

10. Ярошевский А.А. Граничные условия механизма формирования ритмической расслоенности дифференцированных магматических комплексов основных и ультраосновных пород // Известия Секции Наук о Земле Российской Академии Естественных Наук. 2007. Выпуск 15. С. 117-131.
11. Campbell I.H. Some problems with the cumulus theory // Lithos. 1978. V. 11. P. 311-323.
12. Campbell I.H. (). Fluid dynamic processes in basaltic magma chambers. // Cawthorn R.G. (eds). Layered Intrusions. Developments in Petrology. 1996. V. 15. Elsevier Science B. V. P. 45-76.
13. Cawthorn R.G., McCarthy T.S. Bottom crystallization and diffusion control in layered complexes: evidence from Cr distribution in magnetite from the Bushveld Complex // Trans. Geol. Soc. S. Africa. 1981. P. 41-50.
14. Eales H.V., Reynolds I.M. Cryptic variations within chromitites of the upper critical zone, northwestern Bushveld Complex // Economic Geology. 1986. V. 81. P. 1056-1066.
15. Jackson E.D. Primary textures and mineral associations in the Ultramafic zone of the Stillwater complex, Montana // US Geol. Surv. Prof. Paper. 1961. V. 358. P. 1-106.
16. Jaupart C., Tait S. Dynamics of differentiation in magma reservoirs // Journal of Geophysical Research. 1995. V. 100. P. 17615-17636.
17. Martin D. Crystal settling and in situ crystallization in aqueous solutions and magma chambers // Earth and Planetary Science Letters. 1990. V. 96. P. 336-348.
18. Martin D., Griffiths, R.W., Campbell I.H. Compositional and thermal convection in magma chambers // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1987. V. 96. P. 465-475.
19. McBirney A.R., Noyes R.M. Crystallization and layering of the Skaergaard intrusion // J. Petrol. 1979. V. 20. P. 487-554.
20. McCarthy T.S., Cawthorn R.G., Wright C.J., McIver J.R. Mineral layering in the Bushveld Complex; implications of Cr abundances in magnetite from closely spaced magnetite and intervening silicate-rich layers // Economic Geology. 1985. V. 80. P. 1062-1074.
21. Sparks R.S.J., Huppert H.E., Turner J.S. The fluid dynamics of evolving magma chambers // Phil. Trans. R. Soc. London, 1984. A310. P. 511-534.
22. Tait S., Jaupart C. The producing of chemically stratified and adcumulate plutonic igneous rocks // Mineralogical Magazine. 1996. V. 60. P. 99-114.
23. Wilson J.R., Larsen S.B. Two-dimensional study of a layered intrusion; the Hyllingen Series, Norway // Geological Magazine. 1985. V. 122. P. 97-124.
24. Wilson J.R., Sorenson H.S. The Fongen-Hyllingen layered intrusive complex, Norway // Cawthorn R.G. (eds). Layered Intrusions. Developments in Petrology. 1996. V. 15. Elsevier Science B. V. P. 303-329.
25. Wilson J.R., Robins B., Nielsen F.M., Duchesne J.C., Vander Auwera J. The Bjerkreim-Sokndal layered intrusion, southwest Norway // Cawthorn R.G. (eds). Layered Intrusions. Developments in Petrology. 1996. V. 15. Elsevier Science B. V. P. 231-255.

ДОПАЛЕОЗОЙСКИЕ УЛЬТРАБАЗИТЫ И СВЯЗАННОЕ С НИМИ ОРУДЕНЕНИЕ СЫСЕРТСКО-ИЛЬМЕНОГОРСКОГО КОМПЛЕКСА

Левин В.Я., Золоев К.К., Сергеев Н.С., Самков В.С.
ОАО «Уральская геологосъемочная экспедиция», Екатеринбург, Россия
e-mail: levin@ugse.isnet.ru

PREPALEOZOIC ULTRABASITES AND RELATED ORES OF THE SYSERT-ILMENY COMPLEX

Levin V.Ya., Zoloev K.K., Sergeev N.S., Samkov V.S.
JSC «Urals Geological Survey Expedition», Ekaterinburg, Russia
e-mail: levin@ugse.isnet.ru

Prepaleozoic ultrabasics are located in all metamorphic layers of the complex. Ultrabasics of the Archaie-Proterozoic core of the complex are presented by enstatite-olivine rocks, which are replaced in miscellaneous degree with lizardite and chrysolite. Ultrabazity of the buldymic groups are fenitized and intruded with the raremetals carbonatites near Vishnevogorskoy alkaline massive. Enstatite-

anthophyllitic and anthophyllitic rocks were developed in ultrabasics of the upper layers of the complex. Anthophyllite-asbestos ores were formed in it under influence of Paleozoic granite. Anthygoritic serpentinites with relicts of enstatite-olivine, talc-olivine, talc-anthophyllitic assemblies are wide-spread in Riphean schists of the shale framing of the complex. They contain impregnation of Cu, Ni, Co sulfides, small sulfide-magnetic bodies with gold, rare not powerful veins of chromites. Anthygoritic serpentinites with talc and talc-carbonatic formations have stretches on 100 km along west boundary of the complex.

