея Башкирского мегантиклинория [3] позволило установить, что увеличение снизу вверх по разрезу юрматинской серии величины K_2O/Al_2O_3 в глинистых сланцах указывает на постепенный рост привноса в область седиментации слабо преобразованного процессами выветривания аркозового петрогенного материала. С указанным выводом согласуется и наблюдаемое в них снизу вверх увеличение суммы редких земель, а также значений ЛРЗЭ/ТРЗЭ и La_N/Yb_N . По всей видимости, это можно рассматривать как свидетельство постепенной эволюции верхней коры в областях сноса на протяжении среднего рифея в сторону более зрелого ее характера. Сравнение спектров РЗЭ в отложениях различных уровней юрматиния позволило предположить, что глинистые сланцы и мелкозернистые алевролиты зигазино-комаровской и авзянской свит формировались за счет размыва пород не только кислого, но и основного состава. Нормирование составов глинистых сланцев юрматинской серии на состав верхней континентальной коры и архейской верхней коры показало, что главным источником кластики являлась не архейская континентальная кора с ее высокими содержаниями V, Ni и Cr

и низкими концентрациями РЗЭ, а кора более зрелая, в которой источниками повышенных содержания металлов переходной группы выступали, по видимому, локальные массивы основных и ультраосновных пород. В результате исследований сделан вывод, что доминирующую роль на палеоводосборах среднего рифея, в качестве которых рассматривался Средневожский мегаблок Русской платформы, играли в существенной степени геохимически зрелые раннепротерозойские магматические и метаморфические комплексы.

Глинистые породы верхней перми в разрезах Бельской впадины ассоциируют с граувакковыми песчаниками. Обломки пород в последних представлены кремнями, кварцитами и кристаллическими сланцами, известняками, основными и кислыми вулканическими породами и, иногда, обломками серпентинитов [4 и др.]. На диаграмме La/Sc–Th/Co фигуративные точки верхнепермских песчаников локализованы вблизи средних составов палеозойских андезитов и базальтов. Средняя величина $(La/Yb)_N$ для них составляет 6.8 ± 1.7 , что близко к таковой для палеозойских граувакк. Анализ кристаллохимических характеристик хромовых шпинелей подтверждает вывод о формировании верхнепермских терригенных толщ Бельской впадины за счет размыва блоков океанических и субокеанических базитов и ультрабазитов, характерных для Сакмарской зоны. Об этом же свидетельствует и локализация подавляющей части точек детритовых цирконов из песчаников верхней перми и нижнего триаса на диаграммах Nb/Ta–Y и Y–Hf в поле основных пород.

Таким образом, в нашем распоряжении имеются две выборки аналитических данных, представляющих тонкозернистые обломочные породы, сформированные за счет размыва как достаточно геохимически зрелых субстратов (глинистые сланцы среднего рифея), так и субстратов относительно незрелых (аргиллиты верхней перми). Обратимся к анализу особенностей их точек распределения на разных парных диаграммах, используемых разными авторами для расшифровки состава пород на палеоводосборах.

На диаграмме Th–La [5] средние точки гранитоидов разного возраста и пород основного состава достаточно хорошо различаются по содержанию

