

Магматизм Сорского Cu-Mo-порфирового месторождения (Хакасия): источники и механизмы эволюции

© *А. Н. Берзина, А. П. Берзина, В. О. Гимон*

Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск, Россия. E-mail: berzina@igm.nsc.ru

В развитии Сорской Cu-Mo-порфировой рудно-магматической системы выделяются два этапа. На первом этапе произошло становление гранитоидного плутона, на втором — рудоносных малых интрузий. Интрузивные тела каждого этапа сложены породами габброидной, монцонитоидной и лейкогранитовой ассоциаций с близкими петрогеохимическими характеристиками однотипных образований. Длительное функционирование рудно-магматической системы обусловлено неоднократным поступлением базитовой магмы (транспортера тепла, металлов и летучих) в основание коры. Источником базитовой магмы была мантия, преобразованная субдукционными флюидами. На каждом этапе развития системы кристаллизационная дифференциация базальтоидной магмы и частичное плавление юной мафической коры сопровождались формированием соответственно монцонитоидного и лейкогранитного расплавов, в процессе эволюции которых происходило перераспределение и концентрирование металлов с последующим выносом их флюидами и рудоотложением.

Ключевые слова: Сорское Cu-Mo-порфировое месторождение; механизмы формирования расплавов; источники базальтоидной и гранитоидной магм.

The Sora porphyry Cu-Mo deposit (Khakassia, Russia): magma sources and processes of magma evolution

A. N. Berzina, A. P. Berzina, V. O. Gimon

Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia. E-mail: berzina@igm.nsc.ru

Magmatic events, associated with porphyry Cu-Mo Sora deposit are characterized by two stage evolution. The evolution was initiated with plutonic granitoids and followed by repeated ore bearing porphyritic intrusions. Both plutonic and porphyry suites are composed of gabbroic, monzonitic and leucogranitic rocks. Plutonic and porphyritic samples with similar major element composition show comparable petrogeochemical characteristics. The prolonged evolution of the ore-magmatic system was related to repeated ascending of mantle-derived basaltic magmas, that transported heat, metals and volatiles to the bottom of the lower crust. Basaltic melts are interpreted to have been derived from a mantle metasomatized by subduction related fluids. Monzonitic rocks were derived via differentiation of basaltic magma, whereas leucogranites originated from a partial melting of a juvenile mafic lower crustal source. Magmatic evolution of both stages was accompanied by remobilization, accumulation and following removal of ore elements by exsolving fluids, promoting ore deposition.

Keywords: Sora porphyry Cu-Mo deposit; processes of melt generation; basaltic and granitic magma sources.

В развитии Сорской рудно-магматической системы (РМС) выделяются два этапа, соответствующие становлению Уйбатского плутона с бедной рассеянной минерализацией и малых интрузий с крупнообъемным Cu-Mo-порфировым оруденением. Плутон и малые интрузии сложены породами габброидной, монцонитоидной, лейкогранитовой ассоциаций с близкими петрогеохимическими характеристиками однотипных образований.

Магматические породы в целом относятся преимущественно к субщелочной серии (по сумме Na_2O и K_2O) и высоко К известково-щелочной серии (по содержанию K_2O). Во всех породах отмечаются повышенные содержания литофильных элементов-примесей. Габброиды представлены небольшими телами, залегающими среди гранитоидов плутона, и предрудными дайками малых интрузий. В составе плутона доминируют монцонитоиды; лейкограниты уступают им по площади распространения. Среди рудоносных малых интрузий доминируют гранит-порфиры, которые подразделяются на порфиры I и порфиры II. На месторождении также широко распространены пострудные дайки диабазов и ортофиоров.

Габброиды Соры являются производными известково-щелочной дифференцированной базальтоидной магмы ($\text{Mg}^\#$ от 78 до 52). Мультиэлементные спектры габброидов плутона, малых интрузий и пострудных даек (рис. 1) — типичные для надсубдукционных магматитов. Согласно им источником базитовой магмы была мантия, метасоматически преобразованная субдукционной компонентой. Преобразование мантии, согласно положительным аномалиям Ba и отрицательным Th на спектрах микроэлементов габброидов произошло вследствие воздействия на них субдукционных флюидов. Модельные возрасты ($T_{\text{Nd}}(\text{DM})$) от 0.7 до 1.1 млрд лет) габброидов в целом предполагают, что метасоматоз мантии произошел в неопротерозе. Постоянное присутствие в габброидах амфибола, содержа-

