

УДК 550.4:551.3.051

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КАК ИНДИКАТОРЫ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ МЕТАОСАДОЧНЫХ ПОРОД НИЖНЕГО ПРОТЕРОЗОЯ

© 2004 г. В. А. Шатров

Представлено академиком О.А. Богатиковым 23.03.2004 г.

Поступило 15.03.2004 г.

Определение условий образования метаосадочных пород докембрия является сложной задачей, при решении которой на первое место выходят геохимические методы. Применение редкоземельных элементов (REE) основано на представлениях о различных формах их миграции в водной среде (взвесь, растворенное вещество, сорбированный комплекс), что приводит к фракционированию лантаноидов на первоначальном профиле седиментации [1], а также на инертном поведении редких земель на ранних стадиях метаморфизма. В работе применяется разделение лантаноидов на легкие – LREE (La–Pr), средние – MREE (Nd–Dy) и тяжелые HREE (Ho–Lu, Y). В составе центральных частей бассейнов будут преобладать тяжелые REE совместно с иттрием, в прибрежных условиях преимущественно накапливаются легкие редкие земли [4, 6, 9].

Объектом изучения являются содержащие уникальные запасы железных руд курская и

криворожская серии нижнего протерозоя, развитые в пределах Воронежского кристаллического массива (ВКМ) и Украинского кристаллического щита (УКЩ). Возможность применения REE для фациальных реконструкций формирования железистых кварцитов (роговиков по Ю.А. Балашову) основана на представлении о хемогенно-осадочном образовании джеспилитов, при котором большая часть вещества мобилизована процессами корообразования в пределах суши и переотложена в конечных бассейнах седиментации [8].

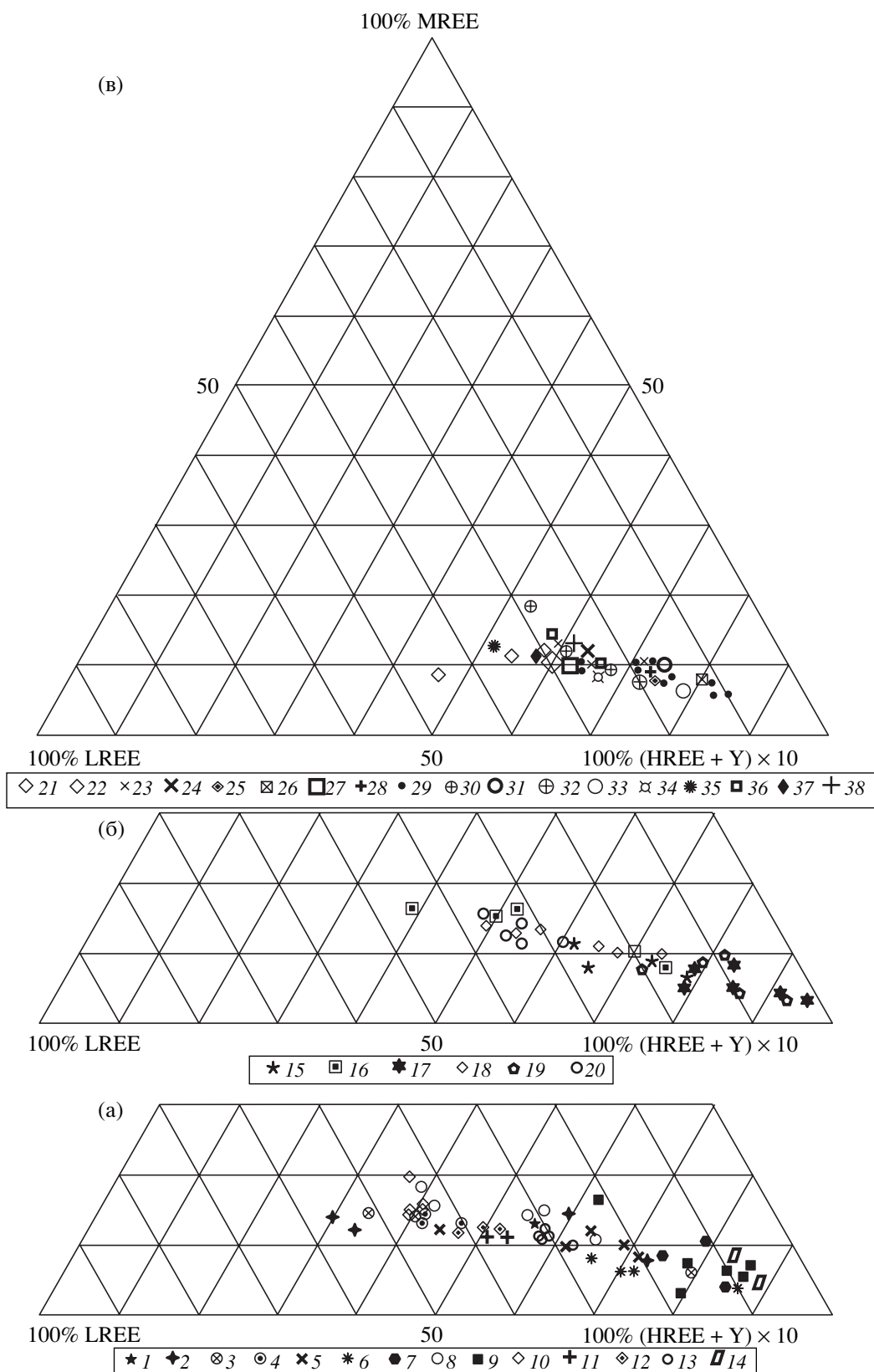
В основе построений результаты 83 химических анализов по курской серии (образцы автора), по криворожской серии (34 анализа), материалы Ю.А. Балашова [1]. Определение микроэлементов проведено в лаборатории ИГЕМ РАН (Москва) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS).

