

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ООИДОВЫХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ АЯТСКОЙ СВИТЫ
(ТУРГАЙСКИЙ ПРОГИБ, СЕВЕРНЫЙ КАЗАХСТАН)**

Максимов П.Н.

Научный руководитель доцент Рудмин М.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В геологической истории ооидовые железняки известны с раннего палеозоя до кайнозоя [9]. Данное исследование посвящено изучению геохимических особенностей верхнемеловых железняков, распространенных среди отложений аятской свиты в пределах Тургайского прогиба для восстановления условий формирования железных руд морского генезиса. Аятский железорудный бассейн вмещает в себя ряд месторождения осадочных руд, которые приурочены к одноименной аятской свите. В качестве близких по времени формирования с Аятским бассейном можно привести Западно-Сибирский железорудный бассейн России [1]. Тургайский прогиб во время позднего мела и палеогена представлял собой эпиконтинентальный пролив между южными морями, Паратетисом и Северным Ледовитым океаном [1, 3].

Изучением данного объекта занимались ряд ученых [3], но для описания современной генетической модели, требуются детальные исследования процессов и условий седиментации и рудообразования железняков. Целью данной работы является изучение геохимических особенностей пород аятской свиты для анализа процессов, отвечающих за формирование железняков аятской свиты. В качестве материала исследований послужили вскрышные толщи аятской свиты, отобранные с бортов Варваринского месторождения (Северный Казахстан). Из них были изготовлены препараты (аналитические пробы, шлифы и аншлифы) для лабораторных исследований. Лабораторно-аналитические работы включали следующие методы: первичное описание образцов, петрографический анализ, сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) с локальным энергодисперсионным анализом (ЭДС), рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) и масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Петрографический анализ выполнялся с помощью оптического микроскопа, морфология и химический состав отдельных минералов – с помощью сканирующего электронного микроскопа TESCAN Vega 3 SBU, оснащенного детектором для энергодисперсионного рентгеноспектрального микроанализа OXFORD X-Max 50. Рентгенофлуоресцентный анализ выполнялся с помощью энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного микроскопа HORIBA XGT7200 для определения содержания основных оксидов в валовом составе пород и руд.

Рассматриваемый горизонт аятской свиты представлен гётит-шамозит-сидеритовыми железняками и вышележащими толщами кварц-глауконитовыми песчаниками. Железняки имеют бурую окраску с пористой текстурой и явными следами окисления гидроксидов железа, местами встречаются обуглившиеся растительные остатки. Ооиды состоят в основном из терригенного кварцевого ядра, покрытого кортексом из тонких пластинок (концентры или ламелии), создавая кольцевые ритмично-зональные структуры с хаотичной сменой окраски за счет преобладания алюмосиликатной или карбонатной фазы с различной долей железа, что детектируется как бертьерин/шамозит и сидерит, соответственно. Цементирующий материал представлен преимущественно сидеритом. Также, присутствуют второстепенные аутигенные минералы: аутигенный монацит, пирит, вюрцит и барит. Они встречаются как среди сидеритового цемента, так и внутри ооидов, в различных морфологиях. Монацит отмечается в виде микровключений неправильных форм (инъекционного характера), преимущественно внутри сидеритового кортекса ооидов, реже, в сидеритовом цементе. Размеры фосфат РЗЭ не превышают 0,05 мм. Пирит встречается в виде нормальных фрамбоидов и макрофрамбоидов, а также местами встречаются фрамбоиды типа «подсолнух» («sunflower») [6]. Вюрцит в основном встречается в виде микровключений в ооидах, создавая тонкопластинчатые агрегаты. Редко встречаются сферические агрегаты вюрцита в сидеритовом цементе. Барит также, как и вюрцит, встречается в основном среди ооидов, создавая ксеноморфные агрегаты. Средне-крупнозернистые кварц-глауконитовые песчаники, обладают серым цветом с зеленоватым оттенком за счет содержания в них глауконитовых зерен. Они характеризуются разнозернистой структурой и вариационным соотношением аллотигенных и аутигенных компонентов. Аллотигенные компоненты представлены кварцем, полевыми шпатами (в основном микроклином), апатитом, магнетитом, ильменитом, рутилом и цирконом. Аутигенные компоненты – пиритом (в виде фрамбоидов и идиоморфных зерен) и глауконитом, чаще всего, с микровключениями пирита и барита.