щего включения рудных минералов, свидетельствует об обогащении мантии летучими и металлами. Габброиды Сорского месторождения характеризуются положительными значениями $\epsilon_{Nd}(T)$. В габброидах плутона они составляют 1.7 и 2.1, в предрудных дайках 6.5, в пострудных дайках 5.0. Значения $^{87}Sr/^{86}Sr(T)$ составляют в габброидах плутона 0.7044, 0.7038, в предрудных дайках 0.7034, в пострудных дайках диабазов 0.7044. На диаграмме $\epsilon_{Nd}(T)-^{87}Sr/^{86}Sr(T)$ точки изотопных составов габброидов расположены вблизи мантийного тренда (рис. 2). По изотопному составу Nd источники базитовой магмы соответствуют слабо обогащенному при становлении малых интрузий и пострудных даек и умеренно обогащенному при формировании плутона. Некоторое отклонение точек изотопных составов от мантийного тренда указывает на участие коровой компоненты, роль которой в составе габброидов не была существенной.

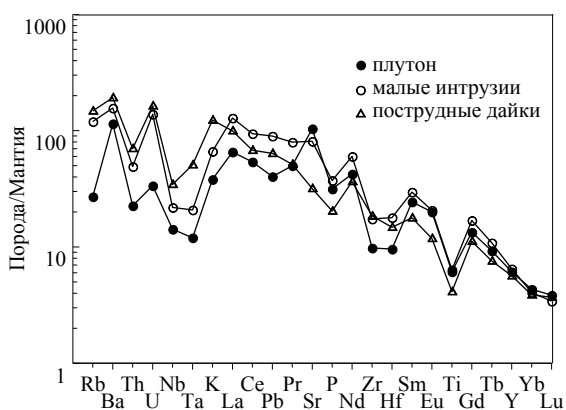


Рис. 1. Мультиэлементные спектры габброидов месторождения.



Рис. 2. Изотопные составы Sr и Nd магматических пород месторождения.

Величина $\epsilon_{Nd}(T)$ рассчитана на возраст 470 млн лет (по данным U-Pb датирования циркона).

Гранитоиды месторождения в целом наследуют геохимические характеристики предшествующих габброидов. Мультиэлементные спектры гранитоидов плутона и малых интрузий аналогичны спектрам габброидов. По изотопному составу Nd и Sr выделяются две группы гранитоидов (рис. 2). Одна группа включает лейкограниты плутона, монцитодиоритовые порфириты и гранит-порфиры I малых интрузий, изотопные составы Nd и Sr которых близки к таковым габбро плутона. Ко второй группе относятся монцитониты плутона, гранит-порфиры II и пострудные ортофиры, значения $\epsilon_{Nd}(T)$ которых ($3.0 \leq \epsilon_{Nd} \leq 4.1$) значительно выше таковых в габбро. При этом изотопные составы Sr монцитонитов, гранит-порфиров II и габбро близки: соответственно 0.7040–0.7043 и 0.7038–0.7044.

Положительные значения $\epsilon_{Nd}(T)$ гранитоидов в целом и положение их составов вблизи мантийного тренда свидетельствуют о существенной роли мантийной компоненты в их формировании. Значительная доля мантийной компоненты характерна для гранитоидов, материнские расплавы которых сформировались в процессе частичного плавления базальтоидов или кристаллизационной дифференциации базальтоидной магмы. В случае плавления базальтоидов связь гранитоидов с мантией опосредована через юную мафическую кору, наращивающую снизу континентальную кору при поступлении базальтоидной магмы. При развитии Сорской РМС в плавление могла вовлекаться кора, сформировавшаяся на субдукционном и аккреционно-коллизционном этапах развития региона. Субдукционные образования нижней коры в прилегающих к месторождению районах представлены мощными терригенно-карбонатными толщами. Эффузивы, преимущественно кислого и среднего состава, довольно редки. Протолитом гранитоидов месторождения могли быть базальтоиды в низах коры, в частности, комагматы предшествующих габброидов, а для малых интрузий также комагматы габброидов Уйбатского плутона. Как отмечалось выше, ϵ_{Nd} габброидов месторождения свидетельствуют о неоднородном составе мантии. Выделенные по изотопному составу Nd две группы гранитоидов, очевидно, являются следствием плавления базальтоидов в низах коры — производных разных по составу мантийных источников.