В Сысертско-Ильменогорском комплексе (микроконтиненте), в архей-протерозойском гнейсово-мигматитовом ядре и рифейском сланцевом обрамлении широко распространены ультрабазиты и ассоциирующие с ними габброиды, слагающие относительно крупные массивы и многочисленные мелкие тела. Ультрабазиты представлены метаморфическими и метасоматическими породами, сформировавшимися в условиях: от гранулит-амфиболитовой до эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фации. В ядре комплекса в Вишневых и Ильменских горах находятся наиболее известные массивы ультрабазитов: Булдымский, Халдихинский, Спирихинский, Сунгульский, Няшевский, Байкский и Савелькульский. В сланцевом обрамлении комплекса в Вишневых горах залегают Каганский и Борзовский массивы. По восточной границе комплекса более чем на 100 км протягиваются Беспаловский и Малковский массивы Беспаловского пояса, по-видимому, палеозойского возраста. Ультрабазиты в ядре комплекса сложены энстатит-оливиновыми породами, в разной мере тремолитизированными, серпениитизированными и хлоритизированными. Серпентин представлен лизардитом и хризотилом нескольких генераций. В верхних толщах ядра в Вишневых-Ильменских горах и в шумихинской свите сысертской части комплекса в таких ультрабазитах широко развиты метасоматические энстатит-антофиллитовые, тальк-антофиллитовые, антофиллитовые, тальк-хлоритовые и тальк-карбонатные породы. Под влиянием палеозойских гранитов антофиллит преобразуется в асбест (В.П. Петров, 1962). Антофиллит-асбест мог формироваться при десиликации оливин-энстатитовых пород, за счет выделявшихся из них ювенильных вод (К.К. Золоев, 1970). Исходный оливин ультрабазитов имеет железистость 4-6% (до 9%), энстатит – 10%. Количественные соотношения между оливином и энстатитом различные. В наименее измененных ультрабазитах Булдымского массива преобладает оливин. Акцессорные минералы ультрабазитов: зеленая шпинель, хромшпинелид, магнетит, хром-магнетит, корунд, гумит. Обычны обрастания хромшпинелида магнетитом.

Массивы ультрабазитов булдымской группы в Вишневых горах расположены по периферии массива миаскитов. На пологопадающих от массива северном и западном контактах они попадают в широкие экзоконтактовые зоны фенитизации, пронизываются жилами щелочных пород, карбонатитов и насыщаются редкометальной минерализацией. Очень показательно пространственное положение массивов ультрабазитов. В многочисленных разрезах скважин в 15-20 м под ультрабазитами находятся два сближенных маркирующих пласта доломитовых флогопит-оливин-диоксидовых кальцифиров 9-го горизонта вишневогорской свиты. Представляется, что здесь протягивается ранее единый слой ультрабазитов, разбудинированный на отдельные тела. Возможно, что первично это были коматииты. Ультрабазиты в Сунгульском массиве, который расположен западнее щелочного массива с подвернутым, крутопадающим под него контактом, за пределами узкой, не более 10 м, вследствие этого, экзоконтактовой зоны фенитизации, не испытали влияния щелочного массива. Здесь в промежутке между двумя крупными будинами ультрабазитов в канавах были вскрыты сохранившиеся в тенях давления высокотемпературные пироксеновые роговики, что может свидетельствовать о внедрении ультрабазитового расплава. Все массивы этой группы доскладчатые и испытали метаморфизм гранулитовой и амфиболитовой фации согласно с плагиогнейсами вишневогорской свиты. Возраст метаморфизма около 2 млрд. лет [2].

