

сульфидной жидкости из высокомагнезиального пикритового расплава. Рудные тела не выходят за пределы массивов ультраосновных пород.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колотилина Т.Б., Мехоношин А.С. Химизм и минералогия сульфидно-никелевых руд ультрабазитов Ийско-Кукшерского прогиба // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей. Мат-лы конф. Иркутск: ИрГТУ. 2007. С. 385-388.
2. Мехоношин А.С., Колотилина Т.Б., Павлова Л.А. Первая находка минералов ЭПГ в сульфидных рудах ультрабазитов Ийско-Кукшерского прогиба // Докл. РАН. 2008. Т. 419. № 3. С. 384-386.

ФОРМАЦИОННАЯ ТИПИЗАЦИЯ БАЗИТ-УЛЬТРАБАЗИТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ АЛХАДЫРСКОГО ТЕРРЕЙНА (ЮГ СИБИРИ) В СВЯЗИ С ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РУДОНОСНОСТЬЮ

Мехоношин А.С., Колотилина Т.Б.

*Институт геохимии СО РАН, Иркутск, Россия
e-mail: mekhonos@igc.irk.ru*

FORMATION TYPES OF BASIC-ULTRABASIC COMPLEXES OF THE ALKHADYR TERRANE (THE SOUTHERN SIBERIA) AND ITS METALLOGENIC SPECIALIZATION

Mekhonoshin A.S., Kolotilina T.B.

*Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia
e-mail: mekhonos@igc.irk.ru*

Numerous basic-ultrabasic complexes of the Southern fold frame of Siberian craton have been studied. Four formation types of these have been recognized on the base of mineralogical and geochemical data: anortosite-pyroxenite-gabbro, dolerite, dunite-peridotite-pyroxenite, and dunite-harzburgite. The Pt-Cu-Ni-mineralization is related with massifs of the dunite-peridotite-pyroxenite, and Ti-ores – with massifs of the anortosite-pyroxenite-gabbro formation.

В пределах южного складчатого обрамления Сибирского кратона располагаются многочисленные массивы основных и ультраосновных пород, которые имеют различную природу и металлогеническую специализацию. В последние годы в Алхадырском террейне, который выделен нами из состава Бирюсинского выступа фундамента Сибирского кратона и является типичной коллизионной структурой, кроме известных титано-магнетитовых месторождений была выявлена целая серия ультрабазитовых массивов, вмещающих сульфидные платиноидно-медно-никелевые руды, представляющие промышленный интерес [2, 3]. Алхадырский террейн ограничен с северо-востока Бирюсинским, а с юго-запада – Главным Саянским разломами, с северо-запада он перекрывается отложениями чехла Сибирского кратона. Он сложен биотитовыми и амфиболовыми гнейсами, мраморами, кварцитами, дистеновыми, гранат-дистеновыми гнейсами, амфиболитами, гранат-ставролитовыми сланцами, образованные при температурах 600-750 °С. Отложения дислоцированы в линейные симметричные, изоклинальные складки. Возраст амфиболитового метаморфизма пород, слагающих этот террейн, по данным $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования составляет 600 млн. лет. Возраст крупных батолитов гранитного состава, оказавших наибольшее влияние на структурно-тектонический рисунок пород алхадырской серии, по данным $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ и U-Pb датирования составляет ~450 млн. лет. В этой коллизионной структуре в связи с многократными проявлениями пликативных и дизъюнктивных деформаций основная масса массивов пространственно разобщена с парагенными комплексами. В настоящее время они представляют собой будины, частично разлинзованные и расланцованные, сохранившие свои пер-

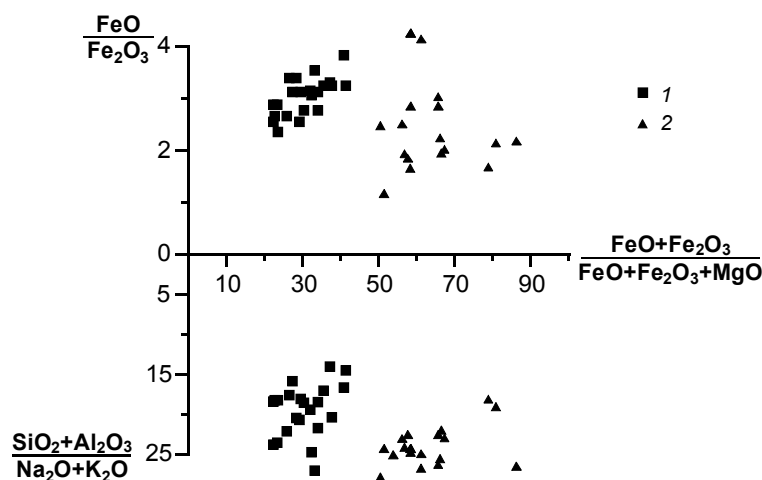


Рис. 1. Диаграмма петрохимических параметров базитов Алхадьского террейна.