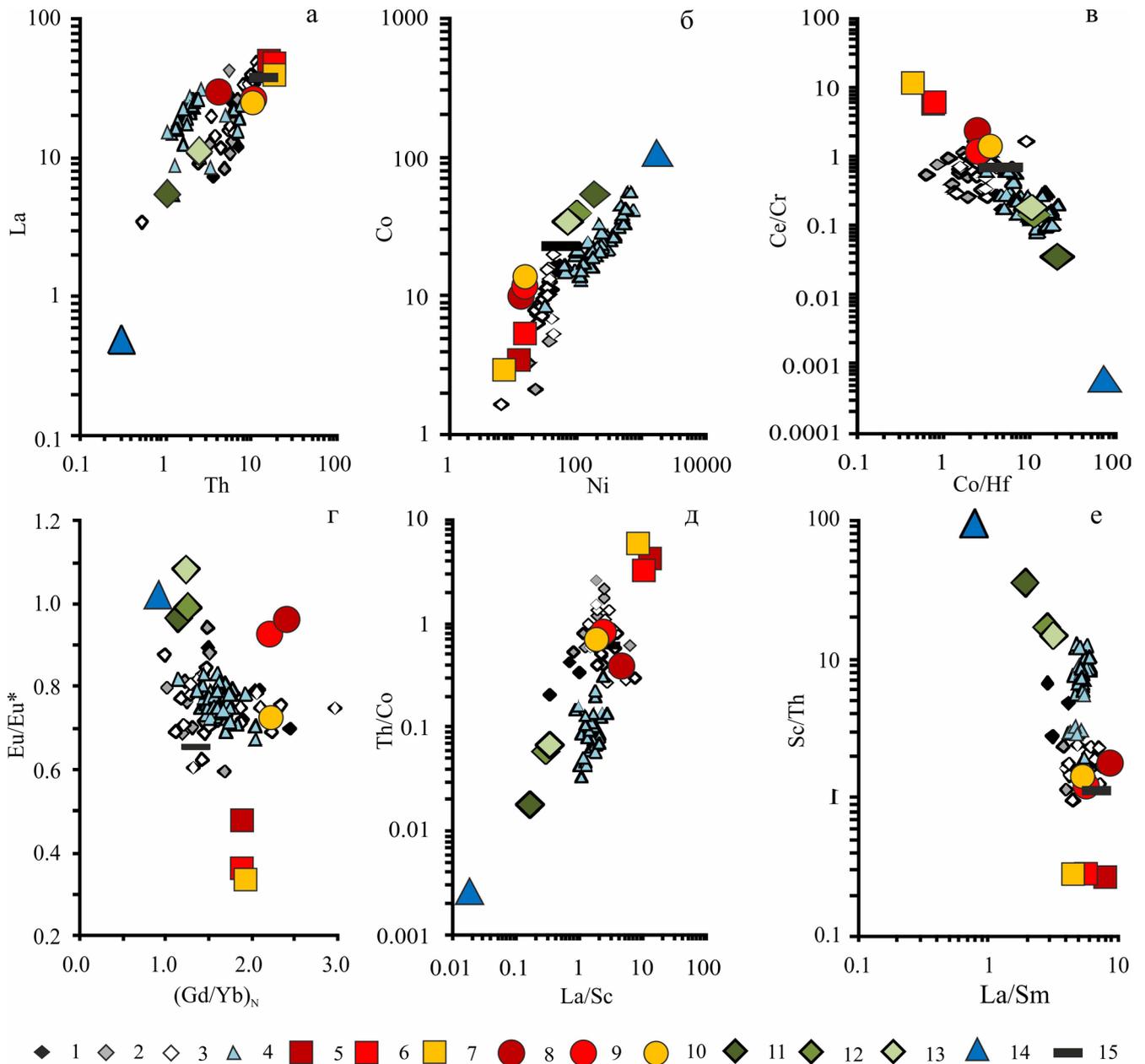


Рис. 1. Распределение фигуративных точек состава глинистых сланцев юрматинской серии среднего рифея Башкирского мегантиклинория и аргиллитов верхней перми Бельской впадины, а также ряда эталонных объектов на различных дискриминантных диаграммах.

1 – машакская свита; 2 – зигазино-комаровская свита; 3 – авзянская свита; 4 – татарский отдел верхней перми; 5 – гранитоиды архея; 6 – то же протерозоя; 7 – то же фанерозоя; 8 – ТТГ-ассоциации архея; 9 – то же протерозоя; 10 – то же фанерозоя; 11 – базальты верхнего архея; 12 – то же нижнего протерозоя; 13 – то же палеозоя; 14 – коматииты архея; 15 – PAAS, все по [6].

