

**РТ-УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГАББРОИДОВ
МЕДВЕДЁВСКОГО МАССИВА
КУСИНСКО-КОПАНСКОГО ИНТРУЗИВНОГО КОМПЛЕКСА**

Е. С. Шагалов, В. В. Холоднов

Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, shagalov@igg.uran.ru

Ранними работами [Фештатер и др., 2001] Медведёвский габбровый массив и одноименное месторождение вместе с более северным Кусинским массивом и месторождением, отнесены к глубинной (абиссальной) группе массивов и месторождений в составе среднерифейского Кусинско-Копанского рудно-магматического комплекса.

По петрохимическому составу габброидов обособление расплава происходило в поле котектики $SPx-OPx-Plg$ при давлении 7–8 кбар, а становление массива проходило при давлении 4–5 кбар и температуре 600–1000 °С. Новые исследования дополняют эти данные.

На карьере «Передовом» Медведёвского месторождения в последние годы вскрыто несколько минеральных и генетических типов Fe-Ti-V оруденения: основной – это магматические вкрапленные титаномагнетит-ильменитовые и массивные титаномагнетитовые руды (резко подчиненные по масштабам) в стратифицированных амфиболовых габброидах и в габбро-норитах и второстепенный – скарново-магнетитовый, связанный с ксенолитами в габброидах вмещающих скарнированных и мраморизованных карбонатных пород (доломитов) саткинской свиты. Распределение различных по минеральному составу магматических вкрапленных руд можно проследить в разрезе по врезке на юго-западном въезде на территорию карьера. Здесь в габброидах проявлена ритмично-полосчатая магматическая слоистость, где снизу в верх чередуются субгоризонтальные слои рудного мелано- и мезократового амфибол-соссюритового габбро с переменным содержанием титаномагнетита и ильменита (вплоть до густовкрапленных руд) и безрудные слои лейкогаббро и анортозитов. В одном из самых нижних макроритмов в рудоносных меланократовых габброидах проявляется более тонкая микроритмичность. Здесь формируются микрослои мощностью от нескольких миллиметров до первых сантиметров, в которых меланократовые слои, обогащенные рудной компонентой, чередуются с лейкократовыми слоями с меньшим содержанием рудных, но с большим количеством соссюритизированного плагиоклаза. Здесь же в ритмичной серии появляются небольшие по размерам округлые обособления пегматоидного габбро. По составу эти шпильки близки к пегматоидному амфибол-соссюритовому габбро, образующему ряд крупных обособленных тел в различных частях Медведёвского массива. Амфиболовые соссюритизированные габбро послойно секутся практически не измененными габбро-норитами.

Микронзондовые исследования **амфиболов** показали, что в одном зерне последовательно от центра к краю состав изменяется от актинолита и магнезиальной роговой обманки до ферроэденита и ферропаргасита. В габбро-норите вокруг зерен ильменита и титаномагнетита возникает кайма чермакита и феррочермакита. При этом железистость амфибола в габбро-норитах существенно ниже, чем в амфиболовых габбро. Содержание Al_2O_3 изменяется от 2.4 % до 19.1 %. В анортозитах амфибол отсутствует, а в пегматоидных обособлениях замещен железистым хлоритом.

Неизменённые и слабо изменённые **пироксены** обнаружены только в габбро-норитах. Они представлены преимущественно авгитом и диопсидом, встречаются отдельные зерна (клино)энстатита

Плагиоклаз в амфиболовых габбро светлый, идиоморфный. Он практически полностью превращен в альбит и содержит обильные выделения соссюритового агрега-

та и капельного эпидота. Анализы валового состава плагиоклаза выполненные в работах В. Г. Фоминых показали, что его состав варьирует от № 40 до № 65, в габброноритах плагиоклаз черного цвета и вариации состава меньшие: № 51–61.

Ильменит также обнаруживает широкий спектр составов. Наиболее ранний высокотемпературный ильменит в рудном меланогаббро стратифицированного разреза содержит много больше FeO (до 49–51 %), чем выявленные здесь же две более поздние его генерации. Примечательна форма выделений такого раннего ильменита. Это масса округлых или каплевидных выделений различного размера, заключенных в агрегат из крупных зерен зонального амфибола и альбитизированного и сосюртитизированного плагиоклаза. Этот ранний, по-видимому, кумулюсный ильменит наиболее богат MgO до 0.14–0.20 % и имеет минимальные содержания MnO 1.0–1.2 % и TiO₂ 49–50 %. В центральной части таких образований видны тонкие структуры распада с выделением многочисленных пластинок магнетита или гематита. В краевых зонах структуры распада не образуются, здесь содержание железа и магния заметно понижается, а марганца и титана увеличивается. Высокое содержание FeO определяется тем, что высокотемпературный кумулюсный ильменит образует серию твердых растворов с гематитом (гемоильменит) или низкотитанистым магнетитом (магнетоильменит). При понижении температуры происходит распад высокотемпературных твердых растворов с появлением в ильмените фазы гематита или магнетита. Ранее на наличие фазы магнетита в структурах распада ильменита из данного месторождения впервые обратил внимание В. Г. Фоминых, который одним из первых отнес данные ильмениты к магнетоильменитам. Магнетоильмениты, по его данным, характеризуются повышенным содержанием трехвалентного железа.

В поздних ильменитах в меланократовом рудном габбро происходит существенное снижение содержаний FeO (до 48–44 %) и MgO до 0.02 % и рост концентраций MnO до 1.40 % и TiO₂ до 53 %. Заметно увеличивается содержание Cr и V. Этот поздний ильменит представлен двумя генерациями. В рудах с густовкрапленным оруденением широко развит крупный позднемагматический ильменит, в виде крупных удлиненных выделений, образующий в рудах сидеронитовые структуры, это ильменит II. Этот ильменит зонален и содержит включения амфибола и сфена, его состав: в центре FeO 51.5 %, MgO 0.14 %, MnO 1.25 %, при содержании TiO₂ 47 %, в краю FeO 49 %, MgO 0.07 %, MnO 1.30 %, при содержании TiO₂ 49.5 %, т.е. в краевой зоне происходит рост содержаний марганца и титана, при спаде железа и магния.

Самый поздний ильменит в густовкрапленных рудах образует сеть неправильных по форме сегрегаций и прожилков, состоящих из тонкозернистого ильменита в ассоциации с мелкочешуйчатым высокожелезистым хлоритом. Это ильменит III. Он наиболее богат марганцем и титаном, беден магнием и железом. Такой поздний сегрегационный ильменит образуется на постмагматическом этапе в процессе распада высокотитанистого магнетита, первичное содержание TiO₂ в котором достигало 13 вес. %. Этот поздний ильменит образует сегрегации по краям зерен высокотемпературного магнетита и отдельные рассекающие его прожилки, по составу: FeO 44.0 %, MgO 0.03 %, MnO 1.30 %, при содержании TiO₂ 51.5 % – он в точности соответствует составу пластинок ильменита в структурах распада. С учетом того факта, что при наличии свободного ильменита в породах и рудах содержание титана в титаномагнетите определяется температурой [Полтавец, 1975], можно на основе полученных аналитических данных определить начальную температуру формирования вкрапленного магнетит-ильменитового оруденения в меланократовых ритмично-расслоенных породах, которая была около 1000 °C, а распад твердых растворов в этих минералах с образованием позднего сегрегационного ильменита III происходил при температуре 500–600 °C.

Минеральный состав пород накладывает определенные ограничения на использование геотермобарометров. Для определения давления использовались геобарометры

«Al-in-Hbl» [Hammarstrom, Zen, 1986; Schmidt, 1992], температура оценивалась по геотермометрам [Otten, 1984; Nimis, Taylor, 2000; Brey, Kohler, 1990] для давления 7 кбар и графическим термометрам [Lindsley, 1983; Полтавец, 1975].

В результате были получены следующие данные: генерация расплава происходила при давлении около 8 кбар, первично это возможно был относительно «сухой» расплав, который проходя через осадочные карбонатные толщи, обогащался флюидной фазой. При этом в процессе автотасоматоза произошло преобразование первичного пироксена в роговую обманку и альбитизация плагиоклаза. На высокую вторичную флюидо насыщенность указывает появление шарообразных обособлений пегматоидных габбро в ритмично-стратифицированном разрезе. Становление самого массива произошло при давлении 4–6 кбар. Температура расплава составляла 1100–880 °С. Одновременно происходило быстрое опускание блока с наращиванием осадочной и вулканической толщи над интрузией [Маслов и др., 2003]. Вторым этапом было быстрое внедрение послонных инъекции габбро-норитов, оторочки вокруг зерен пироксена соответствуют давлениям 5–7 кбар. Температура первичной пироксеновой ассоциации по разным геотермометрам 1300–900 °С. Как сказано выше при этих температурах происходит выделение раннего ильменита и титаномагнетита. Водное давление продолжало нарастать и достигло 12–13 кбар (каймы вокруг рудных минералов). Граниты Губенского массивов перекрывающие габброиды содержат минеральные ассоциации отвечающие давлениям 8–9 кбар.

Работа выполнена при финансовой поддержке программ ОНЗ РАН № 2, № 8 и № 10 (проект 09-Т-5-1019).

Литература

Маслов А. В., Крупенин М. Т., Гареев Э. З. Петров Г. А. К оценке редокс-обстановок рифейских и вендских бассейнов осадконакопления западного склона Урала // Литосфера. 2003. № 2. С. 75–93.

Полтавец Ю. А. Обсуждение титаномагнетитового геотермометра Баддингтона-Линдсли на основе сравнительного анализа равновесий шпинелидов магнетитовой серии // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1975. № 67. С. 63–72.

Ферштатер Г. Б., Холоднов В. В., Бородин Н. С. Условия формирования и генезис рифейских ильменит-титаномагнетитовых месторождений Урала // Геология рудных месторождений. 2001. Т. 43. № 2. С. 112–128.

Холоднов В. В., Ферштатер Г. Б., Бородин Н. С., Шардакова Г. Ю., Прибавкин С. В., Шагалов Е. С., Бочарникова Т. Д. Гранитоидный магматизм зоны сочленения Урала и Восточно-Европейской платформы (Южный Урал) // Литосфера. 2006. № 3. С. 3–27.

Brey G. P., Kohler T. Geothermobarometry in four-phase lherzolites. II. New thermobarometers, and practical assessment of existing thermobarometers. // J. Petrol. 1990. V. 31. P. 1353–1378.

Hammarstrom J. M., Zen E. Aluminum in hornblende: An empirical igneous geobarometer // Amer. Mineralogist. 1986. V. 71. P. 1297–1313.

Lindsley D. H. Pyroxene thermometry // Amer. Mineralogist. 1983. V. 68. P. 477–493.

Nimis P., Taylor W. R. Single-clinopyroxene thermobarometry for garnet peridotites. Part I. Calibration and testing of a Cr-in-Cpx barometer and an enstatite-in-Cpx thermometer. // Contrib. Mineral. Petrol. 2000. V. 139 P. 541–554.

Otten M. T. The origin of brown hornblende in the Artfjallet gabbro and dolerites // Contrib. Mineral. Petrol. 1984. V. 86. P. 89–199.

Schmidt M. W. Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer // Contrib. Mineral. Petrol. 1992. V. 110. P. 304–310.