Содержания основных оксидов железняков аятской свиты, на основании РФА, характеризуются следующими вариациями: $Fe_2O_3(\text{total})$ 60,2...62,6 %, SiO_2 5,7...14 %, Al_2O_3 2,9...5,8 %, TiO_2 0,1 %, P_2O_5 0,4...1,8 %. Вариативность SiO_2 и Al_2O_3 напрямую зависит от содержания кварца и бертьерина/шамозита. Однако содержание TiO_2 у обоих литотипов не сильно отличается (0,1 %), что свидетельствует о наличии аллотигенного ильменита и рутила. Судя по полученным генетическим диаграммам Si / Al и Na / Mg (рис. 1), железняки характеризуются следами диагенетических процессов, в прибрежно-морских обстановках.

Суммарное содержание РЗЭ аятских железняков варьируется от 54,6 г/т до 115,9 г/т, в среднем составляет 83,1 г/т, что сравнительно одинаково с суммарным содержанием РЗЭ в железняках Лисаковского месторождения (82,2 г/т) [7], но в 1,5 раза меньше, чем у железняков Бакчарского месторождения (286,4 г/т) [6, 8]. Характер распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) и микроэлементов железняков аятской свиты коррелируются с континентальными железняками Лисаковского месторождения, но при этом отличается от морских железняков Бакчарского месторождения в Западной Сибири (рис. 2А). В железняках Лисаковского месторождения и аятской свиты наблюдается общий дефицит легких редкоземельных элементов (ЛРЗЭ), когда как в железняках Бакчарского месторождения явно повышенные содержания наблюдаются, как по легким, так и по средним редкоземельным элементам (СРЗЭ).

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Ритмично-зональная структура, характерна для железистых ооидов и наличие морфологических разновидностей пирита свидетельствует о достаточно быстрых изменениях среды условий диагенеза – от кислородных к аноксидным. Нахождение РЗЭ в виде

микровключений совместно с другими аутигенными минералами, такими как пирит, барит и вюрцит, подтверждает потенциально единый источник металлов для железняков аятской свиты. Формирование пород аятской свиты происходило в прибрежно-морских условиях в сопряжении с различными гидродинамическими и физико-химическими режимами обстановок морского дна. Наличие прямой корреляции между аятскими и лисаковскими железняками указывает на схожесть единой генетической модели накопления РЗЭ и микроэлементов.

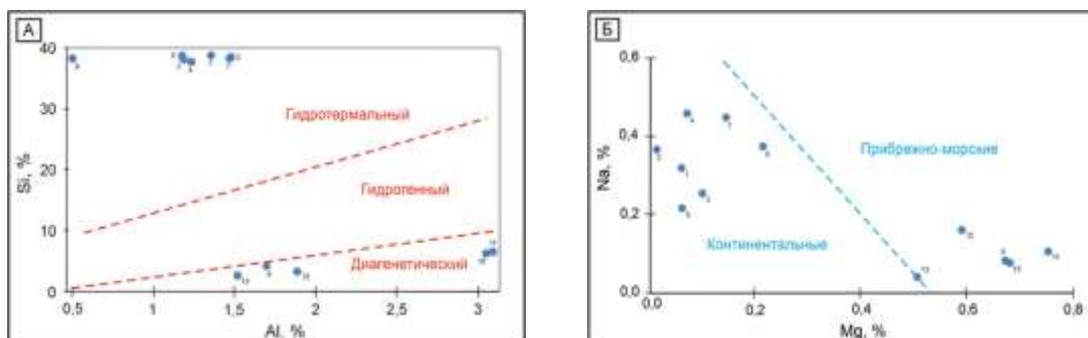


Рис. 1. Генетические диаграммы: А) зависимость между Si и Al; Б) зависимость между Na и Mg. 1-8 – песчаники; 9-13 – железняки

