

**ТИТАНОМАГНЕТИТ-ИЛЬМЕНИТОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ
АРСЕНТЬЕВСКОГО ГАББРО-СИЕНИТОВОГО МАССИВА,
ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ, РОССИЯ****Р.А. Бадмацыренова***Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, brose@gin.bscnet.ru*

Габбро-сиенитовые ассоциации широко распространены в складчатом обрамлении Сибирской платформы. Они являются вмещающими для ряда полезных ископаемых, и в первую очередь титана [1]. Одним из типичных представителей этой ассоциации является Арсентьевский габбро-сиенитовый массив, с которым связано титаномагнетит-ильменитовое оруденение. Детальное изучение его позволяет ближе подойти к пониманию взаимосвязи магматических и рудообразующих процессов.

К Моностойскому комплексу относятся Арсентьевский, Оронгойский, Зуйский и, возможно, Иройский габбро-сиенитовые массивы, расположенные в хребте Моностой (предгорья хр. Хамар-Дабан юго-западнее г. Улан-Удэ). Арсентьевский массив расположен на юго-восточном склоне хребта Моностой в его центральной части, в 4-5 км к западу и северо-западу от сел Арсентьевка и Сутой, расположенных на левом берегу р. Селенги. В плане он имеет овальную форму, слегка удлинённую в меридиональном направлении, и занимает площадь около 20 кв. км. Сложен массив породами габброидной и сиенитовой серий. Габброиды слагают его южную часть, а сиениты – северную. Породы первой серии образуют ряд от ультрамафических разновидностей (пироксенитов, перидотитов) до анортозитов, которые участвуют в концентрически зональном строении интрузива. Центральная часть его занята анортозитами, окаймленными лейкократовыми габбро и трахитоидными оливиновыми габброидами. Судя по магнитометрической съёмке, интрузив продолжается в юго-западном направлении еще на несколько сотен метров. В целом габброидная часть интрузива в разрезе имеет, по-видимому, форму пологой асимметричной воронки с центром, несколько смещённым к югу. Сиениты относятся к более поздним образованиям. В пределах массива широко развиты жилы гранитных пегматитов и габбро-пегматитов, дайки кислых и средних пород.

Петрографические разновидности основных пород Арсентьевского массива, несущие повышенные концентрации титаномагнетита, ильменита, магнетита и, в некоторых случаях, апатита, рассматриваются как комплексные железотитановые и фосфор-железотитановая руды. Они различаются между собой как по условиям локализации, так и по минеральному и химическому составу. С учетом этих признаков нами выделены два типа руд: син- и эпигенетические. По количественному соотношению рудных и силикатных минералов сингенетические представлены вкрапленными и густовкрапленными рудами. По минеральному составу они делятся на титаномагнетит-ильменитовые и апатит-титаномагнетит-ильменитовые. В последних содержание апатита доходит до 10-15 об.%, но они, по сравнению с первыми, имеют подчиненное значение. Главные рудные минералы представлены магнетитом и ильменитом. Ряд признаков указывает на более позднюю кристаллизацию оксидно-рудных минералов по сравнению с силикатами и обогащенность летучими компонентами оксидного расплава, в частности фосфором и фтором.

Эпигенетические массивные руды на 70-90 % сложены магнетитом, титаномагнетитом и ильменитом. Силикаты представлены оливином, плагиоклазом, пироксеном, керсутитом, биотитом. Нередко вокруг плагиоклаза на контакте с магнетитом развита амфиболовая каемка с эмульсиями магнетита и керсутита. В силикатных участках породы встречаются мелкие до 0,1 мм идиоморфные зерна магнетита с игольчатыми структурами распада ильменита, реже сростки магнетита и ильменита с включениями рутила. В массивных рудах часто отмечается появление зерен зеленой шпинели размером до 0,5 мм.

