

При детальном анализе распределения элементов в пределах изучаемых зерен алюмо-сульфо-фосфатов установлено, что сера совместно со свинцом и барием обогащает краевую зону, формируя ритм осцилляторной зональности. Церием обогащена центральная часть зерен. Между центральной и краевой зонами наблюдается перерыв или резкая смена условий кристаллизации, возможно, обусловленная процессом вскипания или смешения флюида, сопровождаемая осаждением руды, а затем снова выравниванием состава основными петрогенными компонентами гидротермального раствора.

Повторяющаяся закономерность строения в разных зернах этой серии минералов связана с изменением внешних условий. То есть с поведением общего рудообразующего гидротермального процесса, а не с внутренней самоорганизацией алюмо-сульфо-фосфатов, которые должны были формировать зерна более индивидуального внутреннего строения без закономерного чередования зон. На примере изучения характера распределения захваченных элементов примесей, их изменения в процессе роста кристаллов, можно наблюдать изменения в составе рудообразующего флюида.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Наука № FSSWW-2023-0010, тема «Комплексные исследования на базе природных геологических лабораторий».

Литература

1. Shore M., Fowler A. D. Oscillatory zoning in minerals; a common phenomenon //The Canadian Mineralogist. – 1996. – Т. 34. – №. 6. – С. 1111-1126.
2. Мишин Л. Ф. Вторичные кварциты и их связь с золоторудной минерализацией месторождения Светлое (Ульинский прогиб, Охотско-Чукотский вулканогенный пояс) //Тихоокеанская геология. – 2011.
3. Yakich T. Y. et al. Mineralogy of the Svetloye epithermal district, Okhotsk-Chukotka volcanic belt, and its insights for exploration //Ore Geology Reviews. – 2021. – Т. 136. – С. 104257.

ОЦЕНКА СХОДСТВА МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЖЕЛЕЗНЯКОВ ТУРГАЙСКОГО ПРОГИБА (СЕВЕРНЫЙ КАЗАХСТАН)

Максимов П.Н.

Научный руководитель доцент Рудмин М.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На сегодняшний день происхождение ооидовых железняков осадочных месторождений активно обсуждаются в исследованиях фундаментальной проблемы современной геологии [1–6]. Согласно мнению одних ученых происхождение железняков опирается на мобилизацию металлов при выветривании базитовых пород, их переносе в виде коллоидов или истинных растворов надземными и подземными водами в морской бассейне [2, 3]. Другие ученые связывают формирование ооидовых железорудных крупных месторождений с термальной разгрузкой в морских обстановках [1, 4].

Одной из относительно современных структур, которая способствовала накоплению ооидовых железорудных месторождений является Тургайский прогиб. В конце верхнего мела на месте нынешнего Тургайского прогиба был пролив, соединявший Западно-Сибирское и Туранское моря [2]. Дальнейшие геологические процессы, связанные с накоплением железа в Тургайском бассейне, способствовали образованию морского и континентального типа месторождений железа, таких как Аятское, Лисаковское, Кировское и Талдынское [3]. На территории также развиты бокситовые и цинковые месторождения, Красноярское и Шаймерденское, соответственно. Тургайский прогиб богат своими полезными ископаемыми, связанными не только с осадочным чехлом, но и складчатый фундаментом палеозоя. Ими являются ныне разрабатываемые Качарское и Соколово-Сарбайское месторождения. Помимо них широко распространены и другие железорудные месторождения скарнового типа, такие как Ломоносовское, Южно-Ломоносовское, Кунайжаркульское, Талкульское и др. Руды данных месторождений помимо железа, также содержат примеси цветных, благородных и редких металлов. Среди них особо выделяются барий, цинк, ванадий, медь, свинец и никель [3]. Большинство минералов этих металлов преимущественно встречаются в зонах дробления пострудных разломов коренных пород либо в парагенезисе с кварц-карбонатными жилами [3].

