

ЧАСТЬ 3. ПАЛЕООКЕАНИЧЕСКИЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ И МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

М.А. Юдовская

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии РАН, г. Москва, Россия
Университет Витватерсранд, г. Йоханнесбург, Южная Африка
maiya@igem.ru*

Судьба магматических сульфидов при серпентинизации

М.А. Yudovskaya

*Institute of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and
Geochemistry RAS, Moscow, Russia
University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa*

The fate of magmatic sulfides during serpentinization

Abstract. Magmatic sulfides and related Pt mineralization exhibit diverse behavior during serpentinization. Example of mineralization in serpentinites of the Molopo Farms Complex (Botswana) shows the possibility of full dissolution of platinum group minerals and fixation of platinum group elements in solid solutions of secondary mineral assemblages of sulfides, arsenides, antimonides, and native metals.

Поведение магматических сульфидов и связанной с ними платинометальной минерализации при серпентинизации весьма разнообразно. Растворение и окисление сульфидов при высоких отношениях флюид/порода может не сказываться на сохранности минералов платиновой группы (МПГ), более устойчивых к окислению. Вместе с тем, МПГ в серпентинизированных хромититах и дунитах офиолитовых комплексов и не предполагают их первичной ассоциации с сульфидным расплавом в силу недосыщенности высокомагнезиальных магм по сере. В расслоенных интрузивах присутствие первичных сульфидов исключить нельзя даже для ультраосновных кумулатов, поэтому выделение вторичных сульфидных ассоциаций не всегда однозначно. Пример минерализации в серпентинитах комплекса Молопо Фамс показывает возможность полного растворения МПГ при фиксации элементов платиновой группы (ЭПГ) в твердых растворах вторичных минеральных ассоциаций сульфидов, арсенидов, антимонидов и самородных металлов.

Комплекс Молопо Фамс (МФК) расположен примерно в 200 км к западу от комплекса Бушвельд и локализован в кварцитах и углистых сланцах супергруппы Трансвааль с возрастом 2.6–2.06 млрд лет. Возраст кристаллизации МФК составляет 2.056 млрд лет и идентичен возрасту комплекса Бушвельд [Beukes et al., 2019]. Большая часть интрузива перекрыта кайнозойскими песками Калахари, поэтому интерпретация его строения, в основном, основана на геофизических данных и пересечениях скважин. Деформированный лополит разделен на северную и южную доли разломами, которые являются продолжением древнего линеамента Табазимби-Мурчисона, разделяющего два кратонных блока кратона Каапвааль и рассматривающегося как возможная зона подводящих каналов бушвельдских магм.

Современное бурение МФК в зоне этих разломов ставило целью обнаружить минерализацию, характерную для проточных подводящих каналов, но вместо этого пересекло фрагмент расслоенной ультраосновной Нижней зоны комплекса с бедной никелевой минерализацией. Нижняя ультраосновная толща МФК имеет мощность до 2 км и сложена переслаиванием гарцбургитов, ортопироксенитов с резко подчиненными прослоями дунитов и вкрапленных хромитов. Первичная магматическая сульфидная минерализация с содержанием ЭПГ до 1.3 г/т отмечена ранее в ортопироксенитах вблизи подошвы интрузива и отличалась преобладанием Pt-Pd висмутотеллуридов с редкими сперрилитом и Au-Ag сплавами [Kaavera et al., 2020].

В новых пересечениях преобладает вторичная сульфид-арсенид-самороднометалльная минерализация Ni с редкими реликтами первичных магматических сульфидов. Двумя основными вторичными рудными минералами являются хизлевудит и аваруит, которые приурочены к интеркумулусному пространству, наследуя позицию интерстициальных сульфидов. На более низкотемпературной стадии образуется ассоциация макинавита, годлевскита, никелина и сульфидов Cu, таких как халькозин, ковеллин, халькопирит и борнит. Минерализация Ni ассоциирует со вторичными амфиболами (магнезиальная роговая обманка, паргасит и актинолит-тремолит), которые развиваются по серпентинизированному протолиту. Данные по составу валовых проб пород показывают, что распределение ЭПГ практически идентично таковому в неизмененных минерализованных породах Нижней зоны МФК, а также и Нижней зоны родственного Бушвелда, тогда как зоны вторичной минерализации отличаются обогащением Ni и Au и обеднением Cu.

Дискретные МПГ не были обнаружены за исключением микроскопических реликтов лаурита. Однако арсениды Ni (маухерит и орселит) содержат до 2300 г/т Pd, 44 г/т Pt и 6 г/т Au, что резко контрастирует с обеднением ими Co-содержащего пентландита, который обычно является их основным концентратором. Хизлевудит не содержит концентраций ЭПГ выше предела обнаружения методом ЛА-ИСП-МС, а аваруит обогащен Ru и Rh. Баланс металлов показывает, что Ni был извлечен как из первичных сульфидов, так и из хромита и оливина, а ЭПГ были перераспределены среди вторичных сульфидов, сплавов и арсенидов в соответствии с благоприятной схемой изоморфного замещения. Предполагается, что вклад As из углистых сланцев Трансвааля способствовал стабилизации ЭПГ в арсенидах и антимонидах, предотвращая диссипацию и потерю благородных металлов при высокотемпературном гидротермальном событии.

Литература

Beukes N.J., de Kock M.O., Vorster C. et al. The age and country rock provenance of the Molopo Farms Complex: implications for Transvaal Supergroup correlation in southern Africa // *South African Journal of Geology*. 2019. Vol. 122. P. 39–56.

Kaavera J., Imai A., Yonezu K. et al. Controls on the disseminated Ni-Cu-PGE sulfide mineralization at the Tubane section, northern Molopo Farms Complex, Botswana // *Ore Geology Reviews*. 2020. Vol. 126. P. 1–23.