

**РЕДКИЕ ЗЕМЛИ В ПОРОДАХ И МИНЕРАЛАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
АРКАЧАН И МАНГАЗЕЙСКОЕ КЫСЫЛ-ТАССКОЙ
МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ, ЗАПАДНОЕ ВЕРХОЯНЬЕ**

О.В. Викентьева¹, Г.Н. Гамянин^{1,2}

1– Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, 119017 Москва, Старомонетный пер., 35, Россия;

2– Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 677980, Якутск, проспект Ленина, 39, Россия

Рассмотрено распределение РЗЭ в породах и минералах для крупных месторождений Кысыл-Тасской металлогенической зоны – золоторудного Аркачан и сереброполиметаллического Мангазейское. Показано, что при гидротермальном изменении вмещающих пород происходит увеличение суммарных концентраций РЗЭ. Величина отношения La/Yb указывает на преобладание процессов сорбции лантаноидов во флюиде при изменении пород и при образовании кварца рудных жил; при кристаллизации карбонатов возрастает роль механизмов комплексообразования. Карбонаты месторождения Мангазейское характеризуются невысокими содержаниями РЗЭ по сравнению с карбонатами месторождения Аркачан. Распределение РЗЭ в карбонатах месторождения Мангазейское определяется кристаллохимическим контролем, тогда как для карбонатов месторождения Аркачан оно вероятно зависит от состава гидротермального флюида. Во всех карбонатах Мангазейского месторождения обнаружена положительная аномалия европия, что свидетельствует о низкотемпературных (<200 °С) условиях их образования. На месторождении Аркачан и для карбонатов, и для кварца характерна отрицательная аномалия европия, что указывает на более высокую температуру рудообразующих флюидов >200 °С.

РЗЭ, аномалия Eu, карбонаты, условия образования, месторождения золота и серебра

**RARE EARTH IN THE ROCKS AND MINERALS FROM ARKACHAN AND
MANGAZEYSK DEPOSITS OF KYSYL-TASSK METALLOGENIC ZONE,
WESTERN VERKHOYANYE**

O.V. Vikentjeva, G.N. Gamyenin

The REE distribution in rocks and minerals for large deposits of Kysyl-Tassk metallogenic zone (Au Arkachan and Ag Mangazeysk) is discussed. It is shown that the hydrothermal alteration of host rocks is accompanied by an increase in the total REE concentrations. The La/Yb ratio indicates that the mechanisms of sorption were dominated during host rock alteration and the crystallization of ore vein quartz. The role of mechanisms of complex formation increase during late carbonate formation. REE contents in carbonates of Mangazeysk deposit are low compared with these of carbonates of Arkachan deposit. The REE distribution in carbonates of Mangazeysk deposit is ruled by crystallographic control, while the REE distribution in carbonates of Arkachan deposit probably depends of the composition of hydrothermal fluid. Positive Eu anomaly presents in all carbonates Mangazeysk deposit, indicating the low-temperature (<200°C) conditions of their formation. Negative Eu anomaly is detected in carbonates and quartz of Arkachan deposit, pointing to a higher temperature of ore-forming fluids >200°C.