Автономные поля гранитоидов, лейкогранитов и гранит-порфиров относительно монцитонитов на диаграмме щелочи– SiO_2 (рис. 3) и $\epsilon_{Nd}(T)-^{87}Sr/^{86}Sr(T)$ (рис. 2) предполагают отсутствие между ними прямой генетической связи и, следовательно, независимое развитие их материнских магм.

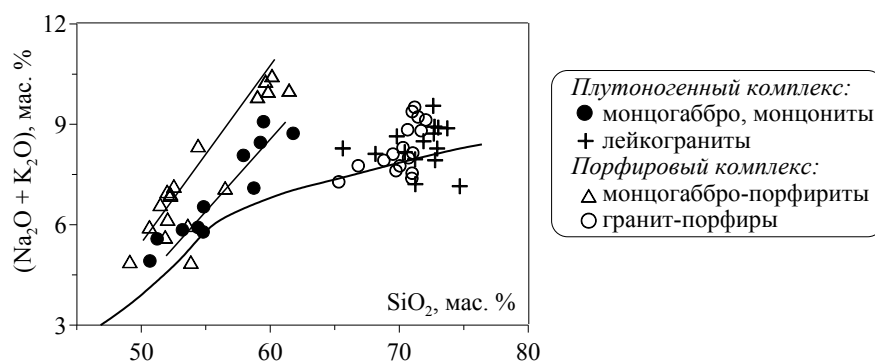


Рис. 3. Диаграмма $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ для магматических пород месторождения. Кривая — граница породных ассоциаций нормальной и повышенной щелочности.

На диаграмме La-La/Sm (рис. 4) составы монцонитоидов плутона и малых интрузий образуют последовательности, параллельные тренду кристаллизационной дифференциации, а составы кислых магматитов — параллельные тренду частичного плавления.

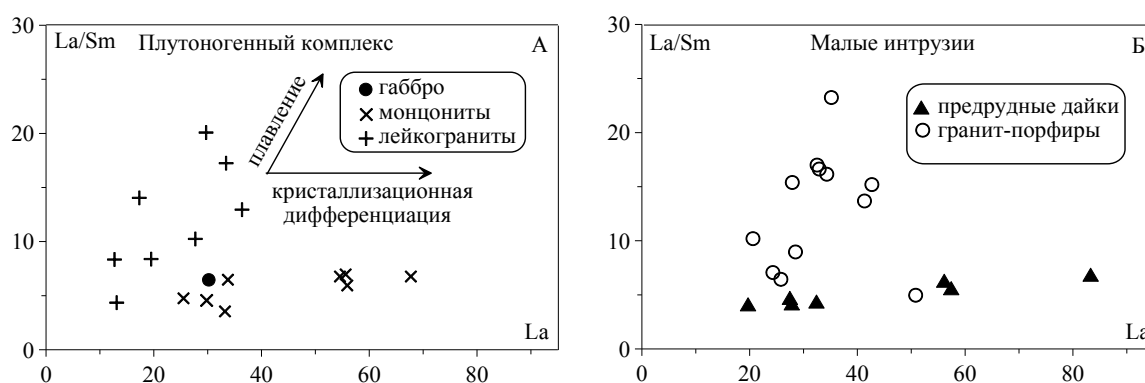


Рис. 4. Диаграмма La/Sm — La для пород плутогенного комплекса (А) и малых интрузий (Б) месторождения.

Низкие содержания SiO_2 и высокие MgO (около 54 и 8%, соответственно) в наиболее примитивных монцонитоидах указывают на то, что монцонитоиды являются производными дифференцированной базальтоидной магмы. Таким образом, монцонитоиды и лейкограниты (+гранит-порфиры) являются производными разных источников и разных механизмов формирования расплавов: соответственно кристаллизационной дифференциации базальтоидной магмы и плавления юной мафической коры. Кристаллизационная дифференциация и частичное плавление — процессы, благоприятные для перераспределения металлов и их концентрирования в процессе эволюции расплавов, завершающимся отделением рудоносных флюидов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-05-00921).

Берзина Анита Николаевна, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск.