

Часть 5. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ

М. А. Юдовская

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии РАН, г. Москва
maiya@igem.ru*

Условия формирования платиноносных рифов расслоенных интрузий в свете новых данных по комплексу Бушвелд, ЮАР

В настоящей работе рассмотрены современные модели формирования платиноносных рифовых горизонтов в расслоенных интрузиях. Термин «риф» традиционно используется для обозначения выдержанных слоев с экономической или субэкономической минерализацией вне зависимости от типа минерального сырья и происхождения расслоенности. В Южной Африке этот термин используется для обозначения магматических горизонтов с ЭПГ минерализацией в расслоенных интрузиях, а также золотоносных пластов бассейна Витватерсранд и стратиформных тел богатых руд в медистых песчаниках.

Гипотезы происхождения рифов в расслоенных интрузиях неразрывно связаны с концепциями происхождения расслоенности. Господствовавшая долгое время кумулатная модель [Wager, Brown, 1968], в строгом смысле этого термина, предполагает отложение и сортировку кумулусных минералов на дне магматического бассейна из вышележащего объема расплава. В ее рамках предполагается, что платиноносные горизонты формировались путем гравитационного осаждения несмесимых сульфидных капель сверху вниз или, альтернативно, при переносе металлов в составе отделяющихся флюидов или мигрирующего флюдонасыщенного интерстиционного расплава снизу вверх. Неограниченно большой объем расплава, из которого металлы фракционируют в сульфид [Campbell, Naldrett, 1979], или огромная мощность накопленных кумулатов, сопровождающаяся фракционированием металлов в остаточный флюид-расплав, обеспечивают концентрирование платиновых металлов при первично рядовых содержаниях в исходной магме.

Последнее время модель последовательных многократных внедрений как механизм становления крупных расслоенных плутонов получает все большее признание [Naldrett et al., 2011]. Основные аргументы в ее пользу вытекают как из наблюдений за проявлениями современного магматизма, так из данных по древним комплексам: 1) отсутствие геофизических доказательств существования современных магматических очагов в земной коре по масштабам сравнимых с телами расслоенных интрузивов; 2) очевидность последовательных внедрений при формировании интрузий в океанической коре; 3) секущие, реакционные и эрозионные контакты между составными частями расслоенных серий; 4) многократные реверсивные петрохимические тренды составов пород и минералов обратные тренду дифференциации, свидетельствующие об открытости системы; 5) изотопная гетерогенность, указывающая на смешение продуктов нескольких первичных магм.

Кумулатная модель традиционно развивалась на примере разрезов восточного и западного лимбов комплекса Бушвельд, которые характеризуются схожим строением, близким к таковым других хорошо изученных классических интрузивов, ранее трактуемых как результат кристаллизации в закрытой системе (прежде всего Скаергард, а также Великая Дайка, Стиллуотер, Рам и др.). Крупнейший на Земле расслоенный комплекс Бушвельд вмещает больше трех четвертей мировых запасов элементов платиновой группы (ЭПГ) и больше половины мировых запасов хрома [Naldrett et al., 2011], наряду с гигантскими запасами сопутствующих Ni, Cu, Au, Ag и других халькофильных металлов, месторождениями ванадиеносных титаномагнетитов, Sn и флюорита. Комплекс сложен пятью лимбами (восточным, западным, дальним западным, юго-восточным и северным), внедрившимися на различных уровнях и эродированных в различной степени. Кислые лавы формации Руйберг сформировали крышу комплекса, под которой происходило внедрение базит-ультрабазитовых пород серии Растенбург, подразделяющихся снизу вверх по разрезу на Краевую, Нижнюю, Критическую, Главную и Верхнюю Зоны. Внедрение гранитов Лебова и гранофиоров Рашуп завершило становление комплекса. Массивные хромититы являются характерной чертой расслоенного разреза Критической Зоны комплекса Бушвельд и объединяются в Нижнюю (LG), Среднюю (MG) и Верхнюю (UG) группы [Cousins, Feringa, 1964]. Нижняя Критическая Зона содержит шесть или семь слоев LG-хромититов, Верхняя Критическая Зона – два или три слоя UG-хромититов, тогда как два нижних слоя MG-хромититов относятся к Нижней, а два верхних – к Верхней Критической Зоне, т.к. эта граница проводится по подошве слоя анортозитов, знаменующего собой первое появление кумулюсного плагиоклаза в разрезе Критической Зоны. Кроме того, тонкие прослои хромититов развиты в пределах циклических пачек Меренского Рифа и Бастарда. Общая тенденция снижения содержаний Cr в хромитах и увеличения содержания ЭПГ в хромититах снизу вверх согласуется с генеральным трендом дифференциации комплекса в целом, так что верхние UG2 хромититы содержат обычно экономические 4–8 г/т ЭПГ. Различные механизмы, предлагавшиеся для объяснения возникновения мономинеральных хромититовых слоев, предполагают, что их образование должно быть результатом резкого нарушения стабильного процесса дифференциальной кристаллизации, связанного с: 1) изменением давления [Cawthorn, 2005]; 2) смещением нового примитивного расплава и дифференциатов в камере [Irvine, 1977]; 3) внедрением новой порции расплава, несущего суспензию кристаллов хромита [Mondal, Mathez, 2007]; 4) контаминацией новых порций расплава кислым материалом крыши комплекса [Kinnaird et al., 2002].