1 – долеритовая формация (ортоамфиболиты); 2 – анортозит-пироксенит-габбровая формация.

На основании анализа предшествующих исследований и собственных данных выделяют следующие формационные типы базит-ультрабазитовых комплексов данного региона: 1) анортозит-пироксенит-габбровый, 2) долеритовый, 3) дунит-перидотит-пироксенитовый, 4) дунит-гарцбургитовый.

К анортозит-пироксенит-габбровому формационному типу относятся высокожелезистые и титанистые метабазиты (рис. 1), эталонным объектом, для которых является Мало-Тагульский массив гранат-плагноклаз-пироксеновых пород. Мало-Тагульский массив метабазитов вмещает одно из крупнейших в России месторождений ванадий-железо-титановых руд [1]. Протолитом для пород массива является расслоенная анортозит-пироксенит-габбровая серия. На петрохимических диаграммах породы и руды Мало-Тагульского массива образуют единые, близкие к линейным тренды. Особенно это характерно для соотношения кремнезема и железа, четкая обратная зависимость подчеркивает уменьшение содержания в породах силикатных минералов с увеличением – рудных, вплоть до образования сливных руд. Между содержаниями железа и титана наблюдается прямая линейная зависимость. Геохимическим аналогом для них являются железистые габброиды океанических хребтов [4].

К долеритовой формации нами относятся низкожелезистые метабазиты (рис. 1), представленные многочисленными телами ортоамфиболитов. Ортоамфиболиты слагают пластовые и линзообразные тела мощностью до нескольких сотен метров и протяженностью до нескольких километров, подверженные совместно с вмещающими породами пликвативным и дизъюнктивным дислокациям. Состав этих метабазитов характеризуется умеренными содержаниями TiO_2 , Al_2O_3 , CaO и щелочей. По соотношению $(Na_2O+K_2O)/SiO_2$ породы можно отнести к низкощелочным базальтам. Нормативный состав метабазитов (CIPW) отвечает оливиновым толеитам с 46-48 % плагноклаза, 19-29 % диопсида, 3-26 % гиперстена и 5-19 % оливина. Содержания почти всех петрогенных элементов в метабазитах не обнаруживают значительных колебаний, за исключением титана, железа и магния. Как уже отмечалось выше, ранее считалось, что эти породы комагматичны ультраосновным породам, которые часто пространственно с ними совмещены. На петрохимических диаграммах положение составов метабазитов выше или ниже линии оливинового контроля, что может свидетельствовать в пользу предположения, что базальты могли быть образованы в результате фракционирования магмы, первичным, для которой являлся ультраосновной расплав. Действительно, ультрабазит-базитовые тренды могут быть объяснены фракционированием оливина, вплоть до достижения 18 % MgO , и в дальнейшем соосаждении оливина и плагноклаза. Однако такая модель не согласуется с наблюдаемым истощением в содержаниях CaO основных пород. Кроме того, на диаграммах $FeO - TiO_2$ и $Al_2O_3 - TiO_2$, ультрабази-

вичные черты лишь в наиболее крупных телах. Из-за сильной степени изменения породы разных формационных типов трудно различить по форме, условиям залегания и петрографическому составу. Одной из главных задач данного исследования является формационная типизация базит-ультрабазитовых комплексов, на основе выявленных минералого-геохимических признаков. Проведенные работы показали, что наиболее надежными признаками являются геохимические особенности, характер спектров распределения редкоземельных элементов и особенности химического состава реликтовых минералов, в первую очередь пироксенов и хромшпинелидов.

ты и базиты демонстрируют поведение, не согласующееся с взаимоотношениями возникающими в ходе кристаллизационной дифференциации. Помимо данных по петрогенным элементам, этот же вывод следует и из характера распределения редкоземельных элементов. Большое площадное распространение, слабая дифференцированность тел metabазитов позволяют предполагать их гипабиссальную природу.