В данной работе рассматриваются геохимические и минералогические характеристики и оценивается связь между осадочными и скарновыми месторождениями северного Тургая. В качестве изучаемых материалов послужили образцы, отобранные из искусственного и естественного обнажения Аятского месторождения, также были изучены результаты предшественников, связанные с Лисаковским и палеозойскими железоскарновыми месторождениями. Для определения химического и морфологии отдельных минералов выполнялся с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) TESCAN Vega 3 SBU с локальным энергодисперсионным анализом (ЭДС) OXFORD X-Max 50. Для определения валового химического состава использовались следующие методы: для основных оксидов – рентгенофлуоресцентный анализатор (РФА) HORIBA XGT7200, для широких спектров микроэлементов – масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на масс-спектрометре ELAN DRC-e.

Рудный горизонт Аятского месторождения имеет субширотную ориентировку с протяженностью 135 км. Аятский разрез представлен в основном подрудными глинами, железняками в качестве рудного горизонта и надрудными песчаниками. Основными аутигенными минералами являются гётит, сидерит и бертьерин, в качестве микровключений часто встречаются фрамбоиды пирита и фосфат редкоземельных элементов (РЗЭ), реже, барит и вюрцит [1, 5]. Однако, микровключения сульфидов железа и цинка характерны только для северо-западной части месторождения, в окрестностях пос. Варваринское. Центральная часть Аятского месторождения характеризуется отсутствием фрамбоидов пирита, основного минерала-индикатора субкислородных и аноксических условий.

СЕКЦИЯ 2. РУДООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ: ПРОБЛЕМЫ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И ПЕТРОЛОГИИ

Цементирующий сидерит не обладает столь высокой степенью кристалличности, как железняки северо-западной части месторождения. В рудах также наблюдаются микропрослойки гипса и микропрожилки марганцевого сидерита (мангасидерит) с содержанием марганца до 20 %. В целом рудный горизонт Аятского месторождения пространственно неоднороден. Основываясь на минеральном составе руд Аятского месторождения физико-химические условия минералообразования северо-западной и центральной части отличаются.

Данные спайдер-диаграмм (рис. 1) для проб, отобранных в разных частях Аятского месторождения, отличаются. У Аятского и Лисаковского месторождения наблюдается общая тенденция распределения микроэлементов (рис. 1 А) и редкоземельных элементов (рис. 1 Б) на северо-западной части Аятского месторождения содержание редкоземельных элементов (РЗЭ) больше, чем в центральной части (рис. 1 Б). Основным отличием железняков центральной части месторождения является дефицит бария по сравнению с железняками северо-западной части Аятского и Лисаковского месторождения (рис. 1 А). В группе редкоземельных элементов у железняков центральной части Аятского и Лисаковского месторождения наблюдается дефицит легких РЗЭ. Среднее суммарное содержание РЗЭ у железняков северо-западной части составляет 83,1 г/т, тогда как у центральной части 207,94 г/т, что на порядок выше. В континентальных железняках Лисаковского месторождения среднее суммарное содержание РЗЭ составляет 82,2 г/т [5], что близко к значению железняков северо-западной части Аятского месторождения. Генетические диаграммы, построенные по валовым химическим составам микроэлементов, указывают на гидрогенную природу формирования железняков (рис. 2 А, Б), что указывает на осаждение минералов из морской воды. Однако генетические тройные диаграммы указывают на гидротермальное происхождение (рис. 2 В, Г).

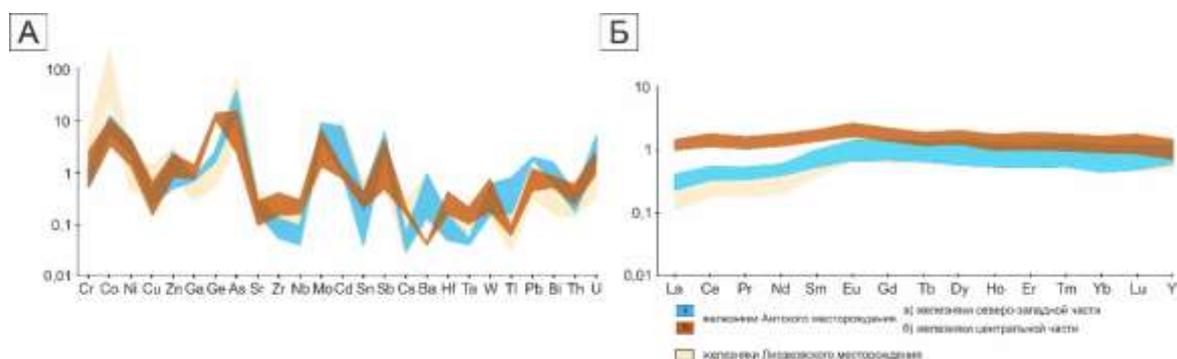


Рис. 1. Спайдер-диаграммы содержаний (А) микроэлементов и (Б) редкоземельных элементов, нормированных по PAAS (средний постархейский австралийский глинистый сланец)