REE, Eu anomaly, carbonates, formation conditions, gold and silver deposits

В западной части Западно-Верхоянского синклиория выделяется Кысыл-Тасская структурно-металлогеническая зона, в пределах которой развиты многочисленные касситерит-сульфидные серебросодержащие, сереброполиметаллические и золоторудные рудопроявления и месторождения. Близ осевой части антиклинальной структуры располагается золото-висмут-сидерит-полисульфидное месторождение Аркачан, а на ее восточном крыле локализуется сереброполиметаллическое месторождение Мангазейское. Эти крупные месторождения можно считать эталонными для данной зоны. Площадь месторождения Аркачан сложена песчано-сланцевыми породами каменноугольного и пермского возраста, собранными в систему асимметричных складок с крутыми ($40-60^\circ$) восточными и пологими ($20-30^\circ$) западными крыльями. Месторождение локализуется в кровле нескрытого (2,7–2,4 км) гранитоидного интрузива. Рудные тела месторождения – протяженные (> 2 км) линейные штокверки мощностью до 70–100 м с маломощными 0,1–3 см, реже до 5–10 см кварц-сидерит-сульфидными прожилками. Месторождение Мангазейское расположено в зоне влияния Ньюектаминской глубинного разлома среди песчано-сланцевых толщ Верхоянского комплекса с диапазоном возраста от среднего карбона до средней юры. Магматические образования представлены Эндыбальским штоком гранит-порфиров и различными по составу дайками. Рудные тела месторождения представлены субвертикальными зонами минерализации (мощностью до 10 м), секущими (до 1 м) и послойными (до 50 см) жилами.

На месторождении Мангазейское выделяется несколько генетических типов оруденения: 1 – гидротермально-метаморфогенная убого-сульфидная минерализация, рассеянная по всей площади; 2 – жильное золото-висмутовое оруденение, локализующееся в пределах Эндыбальского экструзивного штока; 3 – касситерит-сульфидное оруденение, приуроченное к субвертикальным зонам разломов; 4 – сереброполиметаллическое оруденение, представленное субпластовыми жилами с комплексом разнообразных Ag–Pb–Sb минералов. Все типы минерализации в основном пространственно разобщены, но выше отмеченная последовательность их формирования подтверждается пересечением и цементацией ранних образований более поздними.

Крупное золотое месторождение Аркачан по своему составу и геохимическим особенностям не имеет аналогов в Яно-Колымской золотоносной провинции. Для рудных тел характерно последовательное отложение кварца, пирротина, пирита, арсенопирита, халькопирита, сидерита, комплекса висмутовых минералов и поздних карбонатов (анкерит, кальцит). На площади месторождения выявлены редкие жилы с сереброполиметаллической минерализацией, секущие золотоносные и наиболее молодые жилы криптозернистого кварца с Ag–Sb минерализацией. Все выделенные генетические типы рудной минерализации, кроме гидротермально метаморфогенного и серебросурьмяного, являются производными функционировавших 115–90 млн лет назад оловорудных рудно-магматических систем.

Нами проведено сравнительное изучение поведения РЗЭ в разновременных рудообразующих парагенезисах этих месторождений. Содержания лантаноидов определялись в породах (ИНАА, ИГЕМ РАН) и минералах разных рудных зон (ICP-MS,

карбонаты – ИГЕМ РАН, кварц – ИТиГ ДВО РАН). Распределение РЗЭ во вмещающих породах обоих месторождений – алевролитах и песчаниках, а также в интрузивных породах. Содержания РЗЭ в неизмененных алевролитах почти на порядок выше, чем в неизмененных песчаниках (171,8 г/т и 87,1 г/т, соответственно). В измененных разностях суммарные концентрации возрастают и изменяются от 156 до 202 г/т и от 101 до 198 г/т, соответственно для алевролитов и песчаников. Уровень концентраций одинаков для обоих месторождений. И алевролиты ($La/Yb = 7,1-14,8$), и песчаники ($La/Yb = 8,4-9,4$) обогащены легкими лантаноидами и имеют слабую отрицательную аномалию европия ($Eu/Eu^* = 0,7-0,9$). Спектры распределения РЗЭ в гранитоидах довольно однородны, суммарные концентрации невысокие – 58–69 г/т. Все изученные породы обогащены легкими лантаноидами. Дифференциация среди последних незначительна. В песчаниках при наличии сульфидизации и кварцевых прожилков отмечено увеличение отношения La/Yb и незначительная положительная аномалия европия ($Eu/Eu^* = 1,4$).