Чечевицеобразный Булдымский массив размерами 1 км в поперечнике и 250 м мощностью на северном замыкании Вишневых гор явился жестким упором для интрузии миаскитов, седловидная залежь которых прогибается под ним и огибает его с юга, востока и запада. Эта вторичная синклиналь разбита разломами, в которых локализованы жилы щелочных пород, карбонатитов, метасоматические пегматоиды, альбититы, карбонатиты с циркон-пироксеновым оруденением рудной зоны 140, разрабатывавшейся Вишневогорским ГОКом. Сам Булдымский мас-

сив по субширотным разломам пронизан жилами доломитовых и доломит-кальцитовых тетраферрифлогопит-рихтеритовых карбонатитов с относительно богатым пирохлоровым и монацитовым оруденением. В экзоконтактах карбонатитов по ультрабазитам развиты карбонат-тетраферрифлогопит-рихтеритовые метасоматиты с таким же оруденением, шлирами хромтитаномагнетита, примесями колумбита, эшинита, фергусонита, ортита, хромистого давидита, ильменита, хроммагнезиочевкинита, апатита, стронцианита. Крупные пластины флогопита из некоторых таких зон в приповерхностных условиях превращены в высококачественный вермикулит. Подобные изменения ультрабазитов около жил карбонатитов установлены в Халдихинском и Спирихинском массивах на западном экзоконтакте щелочного массива. Здесь в коренных породах и корях выветривания разведано месторождение монацита. Такие же образования, но в меньших масштабах, выявлены в Ильменах В.О. Поляковым и И.Л. Недосековой на южном и восточном экзоконтактах миаскитового массива.

Баикский массив (5×0,8 км) на южном берегу оз. Увильды залегает на границе еланчиковской свиты ильменогорской серии и аракульской свиты сайтовской рифейской серии. Он сложен серпентинизированными энстатит-оливиновыми породами с тремолитом и зеленой шпинелью. В краях массива и в жилах внутри него находятся антофиллитовые породы. К ультрабазитам примыкает крупное тело габбро-амфиболитов. Относительно крупный массив ультрабазитов в ильменогорской амфиболитовой свите – Няшевский (1,5×0,7 км) залегает в Ильменских горах южнее оз. Бол. Миассово. Вмещающие породы огибают его, образуя флексуорообразную складку. Массив сложен лизардит-хризотилловыми серпентинитами с реликтами энстатит-оливиновых пород. Оливин имеет железистость 5-6%. Акцессорные минералы: магнетит, хроммагнетит, зеленая шпинель. В массиве имеется несколько даек поздних гранитовых пегматитов с флогопитовыми и тальк-хлоритовыми зонами на контактах. С запада к массиву ультрабазитов примыкает протяженное тело апогаббровых анортитовых амфиболитов.

Еще один известный ультраосновной массив – Савелькульский залегает в Ильменах в кыштымской свите ильменогорской серии. По-существу, ультрабазиты здесь цементируют обширную зону меланжа с блоками амфиболитов, графитовых кварцитов, плагиогнейсов, пронизанную дайками гранитов Кисегачского массива. Исходные серпентинизированные энстатит-оливиновые и энстатитовые породы замещаются энстатит-антофиллитовыми и антофиллитовыми породами, а на границах ультраосновных выделений обычно развиты флогопитовые оторочки. Довольно широко распространены тальк-хлоритовые, тальк-карбонатные породы и баритовые жилы. С воздействием кисегачских гранитов связана асбестизация антофиллита. На месторождении разведаны многочисленные асбестовые залежи, мощностью десятки метров, с преобладающими пучково-звездчатыми рудами высоких сортов. В Сысертской части комплекса подобные антофиллит-асбестовые руды много лет добывались в Терсутском, Мочаловском месторождениях в связи с телами энстатит-оливиновых пород в шумихинской свите, вероятно, являющейся аналогом аракульской свиты, мигматизированной и метаморфизованной в амфиболитовой фации.

Последний из известных массивов энстатит-оливиновых пород – это Борзовский в Вишневых горах, залегающий в плагиосланцах аракульской свиты сайтовской серии, метаморфизованных в амфиболитовой фации, вследствие несовпадения метаморфических изоград и границ стратиграфических толщ. Породы массива крупно и гигантозернистые, похожие на булдымские, с лизардитовой и хризолитовой серпентинизацией. В ультрабазиты внедрились дайки позднепалеозойских гранитов Аракульского массива, которые при контаминации превращены в корундовые плагиоклазиты-кыштымиты, разрабатывавшиеся как наждачное сырье. По данным В.С. Коптева-Дворникова и Е.А. Кузнецова, оливин в ультрабазитах имеет железистость 12% и образует длиннопризматические кристаллы со спайностью. Кроме ассоциации с оливином энстатит дает более позднюю генерацию, замещающую оливин. На границах корундовых плагиоклазитов развиты широкие каймы актинолита и флогопита.