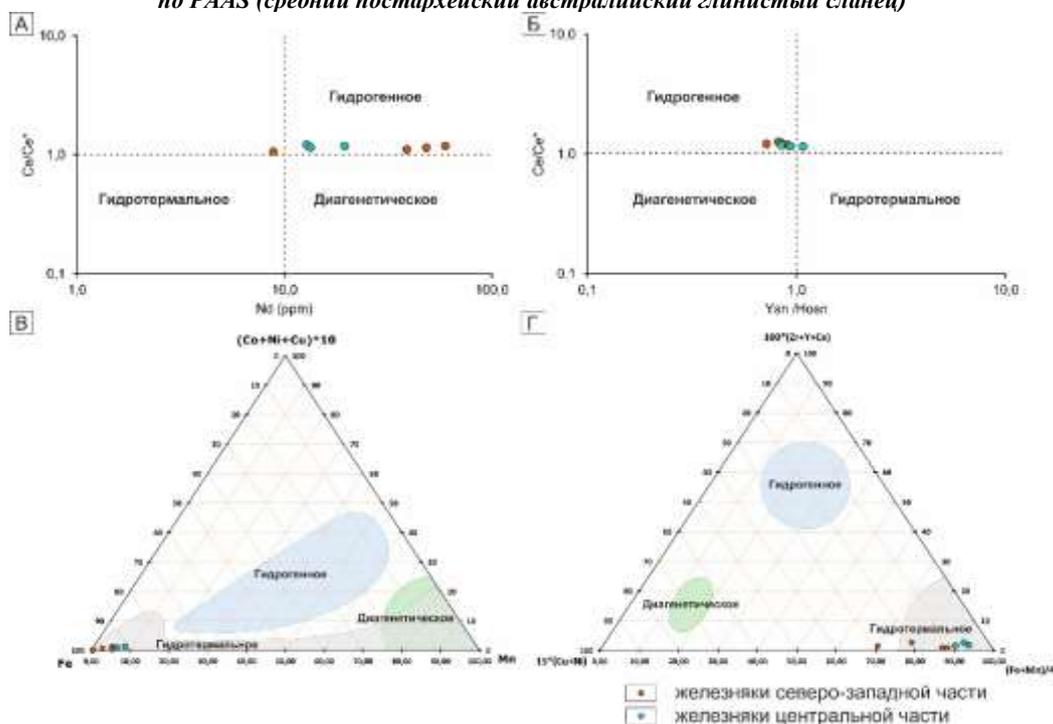


Рис. 2. Генетические диаграммы: А) зависимость между Ce/Ce^* и Nd (ppm); Б) зависимость между Ce/Ce^* и Y_{sn}/H_{osn}

Если рассмотреть расположение изучаемых объектов, то можно наблюдать зональный дефицит легких РЗЭ по мере их дальности (учитывая их генетическое происхождение). Железняки центральной части (окрестности

пос. Журавлевки) располагаются вблизи Соколово-Сарбайского скарнового железорудного месторождения, далее идут железняки северо-западной части, отобранные в искусственных обнажениях в окрестностях пос. Варваринское, и последним стоит Лисаковское месторождение руслового и дельтового генезиса. Под осадочным чехлом Тургайского прогиба в складчатом фундаменте широко распространены железорудные месторождения скарнового типа. Аятское и Лисаковское месторождение пространственно расположено над Ломоносовским и Соколово-Сарбайским месторождением, где в пострудных разломах развиты минералы бария, цинка меди никеля и редких земель. Что может указывать на генетическую связь осадочных и скарновых железорудных месторождений Тургайского прогиба.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWW-2023-0010)