Рис. 1. Распределение REE для отложений стойленской и коробковской свит курской серии (ВКМ) и криворожской серии (УКЩ).

а – REE в отложениях курской серии Лебединского и Михайловского участков. 1–10 – Лебединский участок. 1–4 – стойленская свита: 1 – метапесчаник, 2 – безрудные кварциты, 3 – сланцы; 4 – верхняя подсвита – сланцы; 5–10 – коробковская свита: 5–7 – нижняя железорудная подсвита (5 – нижняя часть подсвиты: малорудные и рудные железистые кварциты, 6 – средняя часть подсвиты – железистые кварциты; 7 – верхняя часть подсвиты – железистые кварциты); 8 – нижняя сланцевая подсвита – сланцы; 9 – верхняя железорудная подсвита – железистые кварциты; 10 – верхняя сланцевая подсвита – сланцы. 11–14 – Михайловский участок. 11, 12 – стойленская свита, нижняя подсвита: 11 – безрудные кварциты, 12 – сланцы; 13, 14 – коробковская свита, нижняя сланцевая подсвита: 13 – сланцы; верхняя железорудная подсвита: 14 – железистые кварциты.

б – REE в отложениях курской серии Коробковского участка (Стретенская залежь). 15, 16 – стойленская свита, нижняя подсвита: 15 – метапесчаники; верхняя подсвита: 16 – сланцы; 17–20 – коробковская свита, нижняя железорудная подсвита: 17 – железистые кварциты; нижняя сланцевая подсвита: 18 – сланцы; верхняя железорудная подсвита: 19 – железистые кварциты; верхняя сланцевая подсвита: 20 – сланцы.

в – REE в отложениях криворожской серии. 21–28 – нижняя подрудная свита: 21 – метапесчаники, 22 – среднее для метапесчаников, 23 – сланцы, 24 – среднее для сланцев, 25 – конгломераты, 26 – доломитизированные известняки, 27 – среднее для нижней свиты; 28–32 – средняя железорудная свита: 28 – роговики безрудные, 29 – роговики рудные и джеспилиты, 30 – сланцы, 31 – среднее для семи железорудных горизонтов, 32 – среднее для семи безрудных горизонтов, 33 – среднее для железорудной свиты; 34–38 – верхняя надрудная свита: 34 – филлиты, 35 – гравелиты, 36 – метапесчаники, 37 – метагравелиты, 38 – среднее для верхней свиты.



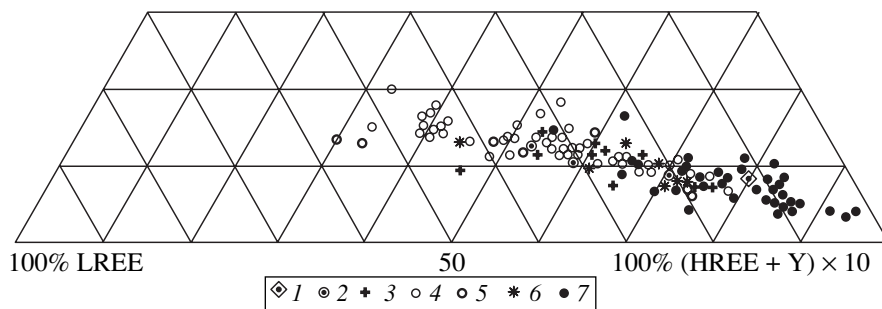


Рис. 2. Распределение REE в различных литологических типах пород курской и криворожской серий. 1 – карбонатные породы; 2 – конгломераты, гравелиты и метагравелиты; 3 – метапесчаники; 4 – сланцы; 5 – безрудные кварциты и роговики; 6 – малорудные кварциты и роговики; 7 – железистые кварциты и рудные роговики.

