

**Вопросы генетической принадлежности железо-редкометалльное-редкоземельного
месторождения Баян-Обо**

Issues of genetic accessories of iron-rare-metal-rare-land deposits of the Bayan-Obo



УДК 553.065.3

DOI 10.24411/2413-046X-2019-15008

Ду Чжунхун,

*(КНР), аспирант, Российский Государственный Геологоразведочный Университет, 117997
Москва ул. Миклухо-Маклая д.23 email dgldzh@gmail.com*

Du Junhun

*(China), Postgraduate Student, Russian State Geological Prospecting University, 117997
Moscow, ul. Miklouho-Maclay d.23*

Аннотация. Месторождение железоокисно-ниобиеворедкоземельных руд Баян-Обо до сих пор не исследовано в полном объеме, но официально считается одним из крупнейших месторождений данного состава руд. Данные разведывательного бурения, физико-химический и изотопный анализ к настоящему времени не позволили полностью ответить на вопрос о генетической принадлежности руд, но позволили выявить некоторые аномальные процессы, которые привели к образованию столь крупного месторождения крайне нетипичной для региона формы и структуры.

Summary. The iron-niobium-rare-earth ore deposit Bayan-Obo has not yet been fully explored, but is officially considered one of the largest deposits of this composition of ores. The data of exploratory drilling, physicochemical and isotopic analysis so far did not allow to fully answer the question about the genetic identity of ores, but allowed to identify some anomalous processes that led to the formation of such a large field of extremely unusual for the region shape and structure.

Ключевые слова: месторождение, редкие земли, рудное тело, Баян-Обо.

Keywords: deposit, rare earths, ore body, Bayan-Obo.

Месторождение железоокисно-ниобиеворедкоземельных руд Баян-Обо расположено в пределах горного массива Иншань, приуроченного к западной части территории автономного района Внутренней Монголии (Китай), в 150 км к северу от г. Баоту. Открытие

месторождения – двух сближенных магнетитовых горы – было сделано 1927 г. группой ученых, возглавляемых китайским геологом Динь Дао-хенгом. В начале 1930-х годов минералогом Хе Зу-линь было сделано открытие, что породы представлены магнетитовыми с флюоритом рудами минералов редких земель [4]. Разведка, изучение и разработка месторождения в небольших объемах велась до начала 1980-х годов, далее наступает период, когда интерес к Баян-Обо распространился по всему миру, что привело к значительному росту масштабов разработки.

Исследования, проведенные в последние несколько лет, подтвердили уникальность рудного района Баян-Обо, как содержащего порядка 80 % от объемов мировых запасов промышленных руд редких земель [1]. В теле месторождения обнаружено порядка 170 минералов, включая 15 новооткрытых. Расположение данного рудного района приурочено к пределам краевого поднятия Внутренней Монголии – это активизированная периферическая широтная структура Северо-Китайской плиты (Сино-Корейского кратона), на северной границе которой располагается Центрально-Азиатский складчатый (геосинклинальный) пояс [2]. Плитотектоническая позиция района занимает пространство между Северо-Китайской континентальной плитой и герцинской океанической плитой Внутренней Монголии [4]. Состав древнего ядра поднятия Внутренней Монголии архейской серии Цзинин и Улашань представлен сложными комплексами метаморфических пород гранулитовых фаций, включающих гнейсы и кристаллические сланцы, интенсивно гранитизированные и мигматизированные [3]. Ими образованы структуры гнейсовых куполов, обрамленных составляющими серию Утай минералами (раннепротерозойский гнейс, метавулканит и метаосадки амфиболитовой фации, включающие пласты железистых кварцитов).

Верхнюю часть нижнего протерозоя представляет серию Хуто – это метаморфизованные в зеленосланцевой фации разные по составу флишоидные осадки (песчано-сланцевые, вулканогенно-терригенно-карбонатные). Для комплексов архея – нижнего протерозоя обнаруживается интродуцированность тел гранита и пегматита, в том числе встречаются редкоземельные включения [2], возраст которых датируется 1950 ± 50 млн лет. Для этого периода (орогений Сээртаньшань), согласно гипотезам большинства ученых, характерно завершение формирования фундаментов Сино-Корейского кратона в северной его части, которая включает поднятие Внутренней Монголии. В толще метаморфического гранитизированного фундамента при резком угловом несогласии встречаются скопления слабометаморфизованных карбонатно-терригенных осадков серии Баян-Обо, относимых к системе Чанчен раннего рифея (среднего протерозоя [1]). Для серии

характерна значительная изменчивость мощности и составов для различных локализованных структур. В состав карбонатных пород серии входят строматолиты *Sporophyton*, возраст которых согласно изотопным датировкам по средним и верхним частям серии датируется отметкой 1520 млн лет [3]. Л. Дрю и соавторы [4] отмечали, что возраст серии Баян-Обо достигает приблизительно 1650–1350 млн лет. Пределы мощности осадочных пород серии в пределах площади рудного района достигают 1200–2000 м, в серии выделены девять пачек.