К дунит-перидотит-пироксенитовому типу относится большинство интрузий ультраосновного состава. И именно они вмещают сульфидные медно-никелевые руды. Состав оливинов в этих массивах характеризуется изменением фаялитовой составляющей от 8 до 26 %, при вариациях концентраций никеля от 0,2 до 0,45 мас.%. Хромшпинелиды изменяют состав от 30 до 45 мас. % Cr_2O_3 , при колебаниях содержаний Al_2O_3 от 18 до 43 мас.%. Характерной особенностью хромшпинелидов является наличие многочисленных структур распада в виде ильменита. По содержанию кремнезема и суммы щелочей состав пород отвечает низкощелочным ультрабазитам. По кремнекислотности резких различий между массивами не прослеживается. Разброс по содержанию щелочей незначительный. На петрохимической классификационной диаграмме $CaO/(FeO+MgO) - SiO_2/(FeO+MgO+CaO)$ фигуративные точки составов ультрабазитов всех массивов образуют единый эволюционный тренд от дунитов до оливиновых вебстеритов. Поведение петрогенных (Al_2O_3 , TiO_2 , CaO) и ряда редких элементов (Ni, Cr, Zr) в ультрабазитах зависит от изменения индекса фракционирования и отвечает магматическим трендам эволюции состава ультраосновных расплавов. Это выражается в закономерном увеличении содержаний Al_2O_3 , TiO_2 , CaO с уменьшением содержаний MgO. На диаграммах MgO – Al_2O_3 , TiO_2 , CaO фигуративные точки составов пород образуют единый линейный тренд, внутри которого ультрабазиты с различных участков с некоторым перекрытием образуют поля со своим разбросом содержаний элементов от среднего. По характеру спектра распределения РЗЭ, нормализованных по содержаниям в хондрите, ультрабазиты различных массивов демонстрируют согласное изменение и характеризуются 1-10 кратным обогащением легкими РЗЭ. Кривые распределения редкоземельных элементов – без или с небольшими европиевыми аномалиями и имеют слабый наклон в сторону иттербия (рис. 2). Повышенные концентрации легких РЗЭ относительно тяжелых совместно с другими данными позволяют их отнести к производным пикритовых магм.

Породы дунит-гарцбургитовой формации слагают большое количество мелких будинообразных тел, которые являются фрагментами крупных массивов реститовых гипербазитов. Дунитам и гарцбургитам этих массивов присущи высокие содержания магния, значительно более низкие содержания титана, алюминия, щелочей и РЗЭ, по сравнению с массивами дунит-перидотит-пироксенитовой формации, характерные для истощенных перидотитов (рис. 2). Состав оливинов ($Fa_{8,9}$) и хромшпинелидов постоянный, типичный для реститовых гипербазитов.

Таким образом, установлено, что породы дунит-перидотит-пироксенитового формационного типа пользуются наибольшим распространением в данном регионе и являются по своим минералого-геохимическим характеристикам наиболее перспективным типом для обнаружения сульфидного платино-медно-никелевого оруденения. Ванадий-железо-титановое оруденение может быть связано с массивами анортозит-пироксенит-габбровой формации.

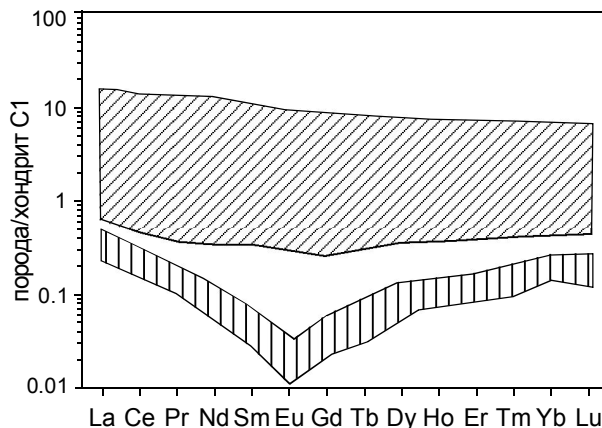


Рис. 2. Характер распределения редкоземельных элементов в породах дунит-перидотит-пироксенитовой (косая штриховка) и дунит-гарцбургитовой (вертикальная штриховка) формаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мехоношин А.С., Глазунов О.М., Бурмакина Г.В. Геохимия и рудоносность метагабброидов Восточного Саяна. Новосибирск: Наука, 1986. 102 с.
2. Мехоношин А.С., Колотилина Т.Б. Петролого-геохимические особенности ультрабазитов южного

обрамления Сибирского кратона и критерии поисков сульфидно-никелевых руд // Руды и металлы. 2006. № 6. С. 26-30.