Распределение РЗЭ в кварце изучено для разных типов минерализации обоих месторождений (рис. 1). Показательно, что для кварца сереброполиметаллической минерализации и месторождения Аркачан, и месторождения Мангазейское уровень концентрации лантаноидов одинаков – ~6 г/т и 4,1–7,2 г/т, соответственно. Для этого кварца получены схожие пологие близгоризонтальные спектры ($La/Yb = 1,4-1,7$, $La/Sm = Gd/Yb = 1,0-1,4$ – Аркачан; $La/Yb = 1,2-1,7$, $La/Sm = 1,3-1,5$, $Gd/Yb = 1,1-1,2$ – Мангазейское) с отрицательной аномалией европия ($Eu/Eu^* = \sim 0,6$). Для раннего безрудного кварца месторождения Аркачан суммарные концентрации и распределение лантаноидов схожи с продуктивным кварцем. На Мангазейском месторождении в раннем дорудном кварце концентрации РЗЭ на порядок ниже – 0,1–0,3 г/т, и существеннее дифференциация между легкими и тяжелыми лантаноидами ($La/Yb=5-11$).

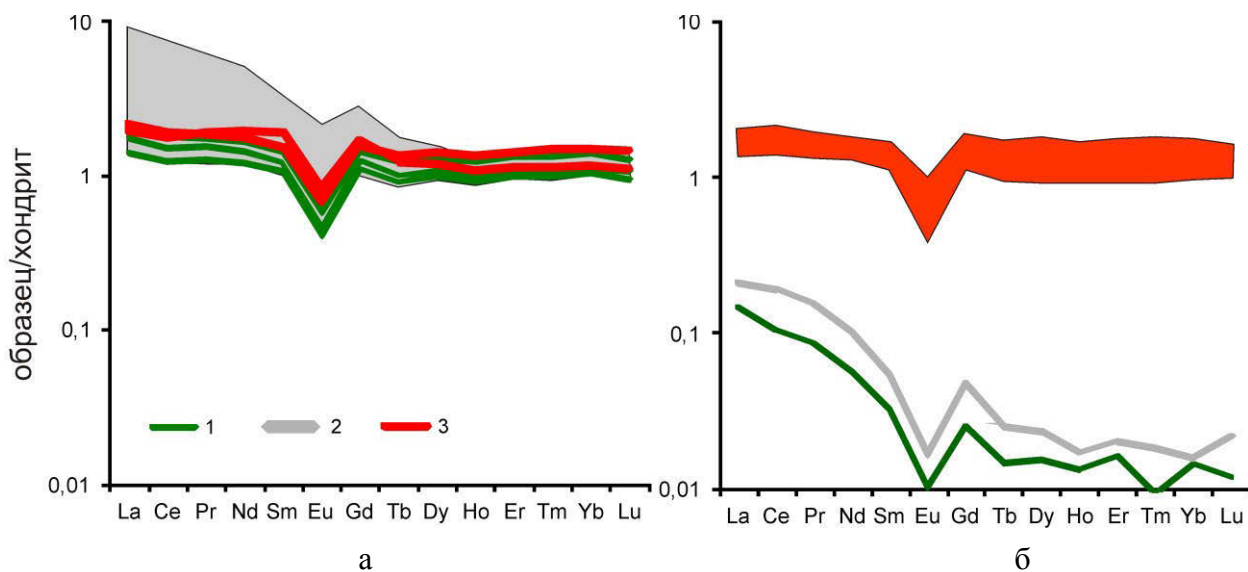


Рис. 1. Распределение РЗЭ в кварце месторождений Аркачан (а) и Мангазейское (б).

1– дорудный кварц, 2– золото-висмутовая минерализация, 3– серебро-полиметаллическая минерализация.