Структура кровли серии Баян-Обо отличается размытостью, для самой серии характерно наличие серия узких складок субширотного простирания, пронизанных включениями многочисленных интрузий герцинских гранитоидов, а в северном направлении от площади рудного поля рассеянная зоной чешуйчатых надвигов. Состав интрузии представлен щелочными гранитами и гранодиоритами, возраст которых определяют в пределах 250–260 млн. лет (пермь) и, по данным разведывательных исследований, этими породами сложена структура крупного батолита, содержащегося в объемах провисов кровли осадки серии Баян-Обо [2]. Для экзоконтактов характерно развитие зон кальцит-силикатных роговиков в ширину достигающих 100 м. Наличие пространственной связи между пластовыми железно-редкоземельными рудами Баян-Обо и ареала герцинских гранитов вплоть до 1980-х годов исключала любые сомнения в генетической связи оруденения с постгранитной гидротермальной деятельностью, приходящейся на конец позднего палеозоя. Площадь, охватываемая рудным полем Баян-Обо, имеет размеры 18 × 3 км, отличается вытянутой в широтных направлениях формой и выраженным в геофизическом поле наличием сильных магнитных, гравитационных и умеренных радиоактивных аномалий.

Структура рудного поля представлена двумя крупными компактными магнетит-редкоземельными залежами – рудными телами Главное (1500 × 250 м) и Восточное, а также 16 более мелкими магнетитовыми телами в пределах Западного участка. Л. Дрю с соавторами [2] предполагают, что величина суммарных запасов месторождения достигает 1,5 млрд. т. по железу и 37 млн. т. по окислам редких земель. Предполагается, что величина содержание окислов редких земель может быть меньше 2–3 раза, так как данные, полученные последним разведывательным бурением, показали, что всю доломитовую пачку Н8 в объеме рудного необходимо рассматривать как кондиционную руду редких земель при среднем содержании суммы их окислов порядка 2,5 % [3]. Отметим, что количественная оценка запасов ниобиевой руды в литературных источниках не приводятся, что не исключает их рассмотрение, как очень крупных [4].

Для пластовых и линзовидных рудных залежей (тип стратабаунд) характерна локализация в пределах доломитов пачки Н8 и перекрывание пачкой черных сланцев Н9 [1]. Сложение рудовмещающей пачки состоит из слоистых тонко- и грубозернистых мраморизованных железистых доломитов, в составе которого обнаруживаются редкие остатки онколитов, примеси кварцевого песка и маломощные прослойками кварцитов. В пределах восточного фланга рудного поля [3], вне пределов месторождения, на стратиграфическом уровне рудовмещающих доломитов содержатся кислые вулканические породы – субаквальные лавы и туфы. Рудные тела отличаются массивной или полосчатой текстурой, состоят из магнетита и гематита с переменными количествами флюорита, монацита, бастнезита, эшинита, колумбита, апатита, альбита, барита, калишпата, эгирина, карбонатов, биотита и целого ряда менее распространенных минералов.

По результатам приведенных анализов на содержание суммы окислов редкоземельных элементов показало содержание от 1,5 до 9,0 %, учитывая отношение суммы легких редкоземельных элементов и суммы тяжелых редкоземельных элементов (включая иттрий) от 41 до 62, то есть, элементарно сделать вывод о выраженности обогащенностью легкими РЗЭ чрезвычайно резко. Согласно исследованию группы ученых при изучении большинства образцов, отсутствуют свидетельства о замещении карбонатных минералов были замещены минералами редкоземельных элементов, что указывает на их совместное отложение. Для тонкозернистых структур минералов железа и редкоземельных элементов (с размером зерен менее 50 мкм) характерна идентичная степень преобладания в рудах, что и у тонкослойчатых, полосчатых, прерывисто-полосчатых текстур руд [3]. Иногда наблюдаются микроскладки, структуры смятия. Данных исследований минеральных парагенезисов позволяют сделать вывод, что к наиболее ранним вкраплениям можно отнести монацитовую минерализацию, возможно, синхронную с вмещающими доломитами, что подтверждают изотопные датировки 1,4–1,8 млрд. лет. [3]. Далее ученые отмечают фазу вкрапленной и полосчатой магнетитовой минерализации и несколько более поздней гематитовой.