как тория, так и лантана. Точки средних составов пород тоналит-грандземит-гранитных (ТТГ) ассоциаций занимают положение между ними (рис. 1а), а точка архейских коматиитов, в которых концентрация обоих элементов составляет менее 1 г/т, занимает положение в правом нижнем углу графика. Фигуративные точки состава глинистых сланцев юрматинской серии имеют сопоставимые с глини-

стыми породами верхней перми концентрации La и несколько более высокие содержания Th, благодаря чему они в основном тяготеют к средним точкам пород кислого состава и ТТГ-ассоциаций. Фигуративные точки верхнепермских аргиллитов расположены преимущественно между точками пород основного состава и ТТГ-ассоциаций. Весьма близки к гранитоидам по содержанию Th и La также

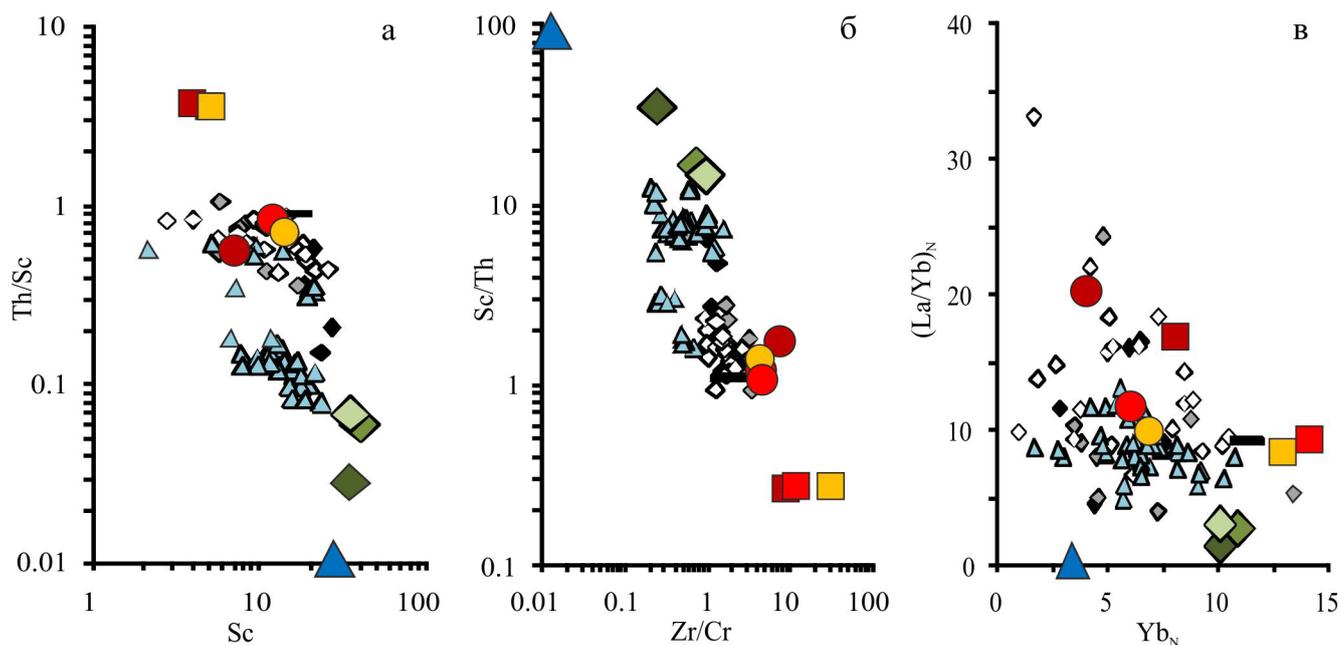


Рис. 2. Распределение фигуративных точек состава глинистых сланцев юрматинской серии среднего рифея Башкирского мегантиклинория и аргиллитов верхней перми Бельской впадины, а также ряда эталонных объектов на диаграммах $La/Sm-Sc/Th$ (а), $Sc-Th/Sc$ (б) и $Yb_N-(La/Yb)_N$ (в).