3. Мехоношин А.С., Колотилина Т.Б., Павлова Л.А. Первая находка минералов ЭПГ в сульфидных рудах ультрабазитов Ийско-Кукшерского прогиба // Докл. РАН. 2008. Т. 419. № 3. С. 384-386.

4. Симонов В.А., Колобов В.Ю., Пейве А.А. Петрология и геохимия геодинамических процессов в Центральной Атлантике. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГТМ, 1999. 224 с.

АКЦЕССОРНАЯ СУЛЬФИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ПЛАТИНОНОСНОГО ПОЯСА (НА ПРИМЕРЕ КОСЬВИНСКОГО ДУНИТОВОГО ТЕЛА КЫТЛЫМСКОГО МАССИВА)

Молошаг В.П., Гараева А.А., Нечкин Г.С., Воронина Л.К.

Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

e-mail: moloshag@igg.uran.ru

THE ACCESSORY SULFIDE MINERALIZATION OF THE URAL PLATINUM BELT (ON EXAMPLE OF KOS'VA DUNITE BODIES, KYTLYM MASSIF)

Moloshag V.P., Garaeva A.A., Nechkin G.S., Voronina L.K.

Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Ekaterinburg, Russia

e-mail: moloshag@igg.uran.ru

Accessory base metal sulfide minerals, native copper, platinum group minerals (PGM) and amalgams have been studied and described in ultramafites of the Kos'va dunite body, Kytlym massif. A new sulfide is representative by solid-solution between heaslewodite $(\text{Ni,Fe})_{3\pm x}\text{S}_2$ and intermediate $\text{Cu}_{1\pm x}\text{Fe}_{1\pm y}\text{S}$ solid-solution was described in association with sulfides and PGM. This mineral was obtained by experimental work under 760°C [6]. Its composition may be used for determination of sulfur fugacity.

Результаты изучения минералогии элементов платиновой группы (ЭПГ) с помощью современных методов в Кытлымском и других массивов Платиноносного пояса, отражены в цикле работ 2002-07 гг. опубликованных Е.В. Пушкаревым с соавторами [4]. В последующих публикациях Ю.А. Волченко с соавторами 2005-07 выполнено описание текстур ЭПГ-содержащих хромитов в дунитах и пироксенитах, а также подтверждены ранее опубликованные результаты исследований состава минералов ЭПГ [1]. Наряду с известным коренным выходом клинопироксенитовой жилы с палладий-платиновой минерализацией, открытой Н.В. Бутыриным в 1948 году, установлены новые проявления данного типа минерализации в аллювии и коренном залегании [2, 5]. В предлагаемой статье основное внимание уделено составу акцессорных сульфидов меди, железа и никеля (base-metal sulfide), поскольку они присутствуют в парагенетической ассоциации с минералами ЭПГ, а также могут быть индикаторами условий их образования.

Акцессорные сульфиды представлены хизлевудитом $\text{Hz} - (\text{Ni,Fe})_{3-x}\text{S}_2$, пентландитом $\text{Pn} - (\text{Ni,Fe})_9\text{S}_8$, моносульфидным твердым раствором $\text{Mss} - (\text{Fe,Ni})_{1\pm x}\text{S}$, промежуточным твердым раствором $\text{Iss} - (\text{Fe,Cu})\text{S}$ и – твердыми растворами Hz-Iss , Mss-Iss четверной системы Fe-Ni-Cu-S [6]. Особенностью состава хизлевудита и образуемыми им твердыми растворами, является дефицит металлов по сравнению с идеальным соотношением металлов к сере, что отражено в таблицах 1, 2, где приведены составы их представительных образцов. Для существенно никелевой низкотемпературной модификации это соотношение составляет 3 : 2, при преобладании никеля что отвечает формуле Ni_3S_2 . Впервые обнаруженные нами твердые растворы хизлевудита Hz-Iss ранее получены экспериментальным путем при температуре 760°C [6]. Исходя из наличия изо- и тетраферроплатины в парагенезисе с названными сульфидными и данных упомянутой работы можно заключить, что логарифм летучести серы примерно составлял –5.5. Состав представитель-