Отложение основных окислов железа относят к стадии, на которой формировались наиболее богатые тонкозернистые и тонкослойчатые монацит-бастнезитовые руды, отличающиеся широко проявленными структурами метасоматического замещения [3]. К более поздней редкоземельной минерализации относят осаждение крупнозернистого монацита, бастнезита, эшинита, хуанхэита (фторкарбонат бария и редких земель) и ассоциирующего с ними эгирина. Датирование данного эпизода оруденения датирован с привлечением U-Pb и Sm-Nd изохронных методов относится к отметке 430 млн. лет., на

данную отметку приходится каледонская минерагения [3]. В составе позднего постскладчатого (постколлизийного) оруденения отмечается наличие окислов железа и редкоземельных элементов, ассоциированных с сульфидами (пиритом, пирротинном, галенитом, сфалеритом), калишпатом, кремнеземом, микроклиновыми пегматитами и кальцитовыми жилами [3]. Многочисленные датировки этой стадии 280–230 млн лет [3].

Результаты изотопных исследований С. Накаи и др. позволили говорить о мантийном источнике редкоземельных элементов в пределах залежей Баян-Обо [3]. Но результаты, полученные группой ученых, возглавляемой Е. Чао, полностью отрицают данную гипотезу, считая, что рудовмещающий доломит не относится к карбонатиту, являясь типичной осадочной породой, метаморфизованной впоследствии, на которую в течении позднего протерозоя происходило последовательное наложение связанных между собой генетически стадий гидротермально-метасоматического железоокисного и редкоземельного оруденения. Необходимо отметить, что данные гипотезы о различных источниках железа и редкоземельных элементов в рудах Баян-Обо не разделяют другие исследователи. Ян Цонсин с группой ученых высказали предположение, что для рудообразующих процессов на Баян-Обо характерны полифазность, но основной этап оруденения происходил в раннем рифее (среднем протерозое). Данный процесс происходил за счет привноса вверх рудообразующего материала в формации вулканической эксгаляции и с последующей седиментацией и образованием рудных тел, которые генетически могут быть отнесены к щелочно-карбонатитовому типу.

С. Хок [1] также разделяет представления о наличии вулканического щелочно-карбонатитового источника оруденения при условии широкого диапазона условий при его отложении: эксгаляционно-осадочный в подводной обстановке и гидротермально-метасоматический, наложенный на литифицированные осадки. Ряд исследователей [2, 4] особо подчеркивают широкое развитие околорудных гидротермальных изменений в связи с залежами Баян-Обо натриевого типа (альбит + натриевые амфиболы и пироксены) в лежащем боку и калиевого типа (калишпат + биотит) в сланцах висячего бока.

Основываясь на всем вышесказанном, становится очевидно, что остается еще множество нерешенных вопросов о генезисе рассматриваемого месторождения.

Список литературы

1. Кириллов В.Е., Горошко М.В., Соломатин Г.Б. Тантал, ниобий и бериллий в аргиллизированных вулканитах Улканского прогиба // Тр. ассоциации «Дальнедра». Вып. 2. – Хабаровск, 1992. – С. 86–92.

2. Кубанцев И.А. К истории открытия месторождения Олимпик-Дам // Руды и металлы. 2007. № 4. – С. 58–61.
3. Онтоев Д.О. К проблеме генезиса комплексного железо-редкоземельного месторождения Байон-Обо (МНР) // Геология рудных м-ний. 1990. № 4. – С. 27–36.
4. Салоп Л.И. Геологическое развитие Земли в докембрии. – Л.: Недра, 1982. – 343 с.

References

1. Kirillov V.E., Goroshko M.V., Solomatin G.B. Tantalum, niobium, and beryllium in argillaceous volcanics of the Ulkan trough. "Dalnedra" Association Proceedings. Khabarovsk. 1992. Iss. 2, pp. 86–92. (In Russian).
2. Kubantsev I.A. On the history of Olympic Dam discovery. Rudy i metally. 2007. No 4, pp. 58–61. (In Russian).
3. Ontoev D.O. Towards the genesis issue of complex ironrare earth deposit Bayan-Obo (MPR). Geologiya rudnykh mestorozhdeniy. 1990. No 4, pp. 27–36. (In Russian).
4. Salop L.I. Geologicheskoye razvitiye Zemli v dokembrii [Geological evolution of the Earth during the Precambrian]. Leningrad: Nedra. 1982. 343 p.