Литература

1. Максимов П. Н., Рудмин М. А. Минералого-геохимические особенности верхнемеловых морских железняков аятской свиты (Тургайский прогиб) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – №. 5. – С. 70-80.
2. Формозова Л. Н. Железные руды Северного Приаралья // Труды ГИН АН СССР. Геологическая серия. 1959. Т. 20. С. 444.
3. Тетерев, Г.М. Геология СССР. Тургайский прогиб. Часть 2. Полезные ископаемые. Недр, Москва. 1975. Том 34
4. Яницкий А.Л. Оligоценовые оолитовые железные руды Северного Тургая и их генезис. – Москва: Издательство Академии наук СССР, 1960. – С. 220.
5. Maximov P., Rudmin M. Origin of Upper Cretaceous marine ironstones of Ayat Formation (Turgay depression, Northern Kazakhstan) // Solid Earth Sciences. – 2023. – Т. 8. – №. 1. – С. 1-11.
6. Rudmin M. et al. Origin of Oligocene channel ironstones of Lisakovsk deposit (Turgay depression, northern Kazakhstan) // Ore Geology Reviews. – 2021. – Т. 138. – С. 104391.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ РУДНОГО ВЕЩЕСТВА ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ ТУРГАЙСКОГО ПРОГИБА (СЕВЕРНЫЙ КАЗАХСТАН)

Максимов П.Н.

Научный руководитель доцент Рудмин М.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Тургайский прогиб до сегодняшнего дня остается объектом многочисленных исследований. В пределах территории Тургайского прогиба, в северной части разведаны крупнейшие месторождения оолитовых железных руд аятского (верхний мел) и лисаковского (средний олигоцен) типа. При этом источником металла для данных месторождений по сей день обсуждается на платформе фундаментальных геологических исследований [1–6]. В силу широкого распространения интрузивных комплексов базитового состава в сопряжении с Тургайским прогибом, многие предшественники заключали, что потенциальными источниками металла служили коры выветривания, преимущественно горные массивы Южного Урала [2, 4]. Территория Тургайского прогиба, его северная часть осложнена многочисленными разрывными нарушениями, сопрягающимися северо-восточного и северо-западного направления. Однако, тектоническая часть складчатого фундамента изучаемой территории нуждается в детализации. Поскольку источниками металла могли служить вверх диффундирующие потоки водных растворов, которые проникали по ранее образованным разрывным нарушениям.

Цель данной работы заключается в изучении тектонической основы, приуроченной к складчатому фундаменту и выявлении потенциальных источников металлов для осадочных месторождений железа, связанных с древними разрывными нарушениями при помощи дешифрирования космических снимков. В качестве исходных данных для дешифрирования был использован 9-и каналный космический снимок «Landsat 8» с разрешающей способностью до 15 м. (8-ой канал). В качестве платформы для обработки снимков была использована геоинформационная программа «ArcGis». Подготовка к обработке снимков проводилась с помощью программы «MathLab». Для интерпретации и корреляции полученных данных были скачаны геологические карты 1-го поколения масштаба 1:200000. Для драпировки цифровой модели рельефа северной части Тургайского прогиба по данным SRTM-снимков был использован дополнительный модуль «ArcScene» на базе ПО «ArcGis».

В результате выполненной работы был отдешифрирован космический снимок системы «Landsat 8», снятый в 2021 году. Дешифрирование проведено в северо-западной части Кустанайской области северной части Тургайского прогиба (Северный Казахстан). Рассматриваемая территория на востоке примыкает к Южному Уралу. На представленной схеме (рис.) выделены линеаменты северо-восточного и северо-западного направления по азимуту 750. Структурные линии предположительно указывают на простирание рудоконтролирующих разрывных нарушений. Линеаменты опознавались по тональным различиям смежных площадей, которые в основном коррелируются с простиранием Тобольского водохранилища. Сопоставление выделенных линеаментов и карты месторождений северного Тургая показывает закономерность в распространении как скарновых, так и осадочных месторождений таких, как Соколово-Сарбайское, Аятское, Лисковское и Кировское.

Расположение Аятского месторождения на поверхности сопрягающихся между собой линеаментов дает возможность пересмотреть механизм поступления металлов в морской бассейн. Насыщение морской воды рудными веществами могло происходить путем поступления термальных вод по древним (потенциальным) разрывным нарушениям. Данный механизм поступления металлов также подтверждают генетические диаграммы по валовым химическим составам железняков [1, 5, 6]. Под осадочным чехлом Тургайского прогиба распространены