В сайтовской свите сланцевого обрамления находится Каганский массив ультрабазитов, состоящий из двух крупных пластообразных тел, протяженностью 25 км и шириной 400-600 м. Восточнее их находится тело меланократовых габбро-амфиболитов. В южной части западное тело ультрабазитов расщепляется на ряд мелких тел и здесь в нем залегает несколько протяженных тел доломитовых карбонатитов мощностью от нескольких до 80 м с минерализацией ильмени-

та, магнетита, эпидота, апатита, единичными зернами монацита и флогопита. Массив сложен антигоритовыми серпентинитами с реликтами энстатит-оливиновых и тальк-оливиновых пород в южной части и оливин-антигоритовых в средней части. В северной части массива среди серпентинитов встречаются участки тальк-антофиллитовых и тальк-карбонатных пород. В ультрабазитах более мелких, чем основные, сближенных телах, разделенных плагиосланцами, установлена тонкозернистая минерализация сульфидов Cu, Ni, Co: бравоит, миллерит, линнеит, никелин, халькопирит, пентландит, пирротин с вростками пентландита. Преобладающий халькопирит замещается борнитом, халькозином, ковелином. Среднее содержание Ni – 0,23%, Co – 0,012%. Во многих пробах установлено Au от 0,04 до 0,24 г/т. Ультрабазиты представлены интенсивно оталькованными антигоритовыми серпентинитами с реликтами тальк-оливиновых, тальк-тремолитовых ассоциаций. Одно такое тело ультрабазитов имеет протяженность 2 км при мощности 80-100 м. Еще один тип оруденения в южной части западного тела Каганского массива представлен шлировыми и прожилково-шлировыми выделениями магнетита с такими же сульфидами Cu, Ni, Co, самородной Cu и видимым золотом. Размеры шлиров от десятков см до нескольких метров. Содержание Au колеблется от десятых долей г/т до 6,6 г/т, Ag до 10,4 г/т. Au часто обнаруживается в ультрабазитах, плагиосланцах, углисто-графитистых кварцитах и карбонатитах в количестве от десятков до 100 мг/т. Золото неоднородное со структурами распада решетчатого типа. По данным микрозондовых анализов (аналитик В.А. Вилисов), выделяется три типа золота: 1) высокомедистое (Cu – 20-30%), низкосеребряное (Ag – 8-16%), без ртути; 2) высокосеребряное (Ag – 34-44%); низкомедистое (Cu – 0,4-0,6%); 3) с еще более высоким содержанием Ag (54-68%), низким меди (0,4%) и содержанием Hg от 0,4 до 1,27%. Состав сульфидно-магнетитовых руд: (мас. %); Fe – 18-36; Cu – 1,33-5,79; Cr и Ni – по 0,2-0,34; Co – 0,12-0,14; Zn – 0,02; Pb – 0,01; Au – 2-8 г/т. К востоку от массива имеется небольшая россыпь золота в долине р. Горькой, сульфидно-магнетитовые шлиры встречены в телах серпентинитов в черновской свите сысертской части комплекса. Черновская свита, вероятно, является более глубоко метаморфизованным аналогом сайтовской. Здесь же в районе оз. Карасье в тальк-карбонат-антофиллитовых породах, залегающих в амфиболитах черновской свиты, установлено тело массивных золото-пирит-халькопиритовых руд с примесью пентландита, кубанита, миллерита, ильменита, хромита, молибденита. Состав руд: Au – 1,6-4,1 г/т; Ag – 24,3-33,0 г/т; Cu – 9,28-16,65%; Ni – 0,39-0,71; Co – 0,19-0,29; Bi – 5-12 г/т. Характерно необычно высокое содержание Co. Отношение Ni к Co – 2-2,5. Сульфидные руды также известны в Чебаковском массиве антигоритовых серпентинитов, залегающих в амфиболовых сланцах сайтовской свиты на западной периферии сысертской части комплекса. Длина рудных тел от нескольких десятков до первых сотен метров, мощности 1-3 м. Состав руд (мас. %): Cu – 0,3-2,2; Ni – 0,15-0,20; Co – 0,02-0,05; Zn – 0,04; Cr₂O₃ – 0,1-0,26; Pt, Pd – от первых до 11 мг/т. Южнее в Иткульском массиве антигоритовых серпентинитов имеются жилы и шлиры хромитовых руд.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варлаков А.С., Кузнецов Г.П., Кораблев Г.Г., Муркин В.П. Гипербазиты Вишневогорско-Ильменогорского комплекса (Южный Урал). Миасс: ИМин УрО РАН, 1998, 196 с.
2. Краснобаев А.А. Циркон как индикатор геологических процессов. М.: Наука, 1986, 147 с.