Условные обозначения см. на рис. 1.

средние постархейские австралийские глинистые сланцы (РААС).

На диаграмме $Ni-Co$ [5] средние точки пород основного и кислого состава также распределены различным образом. Между ними расположены точки различных по возрасту ТТГ-ассоциаций, а точка архейских коматиитов, имеющих весьма высокие содержания как никеля, так и кобальта, тяготеет к верхней правой части диаграммы (рис. 1б). Подавляющее большинство точек аргиллитов верхней перми сосредоточено на рассматриваемом графике вблизи средних точек базальтов, тогда как точки глинистых сланцев и мелкозернистых глинистых алевролитов машакской, зигазино-комаровской и авзянской свит Башкирского мегантиклинория в основном локализованы рядом со средними точками гранитоидов разного возраста и ТТГ-ассоциаций. Разделение полей глинистых пород верхней перми и среднего рифея на данной диаграмме несколько лучше, чем на диаграмме $Th-La$.

На диаграмме $Co/Hf-Ce/Cr$ [9] верхнепермские аргиллиты достаточно компактно локализованы вблизи средних точек пород основного состава, а глинистые породы юрматинской серии по величинам присущих им значений обоих параметров сопоставимы с возможными продуктами размыва пород ТТГ-ассоциаций (рис. 1в).

На диаграмме $(Gd/Yb)_N-Eu/Eu^*$ [5] средние точки состава пород кислого состава, обладающие выраженными отрицательными Eu -аномалиями и значениями $(Gd/Yb)_N \sim 2.0$, достаточно хорошо раз-

граничены с породами основного состава и ТТГ-ассоциаций (рис. 1г), однако поля составов тонкозернистых обломочных образований среднего рифея и верхней перми характеризуются почти полным перекрытием. Очевидно, что в данном случае сделать какой-либо определенный вывод о возможном составе присутствовавших на водосборах комплексов пород нельзя. Точка РААС здесь, как и в рассмотренных ранее случаях, расположена примерно посередине между средними точками пород основного и кислого состава.

Несколько иная ситуация характерна для распределения точек состава глинистых пород и мелкозернистых глинистых алевролитов обоих рассматриваемых нами объектов на диаграмме $La/Sc-Th/Co$ [5]. Аргиллиты Бельской впадины в основном тяготеют здесь к средним точкам пород основного состава, тогда как и точка РААС, и фигуративные точки глинистых сланцев среднего рифея сосредоточены преимущественно вокруг средних точек тоналит-трондьемит-гранитных ассоциаций архея, протерозоя и фанерозоя (рис. 1д). В целом образуемое ими поле расположено примерно посередине между точками кислых и основных магматических образований. Какого-либо заметного перекрытия полей верхнепермских аргиллитов и глинистых сланцев среднего рифея на данной диаграмме нет. Примерно такая же ситуация наблюдается и на диаграмме $La/Sm-Sc/Th$ [10] (рис. 1е).

Достаточно хорошо проявлено различие микроэлементного состава рассматриваемых нами обра-