Для месторождения Аркачан изучено распределение РЗЭ в карбонатах (сидерите, анкерите, кальците) рудных жил, а также в раннем дорудном анкерите. Максимальные суммарные концентрации обнаружены в позднем кальците (2838–2984 г/т), на 1–2 порядка они ниже в анкерите (24,6–593 г/т) и минимальны в сидерите (3,1–124 г/т). Дорудный анкерит, в отличие от рудного анкерита, содержит высокие концентрации лантанидов (83–593 г/т) и обогащен тяжелыми РЗЭ. Дифференциация и среди легких, и среди тяжелых РЗЭ незначительная. Для рудных карбонатов суммарные концентрации РЗЭ существенно возрастают от ранних к поздним (сидерит→анкерит→кальцит). Кроме того, обнаружены различия в распределении РЗЭ в карбонатах из жил разных рудных зон. Так, сидериты и анкериты рудной зоны 2 содержат пониженные концентрации РЗЭ по сравнению с этими минералами других рудных зон. В пределах рудных зон наметились вариации распределения РЗЭ в зависимости от минерального состава прожилков. Скорее всего, это связано с вариациями температуры минералообразования. Обогащение тяжелыми лантаноидами наблюдается при более низких температурах, что согласуется с более эффективным комплексообразованием РЗЭ в этих условиях. Кальцит обогащен легкими лантаноидами, в области легких РЗЭ спектр горизонтален ($La/Sm = 1,0–1,5$), а среди тяжелых РЗЭ отмечается значимая дифференциация ($Gd/Yb = 6,5–14,4$). В нем наблюдается отрицательная аномалия европия ($Eu/Eu^* = 0,3–0,5$).

Для Мангазейского месторождения изучено распределение РЗЭ в сидерите касситерит-сульфидной (сидерит I) и сереброполиметаллической (сидерит II) типов минерализации, а также в анкерите и кальците. По сравнению с Аркачаном на Мангазейском месторождении концентрации лантаноидов в карбонатах ниже. И в раннем, и в позднем сидерите уровень концентраций лантаноидов одинаков (0,5–5 г/т); для сидеритов обоих объектов характерно обогащение тяжелыми лантаноидами ($La/Yb = 0,01–0,9$) и положительная аномалия европия. Для анкерита суммарные концентрации РЗЭ выше – 30–238 г/т, он обогащен легкими лантаноидами – $La/Yb = 1,5–3,2$ и имеет более ярко выраженную положительную аномалию европия. Кальцит содержит 65–130 г/т Σ РЗЭ.

Таким образом, изучение распределения РЗЭ в породах и минералах крупных месторождений разных генетических типов в одной металлогенической зоне дает основание сделать следующие выводы:

- уровень концентраций РЗЭ во вмещающих породах одинаков для обоих месторождений. Относительно неизменных разностей в измененных породах происходит увеличение суммарных концентраций РЗЭ;

- величина отношения La/Yb указывает на преобладание процессов сорбции лантаноидов во флюиде при изменении пород и при образовании кварца рудных жил; при кристаллизации карбонатов возрастает роль механизмов комплексообразования;

- карбонаты месторождения Мангазейское характеризуются невысокими содержаниями РЗЭ по сравнению с карбонатами месторождения Аркачан. Распределение РЗЭ в карбонатах месторождения Мангазейское определяется кристаллохимическим

контролем, тогда как для карбонатов месторождения Аркачан оно вероятно зависит от состава гидротермального флюида;

– во всех карбонатах Мангазейского месторождения обнаружена положительная аномалия европия, что свидетельствует о низкотемпературных (<200 °С) условиях их образования. На месторождении Аркачан и для карбонатов, и для кварца характерна отрицательная аномалия европия, что указывает на более высокую температуру рудообразующих флюидов >200 °С.

– значимая отрицательная аномалия Се в раннем сидерите свидетельствует об окисленной природе растворов касситерит-сульфидного этапа месторождения Мангазейское.

Работа выполнена при поддержке проектов: РНФ – 14-17-00465; РФФИ – 12-05-623а, 12-05-98506-р_восток_a