Для отображения первичного положения осадка на профиле седиментации разработана треугольная диаграмма в системе: LREE–MREE–(HREE × 10). Ее достоинствами являются: использование всего состава лантаноидов, а не отдельные геохимические отношения пар элементов; предельно краткая характеристика условий осадкообразования; возможность одновременного сравнения большого количества данных геохимических анализов.

Анализ диаграмм (рис. 1, рис. 2) позволяет сделать ряд выводов как об условиях формирования изучаемых серий, так и об особенностях отдельных этапов развития палеобассейнов.

1. Отчетливо выражен тренд распределения литологических разновидностей пород в зависимости от глубины их седиментации: сланцы–безрудные, малорудные кварциты, роговики–железистые кварциты, рудные роговики, карбонатные породы, что полностью согласовывается с выводами Н.А. Плаксенко о глубоководности образования железистых кварцитов [7]. Метапесчаники, гравелиты и конгломераты занимают промежуточное положение на профиле седиментации (рис. 2), что связано с их формированием в локально углубленных частях бассейнов. Для безрудных подцвет прослеживаются фациальные ряды от более мелководных обломочных отложений к более глубоководным глинистым (рис. 1).

2. В пределах серий выделяются трансгрессивно-регрессивные циклы развития палеобассейнов: от мелких, совпадающих по объему с подцветой, – циклиты 5-го ранга, продолжительностью 22.5–10.0 млн. лет (по семиранговой классификации В.И. Сиротина [5]), до крупных, отвечающих серии в целом – циклиты 1-го и 2-го рангов, продолжительностью соответственно 500–600 и 150–200 млн. лет.

Сделанные выводы не противоречат результатам ранее проведенных исследований, по которым формирование серий связано с глобальным

трансгрессивно-регрессивным циклом. Образование железистых кварцитов совпадает с максимумами трансгрессий, приходящимися на начало и середину коробковского времени для курской серии, среднекриворожское время – для криворожской [1–3, 7]. Фигуративные точки отложений нижней стойленской подцветы, образование которой относят к континентальным и прибрежно-морским обстановкам [2], на диаграмме соответствуют относительно глубоководным условиям осадконакопления (рис. 1а, 1б). Такое противоречие объясняется формированием на начальной стадии регрессивного цикла первичных осадков в глубоководных понижениях, разделенных перемычками, в условиях резко изменяющихся фациальных обстановок, что и наблюдается на Лебединском участке.

Разработанная треугольная диаграмма позволяет сравнивать по глубине осадкообразования различные палеобассейны, а также отдельные этапы их развития; изучать фациальные ряды образования метаосадочных пород; выделять трансгрессивно-регрессивные циклы разных рангов; подтверждает образование железистых кварцитов на наиболее глубоководной части фациального профиля седиментации, что может служить дополнительным признаком для выяснения условий их образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Балашов Ю.А.* Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 267 с.
2. *Полищук В.Д., Голивкин Н.И., Зайцев О.С. и др.* Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии. М.: Недра, 1970. Т. 1. Кн. 1. 439 с.
3. Железные руды КМА / Под ред. В.П. Орлова, И.А. Шевырева, Н.А. Соколова. М.: ЗАО “Геоинформмарк”, 2001. 616 с.
4. *Зеленская А.Н., Шатров В.А., Сиротин В.И.* // *Вестн. Воронеж. ун-та. Геология.* 1999. № 7. С. 39–44.

5. *Сиротин В.И., Бугельский Ю.Ю., Новиков В.М., Слукин А.Д.* // Вестник Воронеж. ун-та. Геология. 2000. № 5 (10). С. 47–52.
6. *Сиротин В.И., Шатров В.А., Войцеховский Г.В.* // Генетический формационный анализ осадочных комплексов фанерозоя и докембрия. Материалы III Всерос. литолог. совещ. Москва, 18–20 марта 2003 г. М.: Изд-во МГУ, 2003. С. 254–256.
7. *Плаксенко Н.А.* Главнейшие закономерности железорудного осадконакопления в докембрии. Воронеж: Изд-во ВГУ. 1966. 264 с.
8. *Холодов В.Н., Бутузова Г.Ю.* // Литология и полезн. ископаемые. 2001. № 4. С. 339–352.
9. *Шатров В.А., Сиротин В.И., Войцеховский Г.В.* // ДАН. 2002. Т. 386. № 5. С. 668–671.