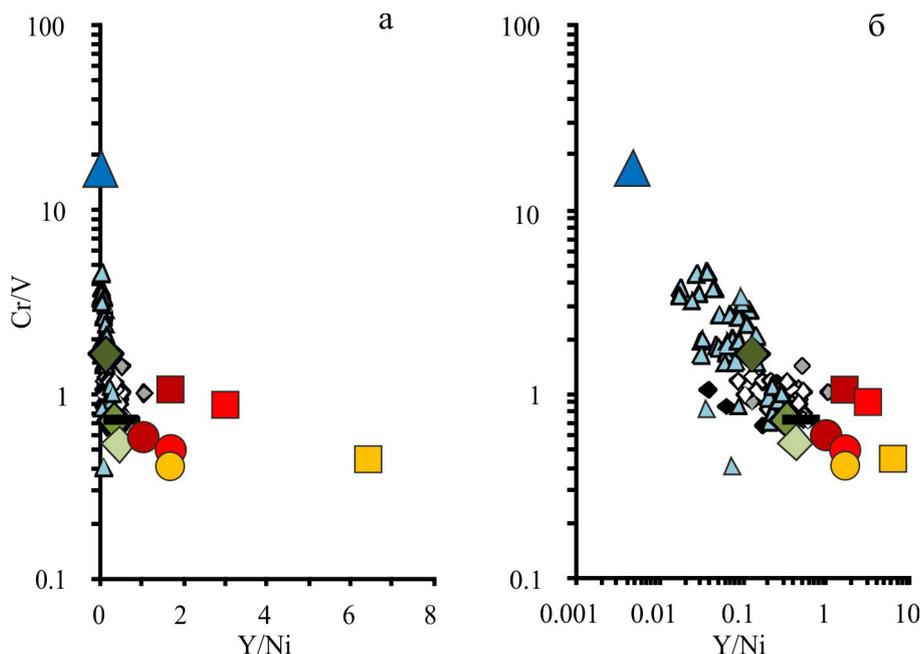


Рис. 3. Распределение фигуративных точек состава глинистых сланцев юрматинской серии среднего рифея Башкирского мегантиклинория и аргиллитов верхней перми Бельской впадины, а также ряда эталонных объектов на диаграмме Y/Ni–Cr/V при разных вариантах ее построения.

Условные обозначения см. на рис. 1.

зований и на диаграмме Sc–Th/Sc [5]. Точки состава глинистых пород юрматинской серии сконцентрированы на ней вокруг средних точек ТТГ-ассоциаций разного возраста; здесь же локализована и точка PAAS. Аргиллиты верхней перми занимают промежуточное положение между средними точками основных магматических пород и породами ТТГ-ассоциаций (рис. 2а).

Примерно такие же распределение и соотношение со средними точками различных магматических образований имеют точки состава тонкозернистых обломочных пород среднего рифея Башкирского мегантиклинория и верхней перми Бельской впадины на диаграмме Zr/Cr–Sc/Th [12] (рис. 2б).

На диаграмме $Yb_N - (La/Yb)_N$ [11], как и на диаграмме $(Gd/Yb)_N - Eu/Eu^*$, наблюдается существенное перекрытие полей обоих объектов (рис. 2в). Не столь компактно, как на рассмотренных нами ранее диаграммах, распределены здесь и средние точки состава гранитоидов разного возраста, а также архейских, протерозойских и фанерозойских ТТГ-ассоциаций. В результате разграничение тонкозернистых обломочных образований юрматинской серии и верхней перми оказывается в существенной степени затруднительным. Примечательно, что точка PAAS расположена на данном графике рядом с точками средних составов протерозойских и фанерозойских гранитов, а своеобразным “центром притяжения” для индивидуальных точек состава гли-

нистых пород Южного Урала являются средние точки ТТГ-ассоциаций протерозоя и фанерозоя.

Обратимся, наконец, к рассмотрению особенностей распределения фигуративных точек состава аргиллитов верхней перми, глинистых сланцев и мелкозернистых глинистых алевролитов среднего рифея на диаграмме Y/Ni–Cr/V [12], используемой, в частности, для установления присутствия в областях размыва ультраосновных пород. В оригинальной ее рисовке сделать какие-либо определенных выводы о составе пород на палеоводосборах из распределения точек обоих южноуральских объектов весьма затруднительно (рис. 3а). Если ось x представить в логарифмическом масштабе (рис. 3б), то определенная дифференциация между точками верхнепермских аргиллитов и среднерифейских глинистых сланцев все же видна (перекрытие полей можно визуальнo оценить как довольно существенное), но в целом они на графике распределены между средней точкой архейских коматиитов и средними точками пород основного состава. Примечательно, что и точка PAAS, рассматривающаяся как некий геохимический образ вскрытой на дневной поверхности, то есть подвергающейся процессам эрозии, верхней континентальной коры [5], на данной диаграмме расположена рядом с точками средних раннепротерозойских и палеозойских базальтов, что вряд ли соответствует действительности.