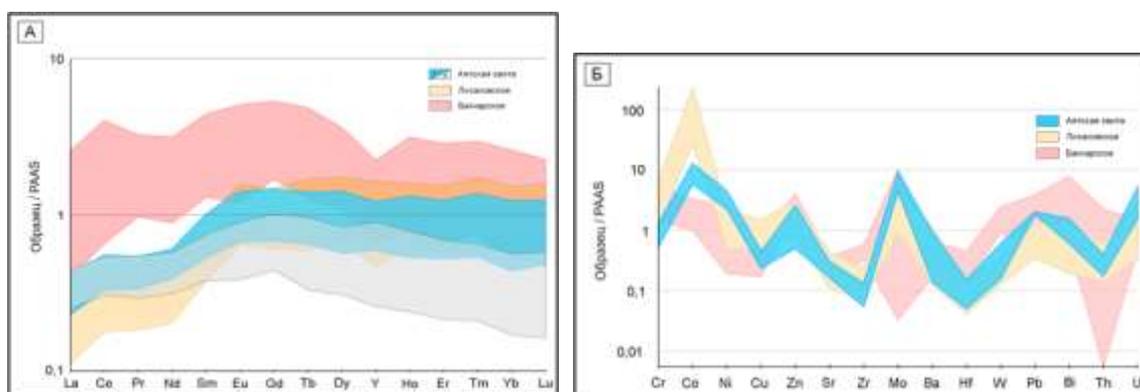


Рис. 2. Спайдер-диаграммы содержания редкоземельных элементов (РЗЭ, А: а – железняки; б – песчаники) и микроэлементов (Б), нормированных на средние содержания в земной коре по РААС (средний постархейский австралийский глинистый сланец). Распределения РЗЭ для Лисаковского и Бакчарского месторождений взяты из [6–8]

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов Российского научного фонда (грант № 21-17-00019).

Литература

1. Белоус Н.Х. Казанский Ю.П., Бердников А.П. и др. Западно-Сибирский железорудный бассейн. – Новосибирск: СО РАН СССР, 1964. – С. 448.
2. Найдин Д.П. Разрез верхнего мела Кушмурун, Торгайский пролив // Вестник Московского университета. – Серия 4: Геология. – 2006. – Т. 4. – С. 3–9.
3. Формозова Л.Н. Железные руды Северного приаралья // Москва: Издательство академии наук СССР, 1959. – 475 с.
4. Houten F.B. Van, Bhattacharyya D.P. Phanerozoic Oolitic Ironstones - Geologic Record and Facies Model // Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 1982. – Vol. 10. – № 1. – Pp. 441–457.
5. Kimberley M.M. Debate about ironstone: has solute supply been surficial weathering, hydrothermal convection, or exhalation of deep fluids? // Terra Nova, 1994. – Vol. 6. – № 2. – P. 116–132.
6. Rudmin M., Banerjee S., Abdullayev A., Ruban A., Filimonenko E., Lyapina E., Kashapov R., Mazurov A. Ooidal ironstones in the Meso-Cenozoic sequences in western Siberia: assessment of formation processes and relationship with regional and global earth processes // Journal of Palaeogeography, 2020. – Vol. 9. – № 1. – P. 1–21.
7. Rudmin M., Kalinina N., Banerjee S., Reva I., Kondrashova E., Kanaki A., Trubin Y., Baldermann A., Mazurov A. Origin of Oligocene channel ironstones of Lisakovsk deposit (Turgay depression, northern Kazakhstan) // Ore Geology Reviews, 2021. – Vol. 138. – № July. – P. 104391
8. Rudmin M., Mazurov A., Banerjee S. Origin of ooidal ironstones in relation to warming events: Cretaceous-Eocene Bakchar deposit, south-east Western Siberia // Marine and Petroleum Geology, 2019. – Vol. 100. – P. 309–325.
9. Van Houten F.B., Hou H.F. Stratigraphic and palaeogeographic distribution of Palaeozoic oolitic ironstones // Geological Society Memoir, 1990. – Vol. 12/ – № 1. – P. 87–93.
10. Young T.P. Phanerozoic ironstones: an introduction and review // Geological Society, London, Special Publications. – 1989. – Vol. 46. – № 1. – P. 9–25.