Флюидный режим. Широкое развитие магматической роговой обманки и апатита (F-apatит) указывает на относительную обогащенность магмы водой и летучими компонентами и определяет ее повышенную щелочность. Кроме того, в породах Арсентьевского массива отмечается биотит. По разным оценкам [4] концентрация воды в базальтовых магмах составляла от 4 мас.%, а кристаллизация магматического амфибола возможна при содержании воды не менее

3 мас.%. Надежность этих оценок определяется данными о высоких содержаниях Na_2O , которые заведомо выше 3 мас.%, необходимых для кристаллизации паргасита. Сингенетические руды массива содержат в себе большое количество апатита, вплоть до образования апатит-титаномагнетит-ильменитового оруденения. Экспериментальные исследования показывают, что при содержании 1-2 мас.% P_2O_5 можно получить составы, близкие к природным, и насыщенный железом расплав, который можно рассматривать как источник железа при формировании магматических магнетитовых месторождений. Во вкрапленных рудах массива отмечается содержание P_2O_5 до 3,5 мас.%. Содержание F в апатите достигает 3 мас. %. Также в рудах отмечаются вкрапленность сульфидов. Zhou et al. [5], при изучении расслоенного интрузива Паншихуа показали, что присутствие сульфидов и апатита говорит, что S, P, F, возможно были теми составляющими, которые способствуют процессам ликвации. Благоприятные для концентрирования фосфора условия в процессе ликвации можно ожидать в силикатно-солевых (например, в силикатно-карбонатных) расплавах, а также таких расплавах, где фосфор не является необходимым для возникновения ликвации компонентом (высокожелезистые магмы). В качестве примера можно привести габброидные комплексы с приуроченной к ним апатит-ильменитовой и титаномагнетитовой минерализацией, которая, по мнению некоторых исследователей [3], связана с ликвационным расщеплением остаточных расплавов на салический и мафический, где последний представляет по существу уже рудную магму с содержанием P_2O_5 7-8 %.

Температура кристаллизации. Применение геотермометра [2] с использованием программы PLMAT для близких по времени образования минеральных пар титаномагнетит-ильменит, позволило определить температуру их кристаллизации (634°C – вкрапленные руды, 620°C – массивные) и летучесть кислорода ($-17,43$ и $-20,34$ lgfO соответственно), отвечающим условиям буфера QFM.

По данным микрозондового анализа показано, что магнетиты, ильмениты, амфиболы и биотиты сплошных руд значительно богаче TiO_2 , Al_2O_3 и MgO , заметно обогащены Na_2O , чем минералы вкрапленных руд, а апатит содержит меньше фтора. При этом ильменит и магнетит из структур распада твердого раствора по сравнению с их зернистыми обособлениями заметно обогащены Al_2O_3 и MgO . Поскольку массивные и сингенетические руды имеют тесную пространственную ассоциацию, то, в целом, оруденение имеет ликвационно-кристаллизационный генезис.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы ОНЗ РАН 2.1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кислов Е.В., Гусев Ю.П., Орсов Д.А., Бадмацыренова Р.А. Титаноносность Западного Забайкалья // Руды и металлы. 2009. № 4. С. 3-12.
2. Anderson D.J., Lindsley D.H. New (and final!) models for the Ti-magnetite-ilmenite geothermometer and oxygen barometer // EOS Transactions. 1985. V. 66. P. 416.
3. Ripley E.M., Severson M.J., Hauck S.A. Evidence for sulfide and Fe-Ti-P-rich liquid immiscibility in the Duluth Complex, Minnesota // Economic Geology. 1998. V. 93. P. 1052-1062.
4. Sisson T.W., Grove T.L. Experimental investigations of the role of H_2O in calc-alkaline differentiation and subduction zone magmatism // Contrib. Mineral. Petrol. 1993. V. 113. P. 143-166.
5. Zhou M.-F., Robinson P.T., Leshner C.M., Keays R.R., Zhang C.-J., Malpas J. Geochemistry, petrogenesis and metallogenesis of the Panzhihua gabbroic layered intrusion and associated Fe-Ti-V oxide deposits, Sichuan province, SW China // J. of Petrology. 2005. V. 46. № 11. P. 2253-2280.