Приведенные данные позволяют считать, что тонкозернистые обломочные образования среднего

риффея Башкирского мегантиклинория сформированы преимущественно за счет размыва кислых магматических образований, а наиболее приемлемыми для разграничения тонкой алюмосиликокластики, поступавшей в бассейны осадконакопления с палеоводосборов, сложенных кислыми/геохимически зрелыми или основными/геохимически незрелыми комплексами пород, являются диаграммы Ni-Co, Co/Hf-Ce/Cr, La/Sc-Th/Co, La/Sm-Sc/Th, Sc-Th/Sc и Zr/Cr-Sc/Th. Диаграмма Y/Ni-Cr/V и диаграммы с РЗЭ, как мы видели выше, часто не позволяют уверенно разграничить алюмосиликокластику, сформированную вследствие размыва различных по составу породных ассоциаций, и могут быть полезными для некоторых, достаточно специфических, случаев. В то же время в поздней перми на водосборах более существенное распространение имели породы основного состава, что в целом не противоречит данным петрографических исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интерпретация геохимических данных / Отв. ред. Е.В. Складов. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
2. Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Екатеринбург: УГГУ, 2005. 289 с.
3. Маслов А.В., Крупенин М.Т., Ронкин Ю.Л., Гареев Э.З., Лепихина О.П., Попова О.Ю. Тонкозернистые алюмосиликокластические образования стратотипического разреза среднего риффея на Южном Урале: особенности формирования, состав и эволюция источников сноса // Литология и полез. ископаемые. 2004. № 4. С. 414–441.
4. Мизенс Г.А., Маслов А.В., Бадида Л.В., Вовна Г.М., Киселёв В.И., Ронкин Ю.Л., Хиллер В.В. Молакса Бельской впадины Предуральяского прогиба: современный взгляд на источники сноса // Докл. АН. 2015. Т. 465, № 4. С. 460–463.
5. Тейлор С.Р., МакЛеннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
6. Condie K.C. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales // Chem. Geol. 1993. V. 104. P. 1–37.
7. Condie K.C., Wronkiewicz D.A. The Cr/Th ratio in Precambrian pelites from the Kaapvaal Craton as an index of craton evolution // Earth Planet. Sci. Lett. 1990. V. 97. P. 256–267.
8. Cullers R.L. The control on the major- and trace-element evolution of shales, siltstones and sandstones of Ordovician to Tertiary age in the Wet Mountains region, Colorado, U.S.A // Chem. Geol. 1995. V. 123. P. 107–131.
9. Dobson D.M., Dickens G.R., Rea D.K. Terrigenous sediment on Ceara Rise: a Cenozoic record of South American orogeny and erosion // Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol. 2001. V. 165, No. 3/4. P. 215–229.
10. Geochemistry of Sediments and Sedimentary Rocks: Evolutionary Considerations to Mineral Deposit-Forming Environments. Published by Geol. Assoc. Can. / Ed. D.R. Lentz. 2003. Geotext. 4. 184 p.
11. Martin H. Effect of steeper Archean geothermal gradients on geochemistry of subduction-zone magmas // Geology. 1986. V. 14, No. 9. P. 753–756.
12. McLennan S.M., Hemming S., McDaniel D.K., Hanson G.N. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics // Processes controlling the composition of clastic sediments / Eds M.J. Johnsson, A. Basu. Geol. Soc. Am. Spec. Paper. 1993. No. 284. P. 21–40.
13. Rollinson H.R. Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Essex: London Group UK Ltd., 1994. 352 p.