К настоящему времени модель многократных внедрений принимается большинством исследователей Бушвельда, а наиболее убедительные свидетельства получены для северного лимба, строение которого отличается от строения ранее изученных западного и восточного лимбов. Новые изотопно-геохимические данные и результаты геологического картирования рифовых горизонтов Платрифа в северном лимбе Бушвельда показывают, что рифовые горизонты не могли сформироваться ни путем накопления снизу вверх, ни сверху вниз, т.к. локализованы в маломощных интрузиях, которые имеют несогласные взаимоотношения с перекрывающими и подстилающими породами. Данные по зональному минералого-геохимическому строению рифов, кроме того, не согласуются с идеей о поступлении платиновых минералов в виде ранних фенокритов совместно с хромитом в составе магматической «каши» из промежуточного очага. Наблюдаемая картина более соответствует кристаллизации каждого отдельного внедрения на месте с возможным перераспределением в термальном поле последующих инъекций расплавов.

Литература

- Campbell I. H., Naldrett A. J.* The influence of silicate:sulphide ratios on the geochemistry of magmatic sulphides // *Economic Geology*. 1979. Vol. 74. P. 1503–1506.
- Cawthorn R. G.* Pressure fluctuations and formation of the PGE-rich Merensky and chromitite reefs, Bushveld Complex // *Mineralium Deposita*. 2005. Vol. 40. P. 231–235.
- Cousins C. A., Feringa G.* The chromite deposits of the western belt of the Bushveld Complex // in: S.H. Haughton (ed.) *The geology of some ore deposits in Southern Africa*. 1964. P. 183–202.
- Irvine T. N.* Origin of chromitite layers in the Muskox intrusion and other stratiform intrusions: a new interpretation // *Geology*. 1977. Vol. 5. P. 273–277.
- Kinnaird J. A., Kruger F. J., Nex P. A. M. et al.* The chromitite formation – a key to understand processes of formation and platinum enrichment // *Applied Earth Sciences*. 2002. Vol. 111. P. 23–35.
- Mondal S. K., Mathez E. A.* Origin of the UG2 chromitite layer, Bushveld Complex // *Journal of Petrology*. 2007. Vol. 48. P. 495–510.
- Naldrett A. J., Wilson A., Kinnaird J., Yudovskaya M., Chunnett G.* The origin of chromitites and related PGE mineralization in the Bushveld Complex: new mineralogical and petrological constraints // *Mineralium Deposita*. 2012. Vol. 47. P. 209–232.
- Wager L. R., Brown G. M.* Layered igneous rocks. Edinburgh: Oliver & Boyd, 1968. 588 p.

В. В. Зайков^{1, 2}, М. А. Рассомахин³, В. А. Котляров¹, Б. Я. Гисматуллин⁴
¹ – Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс
zaykov@mineralogy.ru
² – Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Миассе
³ – Ильменский государственный заповедник, г. Миасс
⁴ – ООО «Миасский прииск», г. Миасс

Состав платиноидов из Мало-Ирмельской россыпи золота (Южный Урал) по данным РФА и РСМА

Мало-Ирмельская россыпь золота входит в состав Миасского россыпного района и находится в левом притоке р. Миасс. Она питается продуктами размыва северной части Нуралинского гипербазитового массива [Савельев и др., 2013]. Наличие в россыпи платиноидов ранее было известно, но состав минералов платиновой группы (МПП) не изучался. В настоящем исследовании приводятся данные о химическом составе МПП из концентрата, полученного при промывке хвостов гидравлической добычи золота.

Оптические исследования проведены с помощью микроскопа Olympus, состав определен рентгенофлуоресцентным (РФА) и рентгеноспектральным (РСМА) анализами. РФА производился без вакуумирования на спектрометре M1 MISTRAL (Bruker Nano GmbH, Германия). В приборе камера заполнена воздухом, что позволяет измерять элементы от 22 номера (титан и более тяжелые); характеристическое излучение более легких элементов поглощается воздухом. Предел обнаружения – 50 г/т. Напряжение рентгеновской трубки 50 кВ, энергетическое разрешение 135 эВ. Измерение проведено по площади диаметром 20 мкм. Для второго метода использован прибор РЭММА 202М с энергодисперсионной приставкой (ИМин УрО РАН,